



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**



**Региональный семинар МСЭ**

**«ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНВЕРГЕНТНЫХ СЕТЕЙ:  
РЕШЕНИЯ ПОСТ-NGN, 4G И 5G»**

**Тезисы докладов**

**17 - 18 ноября 2016 г.**

**Киев**



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**



**Региональный семинар МСЭ**

**«ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНВЕРГЕНТНЫХ СЕТЕЙ:  
РЕШЕНИЯ ПОСТ-NGN, 4G и 5G»**

**Тезисы докладов**

**17-18 ноября 2016 года**

**Киев**

В сборнике опубликованы тезисы докладов участников Регионального семинара МСЭ для стран СНГ и Грузии «Тенденции развития конвергентных сетей: решения пост-NGN, 4G и 5G», который проходил на базе Государственного университета телекоммуникаций в период с 17 по 18 ноября 2016 года в г. Киев, улица Соломенская, 7.

В материалах Регионального семинара МСЭ освещаются актуальные вопросы развития сетей пост – NGN; услуги и качество обслуживания в сетях; планирование и оптимизация сетей мобильной связи; безопасность в сетях мобильной связи; нормативно-правовые и экономические аспекты внедрения технологий 4G и 5G.

## СОДЕРЖАНИЕ

### I

#### *Актуальные вопросы развития сетей пост – NGN.*

#### *Услуги и качество обслуживания.*

#### *Планирование и оптимизация сетей мобильной связи*

#### **Баляр В.Б.**

Аналіз вимог до якості обслуговування під час доставки мультимедійного контенту мережами LTE..... 8

#### **Благодарный В.Г.**

Радиочастотный мониторинг: всегда быть в «маске» ..... 10

#### **Борисенко І.І.**

Застосування ситуаційного моделювання в управлінні технічними системами..... 11

#### **Вакась В.И., Кулинский А.А., Федорова Н.В., Вакась С.А.**

Результаты внедрения сети синхронизации РТР для обеспечения мобильной связи уровня 3G и перспективы развития на 4G..... 13

#### **Величко О.М., Коваль В.В., Кальян Д.О., Самков О.В.**

Проблеми передавання еталонних сигналів часу засобами сучасних інфокомунікацій та способи їх розв'язання..... 16

#### **Вишнівський В.В., Гайдур Г.І., Прилепов Є.В.**

Якість обслуговування у мережах наступного покоління..... 18

#### **Власенко В.О.**

Стан та перспективи розвитку телекомунікаційних мереж, впровадження технології 5G..... 19

#### **Волков С.Л., Скачков В.В., Павлович В.І., Чепкій В.В.**

Інформаційно-ентропійний показник якості стану параметричних систем в багатокритеріальних задачах оцінювання..... 21

#### **Гаманюк І.М.**

Місце та роль конвергентних мереж: рішення пост - NGN, 4G та 5G для досягнення доменної сумісності..... 24

#### **Гладка О. В.**

Побудова системи для інтернету речей..... 27

#### **Гниденко Н.П., Ильин О.А.**

Конвергентная сетевая архитектура HP FLEXNETWORK..... 30

#### **Дікарев О.В., Грищенко Л.М.**

Загальні закономірності формування сімейств кільцевих кодів деяких типів..... 33

#### **Довженко М.М., Срочинська Г.С.**

Когнітивні технології - головна особливість розвитку 5 покоління мобільного зв'язку..... 35

#### **Дружинин В.А.**

Влияние технологий микроволновой фотоники на развитие сети 5G..... 36

#### **Дружинин В.А., Кременецкая Я.А., Морозова С.В., Жукова Е.Р.**

Фундаментальные подходы к освоению миллиметрового диапазона для реализации пятого 5G и следующих поколений беспроводных систем..... 39

#### **Жебка В.В.**

Методика розрахунку показників якості інфокомунікаційної мережі..... 42

#### **Жураковский Б.Ю.**

Обеспечение достоверности передачи информации в сети 5G..... 44

#### **Зінченко О.В., Гладких В.М.**

Продуктивність протоколу НТТР/2 в мобільних мережах..... 51

#### **Казачінер К.А., Кравчук С.О.**

Використання технології віртуалізації мережевих функцій у 5G мережах..... 52

<b>Касім А.М., Касім М.М.</b>	
Можливості та перспективи використання бездротових високошвидкісних мереж передачі даних нового покоління у високоточному землеробстві.....	54
<b>Катков Ю.І., Сєрих С. О.</b>	
Аналіз якості послуг та обслуговування мереж 5G відносно вимог соціальних мереж.....	57
<b>Кірільєвнн О.М., Кирпач Л.А., Срібна І.М.</b>	
Дослідження інформаційної ентропії адаптивної радіотехнічної системи при внутрішньосистемній невизначеності.....	60
<b>Козелков С.В.</b>	
Создание глобальной информационной сети 4G и 5G.....	62
<b>Козелкова К.С., Гаврилко Е.В., Бойко И.А., Панкратова О.С.</b>	
Псевдоспутниковая телекоммуникационная система мобильная связь "5G" быстрого развертывания.....	65
<b>Кокотов О.В.</b>	
Забезпечення EMC PE3 цифрового наземного телевізійного мовлення з рез рухомого зв'язку четвертого покоління в смузі радіочастот 470 – 862 МГц.....	67
<b>Корсун В.І.</b>	
Частотне забезпечення впровадження та розвитку мереж широкопоземного рухомого зв'язку в Україні.....	70
<b>Куц І.В.</b>	
Всепогодные модульные и контейнерные решения для размещения оборудования операторов связи.....	73
<b>Ляховецький Л.М.</b>	
Преимущества систем передачи с ортогональными гармоничными сигналами узагальненого класу.....	76
<b>Макаренко А.О.</b>	
Впровадження інтелектуальних радіотехнологій на базі технологій сучасного мобільного зв'язку.....	79
<b>Маковеєнко Д.А.</b>	
Анализ пропускной способности на краю ячейки в сети E-UTRA при использовании SFR...81	
<b>Марковский А.В., Власенко Г.Н.</b>	
Обеспечение глобального доступа в интернет: реалии, перспективы и трудности.....	84
<b>Недашковский А.Л.</b>	
Применение METRO ETHERNET сетей как транспортных в 4G/5G.....	89
<b>Олешко Т.І.</b>	
Генетичні алгоритми та їх застосування в телекомунікаційних системах .....	91
<b>Онищенко В.В., Лучкань С.А.</b>	
Особенности внедрения LTE в Украине.....	92
<b>Орешков В.И.</b>	
Потенциальные характеристики широкополосного доступа по технологии G.FAST при работе по отечественным абонентским линиям.....	96
<b>Отрох С.И., Ярош В.А.</b>	
Основные проблемы внедрения технологий 4G и 5G в мире и Украине .....	99
<b>П'янтковська Н.О.</b>	
Оптимізація мереж мобільного зв'язку технології 5G.....	102
<b>Письменний І.С.</b>	
Актуальні питання розвитку мереж пост-NGN.....	104
<b>Порошин С.М., Гаркуша С.В., Можяев А.А.</b>	
Качественная характеристика требований к современным и перспективным беспроводным телекоммуникационным системам.....	106

<b>Придубайло О.Б.</b> Визначення середньоквадратичної похибки при подачі на вхід детермінованого сигналу з накладеною завадою.....	109
<b>Примаченко В.І.</b> Нові технології модуляції мереж мобільного зв'язку п'ятого покоління.....	111
<b>Пшоннік В.О.</b> MESH-сети: перспективы использования стандартов 4G LTE.....	113
<b>Руденко Н.В.</b> Методи оцінки ефективності телекомунікаційних мереж.....	115
<b>Савченко В.И., Власенко В.М., Иваниченко Е.В.</b> Теоретические и программно-алгоритмические аспекты организации инвариантных усилительно-преобразовательных систем телекоммуникационного оборудования.....	117
<b>Сайко В.Г.</b> Результаты исследования основных тенденций развития и возможностей использования систем радиосвязи терагерцового диапазона в рамках построения сетей мобильной связи 4G и 5G.....	120
<b>Сєрих С.О., Катков Ю.І.</b> Підвищення завадозахищеності радіомереж із складними сигналами за рахунок блоковості кодування.....	124
<b>Сікач Т.О.</b> Технології множинного доступу в LTE.....	126
<b>Солодкий В.Д.</b> Проблеми і перспективи впровадження OPENFLOW.....	128
<b>Ткаченко О.М., Перепелиця Н.Л.</b> Застосування динамічного управління в програмно-конфігурованих мережах (SDN).....	130
<b>Толубко В.Б., Беркман Л.Н., Крючкова Л.П.</b> Энергоэффективная маршрутизация в мобильных самоорганизующихся сетях.....	133
<b>Федорова Н.В., Бышовец Б.М.</b> Параметры стабильности сигналов синхронизации в транспортном окружении IP/MPLS....	135
<b>Федорова Н.В., Пирогова Н.В.</b> Макросеть как объединение технологий 2G, 3G, 4G и 5G.....	137
<b>Хлапонін Ю.І., Жиров Г.Б.</b> Метод підвищення пропускної здатності у низхідному каналі зв'язку LTE мережі.....	139
<b>Хохотва И.И.</b> Использование номерного ресурса плана международной идентификации для сетей общего пользования и абонентов (ITU-T E.212) при предоставлении услуг межмашинного взаимодействия (M2M).....	141
<b>Чеботарьова Д.В., Безрук В.М.</b> Вибір оптимальних варіантів засобів зв'язку методами багатокритеріальної оптимізації....	143
<b>Щетинина А.А.</b> 4G и 5G.....	146
<b>Ярцев В.П., Котомчак О.Ю.</b> Имитационное моделирование обучающей последовательности сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией.....	148
<b>Bondarenko E.A.</b> POST-NGN: ubiquitous sensor networks.....	150
<b>Igor Gerko</b> 5G key enabling technologies.....	153
<b>Romanenko O.Y., Nahich V.V., Kvachenok I.V., Chetverikov I.O.</b> Comparative analysis of LTE and 5G networks.....	155

<b>Kozina Mariya</b> Steganographic method which is using singular value decomposition.....	157
<b>Pokhabova I.E.</b> The benefits of the SDN technology implementation in the 5G mobile networks.....	159

## II

### *Безопасность в сетях мобильной связи*

<b>Ахрамович В.М., Чегронец В.М.</b> Уразливості та способи захисту бездротових мереж.....	163
<b>Гахов С.О.</b> Аналіз уразливостей мереж мобільного зв'язку.....	167
<b>Довбня С.Я., Хотинський М.І.</b> Аналіз методів захищеності в LTE-системах.....	169
<b>Довженко Н.М., Срочинская А.С.</b> Защита данных в беспроводных сетях WI-FI.....	171
<b>Котенко А.М.</b> Категоріювання об'єктів мобільних операторів для інформаційного обміну інформацією з обмеженим доступом.....	173
<b>Курченко О.А., Щепланін Ю.М.,</b> Питання інформаційної безпеки SCADA систем керованих по каналах GSM зв'язку.....	175
<b>Мордас І.В.</b> Проблеми безпеки мобільного банкінгу в Україні.....	177
<b>Наконечный В.С., Мордвинцев Н.В.</b> Защита информационных ресурсов в сетях пост – NGN.....	179
<b>Платоненко А.В.</b> Актуальні загрози інформаційної безпеки сучасних мобільних пристроїв у мережах нового покоління.....	182
<b>Рабчун Д.И.</b> Анализ проблемы управления ресурсами программных средств защиты информации в мобильных сетях нового поколения в условиях динамического информационного противостояния.....	184
<b>Якименко Ю.М.</b> Аналіз стану безпеки інформації в мережах мобільного зв'язку.....	186

## III

### *Нормативно-правовые и экономические аспекты внедрения технологий 4G и 5G*

<b>Виноградова Е.В., Гончаренко С.В.</b> Предпосылки внедрения 4G и 5G в Украине – управленческий аспект.....	188
<b>Возная О.Т.</b> 5G в эволюции автомобилей.....	192
<b>Глушенкова А.А.</b> Инновационный потенциал внедрения новых технологий связи в Украине.....	193
<b>Гудзь О.Є.</b> Розвиток ІТ-інновацій в Україні: перспективи та ризики.....	195
<b>Гусева О.Ю.</b> Управление интеллектуальным лидерством предприятий в аспекте развития 4G и 5G технологий.....	197
<b>Дименко Р.А.</b> Маркетинг у сфері телекомунікаційних послуг.....	199

<b>Капелюшна Т. В.</b>	
Роль сфери телекомунікацій у дерегуляції господарської діяльності.....	202
<b>Легомінова С.В.</b>	
Імплементація телекомунікаційних технологій та інноваційний розвиток економіки.....	204
<b>Пархоменко В.Л., Сайко В.Г., Кравченко В.І.</b>	
Оцінка ефективності перспективних мобільних систем з використанням економічних критерій.....	207
<b>Стрилецкий Д.Ф.</b>	
Влияние новых поколений мобильной связи на решение проблем общественности и личный проект как пример.....	209
<b>Танащук К.О., Ващенко О.П.</b>	
Методика розрахунку вартості розміщення радіопередавального обладнання при впровадженні технологій 3-4G.....	210
<b>Танащук К.О., Степанюк З.А.</b>	
Проблеми управління персоналом операторів телекомунікацій в процесі впровадження технологій 4G і 5G.....	212
<b>Халімон Т.М.</b>	
Сучасні інформаційні технології як конкурентна перевага підприємства.....	214
<b>Шевченко Г.В., Шевченко С.М., Дахно Н.Б.</b>	
Оцінка ефективності альтернативних стратегій прийняття рішення в умовах неповної визначеності.....	217
<b>Щербина В.В.</b>	
Конкурентні переваги телекомунікаційного підприємства.....	220



**Баляр В.Б.,**

**к.т.н., в.о. доц., с.н.с.**

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,  
Український науково-дослідний інститут радіо та телебачення, м. Одеса

## **АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІД ЧАС ДОСТАВКИ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО КОНТЕНТУ МЕРЕЖАМИ LTE**

*Розглянуто питання визначення необхідного рівню якості обслуговування (QoS) під час доставки мультимедійного контенту (зокрема, цифрового відеоконтенту) мережами стандарту LTE (4G). Висвітлено сучасні тенденції в технологіях розподілу мультимедійного контенту, приведено результати якісної оцінки максимально досяжних параметрів відеосигналів та відповідної кількісної оцінки у разі використання мереж широкосмугового доступу LTE (4G) для доставки відеоконтенту користувачам у формі послуги відео за запитом (VoD) або широкомовного розподілу програм звичайного цифрового телевізійного мовлення.*

**V. Baliar**

## **ANALYSIS OF QUALITY OF SERVICE FOR DELIVERY OF MULTIMEDIA CONTENT IN LTE NETWORKS**

*Issues on determining the required level of Quality of Service (QoS) for delivery of multimedia content (including digital video content) via LTE (4G) network are presented. Current technology trends in distribution of multimedia content are highlighted. The results of a qualitative estimation of the maximum achievable parameters of video and related quantitative assessment in the case of usage of LTE (4G) broadband networks for delivery of video content to users in the form of Video on Demand (VoD) or digital television broadcasting distribution services are provided.*

На сьогодні мультимедійність стає необхідною рисою інформаційних послуг. Саме тому, для подальшого розвитку бізнесу важливим є розуміння сучасних тенденцій у цій сфері. Масове впровадження цифрових технологій формування та обробки контенту, розвиток сучасних інформаційних технологій та користувацьких пристроїв дозволяє зробити такі традиційні послуги, як телевізійне мовлення, або інші відеопослуги, більш привабливими для абонентів. Останнім часом у цифровому телебаченні спостерігається така тенденція – різниця між традиційним телевізійним мовленням та мультимедійним мовленням зникає. Ще донедавна було чітке розділення між телевізійним та мультимедійним мовленням. Перш, за все різниця була у роздільній здатності зображення – у мультимедійних пристроїв була невелика роздільна здатність екрану (320×240, 352×288 та інші), тому передавати на них зображення, наприклад, стандартної чіткості SDTV (720×576) не було потреби. Про телебачення високої чіткості (HDTV) з роздільною здатністю 1920×1080 говорили взагалі як про далеке майбутнє. Окрім того, обчислювальні можливості мобільних процесорів були незначними, а це накладало певні обмеження на процес декодування цифрового відеосигналу та можливості телевізійної платформи (зокрема, з точки зору якості зображення). Сучасні ж пристрої мають роздільну здатність екрану, що може дорівнювати або бути навіть більшою за роздільну здатність телевізійної системи високої чіткості, а також високі можливості по обробленню відеосигналу такої роздільної здатності. Тому й зображення й сприймається по-іншому. З поступовим та все більшим переходом користувачів під час споживання контенту в он-лайн простір також очікується підвищення попиту на інформаційні телевізійні послуги. До того ж поява діючих технічних реалізацій інтерактивних телевізійних платформ (HbbTV, Torrent TV, AppleTV тощо) та відеопослуг (відео за запитом, відтермінований перегляд тощо) та, перш за все, зацікавленість сучасних користувачів в отриманні таких послуг створює необхідні передумови для можливості підвищення доходів операторів від широкосмугової мережі. Вищенаведені тенденції певним чином вже враховано в специфікаціях 3GPP на формат та параметри відеоконтенту, які визначають можливість передавання відеозображення з максимальною роздільною здатністю

702×576. Однак, досить очікувано є поява в специфікаціях й телебачення високої чіткості – певним чином, як наслідок появи високоефективного відеокодування (HEVC).

При наданні персоналізованих відеопослуг, а особливо безперервного потокового передавання контенту (такого як цифрове мовлення), одночасно, наприклад, з послугами доступу до мережі Інтернет навантаження на мережу значно зростає. При цьому, якщо швидкість цифрового потоку для відеопослуг не буде дотримано на достатньому рівні – на цифровому зображенні буде виникати «пороговий ефект», що буде проявлятися у вигляді розсіпання зображення на окремі структурні елементи. Такий самий ефект буде спостерігатись й при наявності помилок в цифровому відеопотоці [1]. Враховуючи той факт, що повторне передавання пакетів з помилками при безперервному передаванні відеосигналу не є можливим, важливим складником якості обслуговування є забезпечення певної величини ймовірності помилки. В цьому разі необхідно скористатись досвідом, отриманим для систем цифрового мовлення. Згідно [2] для забезпечення квазібезпомилкового режиму має бути забезпечено коефіцієнт помилок бітів BER  $\approx 10^{-6}$ .

Для визначення значення відношення сигнал/шум (визначеного як  $E_b/N_0$ ), за якого не буде спостерігатись порогового ефекту, автором в середовищі Matlab побудовано модель системи LTE. Більш детально умови обчислювального експерименту надано в [3]. В результаті за швидкості коригувального коду 1/3 було отримано такі відношення сигнал/шум: -0,98 дБ (ФМ-4), 1,02 дБ (КАМ-16), 4 дБ (КАМ-64). В результаті було зроблено висновки, що за забезпечення вищезазначених величин відношення сигнал/шум (навіть краще – вище цих значень) користувачі будуть отримувати відеопослугу без значних спотворень (за стаціонарного приймання).

На базі отриманих оцінок було розглянуто можливості системи LTE під час доставляння програм ТВ мовлення в режимі LTE Broadcast. Розглядались як режими з використанням технології МІМО, так й без неї. Для цих умов обрано такі параметри мультимедійного контенту: роздільна здатність 352×288 (для прикладу) й 720×576 за двох методів стиснення відеоінформації MPEG-4 AVC та HEVC. Під час оцінки враховувалась додаткова службова інформація внаслідок використання IP-протоколу й інші фактори, що впливають на зниження корисної швидкості цифрового потоку. В результаті було отримано такі оцінки: за максимальної ширини смуги частот каналу приблизно 60 телевізійних програм (КАМ-64) в форматі MPEG-4 AVC. За КАМ-16, що надає широкі можливості стосовно мобільності абоненту, кількість програм дорівнює 40. За методу HEVC кількість програм є приблизно більшою в 1,5 рази. За SDTV ці оцінки становлять 21 та 34 телевізійні програми MPEG-4 AVC та HEVC відповідно. Більш детальну інформацію щодо цих результатів надано в [3].

Таким чином, можна зробити висновок, що особливістю сучасного етапу розвитку інфокомунікаційної галузі є створення мультисервісних мереж - глобальних інформаційних інфраструктур, які об'єднують існуючі та плановані мережі з єдиним центром управління для надання повного спектру телекомунікаційних послуг на базі інноваційних технологій.

### Література

1. Баляр В.Б. Спотворення в цифрових потоках MPEG при зниженні технічної якості роботи аудіовізуальної системи / В.Б. Баляр // Цифрові технології. – 2014. – № 15. – С. 113-120.
2. Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems: ETSI TR 101 290. – Sophia, France: ETSI, 2001. – 175 p.
3. Baliar V.B. Estimation of LTE performance for delivery of multimedia broadcasting signals / V.B. Baliar // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2016. – 4 стор. [Препринт/ Восточно-Европейский журнал передовых технологий].

**Благодарный В. Г.,**  
**к.т.н., доцент,**  
Государственное предприятие «Украинский  
государственный центр радиочастот»,  
г. Киев

### **РАДИОЧАСТОТНЫЙ МОНИТОРИНГ: ВСЕГДА БЫТЬ В «МАСКЕ»**

*Рассмотрены основные тенденции эволюции радиочастотного мониторинга, обусловленные развитием сферы телекоммуникаций и внедрением новых услуг связи. Эффективное решение проблемы цифрового неравенства основывается на применении принципа «технологической нейтральности» использования радиочастот. Одним из основных перспективных методов радиочастотного мониторинга является метод контроля «маски» излучения передатчика*

**V. Blagodarnyi**

### **SPECTRUM MONITORING: ALWAYS WITHIN THE BEM SHAPE**

*The main trends of spectrum monitoring evolution, which are governed by the development of radio telecommunications technologies and implementation of new telecommunications services, are described. An effective solution of the digital divide issue is based on the technology neutrality principle. In this case the Block Edge Mask (BEM) method is the most promising spectrum monitoring technique to control the level of radio transmitter emission*

По оценкам экспертов, применение в сфере регулирования использования радиочастотного ресурса принципа «технологической нейтральности», в условиях ограниченности объема этого ресурса, позволит расширить перечень внедряемых новых радиотехнологий и, тем самым, существенно расширить спектр телекоммуникационных услуг. В настоящее время на практике применение нашли два метода реализации технологической нейтральности: на основе перечня возможных радиотехнологий и метод маски излучения передатчика (BEM, *Block Edge Mask*).

При использовании BEM задача обеспечения совместной работы большого количества сетей радиосвязи (сетей типа «передатчик – много приемников», Р-МР, «point – multi point»), работающих в соседних полосах частот, требует строгого ограничения допустимых уровней электромагнитного излучения передатчиков в основной и соседней полосах радиочастот в соответствии с заданными требованиями.

Практическое применение метода контроля BEM требует, с одной стороны, четкого определения допустимых уровней внеполосных излучений, с другой – совершенствования технического оснащения органов радиочастотного мониторинга для обеспечения контроля этих уровней в реальных условиях эксплуатации радиоэлектронных средств.

Несмотря на то, что в настоящее время основное внимание уделяется методу BEM контроля для технологий 4G (*LTE*), метод «масок» может успешно применяться и для других радиотехнологий, позволяя существенно упростить процедуру радиочастотного мониторинга, не теряя при этом качество.

### **Литература**

1. *CEPT Report 19. Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate to develop least restrictive technical conditions for frequency bands addressed in the context of WAPECS.*
2. *ECC Recommendation 11(06) Block Edge Mask compliance measurements for base stations.*

## **ЗАСТОСУВАННЯ СИТУАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В УПРАВЛІННІ ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ**

*Розглянуто доцільність застосування ситуаційного моделювання в управлінні технічними системами.*

**I. Borysenko**

### **APPLICATION SITUATION MODELING IN MANAGEMENT TECHNICAL SYSTEMS**

*Expediency of application situational modeling in the management of technical systems is considered.*

Динамічний розвиток сучасних інфокомунікаційних технологій обумовлює необхідність розвитку ефективних систем управління телекомунікаційними мережами. Управління станами технічної системи дозволяє підвищити результативність прийняття рішень.

Технічна система (ТС) розглядається як сукупність наступних властивостей, що відповідають об'єкту дослідження. ТС – це скінченна множина визначених певним чином взаємопов'язаних та взаємодіючих між собою матеріальних об'єктів (елементів або частин системи), які поєднані в одній конструкції (локальному просторі, корпусі), яка розроблена для вдоволення потреб користувачів.

Зміни функціональних станів ТС визначаються шляхом цілеспрямованих керуючих впливів на функціональні елементи (частини) її конструкції, спеціально призначені для їх сприйняття та відпрацювання. Побудова технічних систем завжди передбачає можливості семантичного та/або параметричного опису реакцій її функціональних елементів (частин) на керуючі впливи в штатних умовах експлуатації у вигляді детермінованих послідовностей причинно-наслідкових змін станів елементів зі ступенем деталізації, достатнім для прийняття однозначних рішень по управлінню функціональними станами ТС.

Ситуаційне управління – найбільш перспективний метод для вирішення задач управління функціональними станами технічної системи в реальному масштабі часу. Методи ситуаційного управління дозволяють прийняти рішення на основі зіставлення поточної ситуації заданому набору можливих рішень.

При такому підході поняття ситуації є вихідним базовим поняттям, побудова множини ситуацій, можливих в системі управління, розглядається як початковий конструктивний крок розробки системи, який повинні виконувати розробники на основі своїх знань і досвіду, виходячи зі свого розуміння цілей і умов функціонування системи.

В даний час ситуаційний підхід активно розвивається в різних наукових областях. Кожний з таких напрямків має свій підхід і методологічну базу.

Трактування терміну «ситуація» сформульоване в рамках програми ситуаційного підходу до управління складними системами. Ситуаційне управління складними системами, з точки зору даного підходу, передбачає послідовне перетворення ситуації в результаті прийняття і реалізації певного рішення. Якщо для поточної ситуації  $s(t)$  приймається відповідне рішення, то відбувається перехід до ситуації  $s(t+1)$ .

Число ситуацій, можливих при управлінні складними системами, може бути досить великим, тому важливо забезпечити адекватне розбиття ситуацій на групи. Теорія ситуаційного управління пропонує два варіанти такого аналізу.

Перший спосіб визначається тим, що між числом допустимих рішень  $R$  і числом станів рівня  $S$  існує співвідношення  $|S| \gg |R|$ . Для подібних ситуацій можуть бути застосовані однакові рішення, тому достатньо розбити множину ситуацій на групи. Таке

розбиття носить назву узагальнення та класифікації. Базовою класифікаційною ознакою є можливість застосування до ситуації конкретного рішення, а завдання прийняття рішень зводиться до узагальнення (структурування) ситуацій. Визначається клас, до якого належить поточна ситуація ситуації  $s(t)$ . Потім вибирається команда управління, що відповідає цьому класу, за якою ситуація  $s(t)$  перетворюється в ситуацію  $s(t+1)$ .

Класифікація ситуацій носить ієрархічний характер – в процесі узагальнення ситуацій і появи класів ситуацій виникає природна ієрархія, яка визначається входженням одних класів в інші. Виділяються дві базові класифікаційні ознаки – за ознаками і за структурами.

Узагальнення може здійснюватися на різних етапах управління, тому вихідні та узагальнені описи ситуацій утворюють ієрархічну структуру, в кожному шарі якої знаходяться описи, отримані з вихідних за допомогою процедур узагальнення.

Дещо інший підхід до визначення поняття «ситуація» існує при управлінні технічними системами. При такому підході принципове значення мають такі поняття:

- обстановка – всі внутрішні і зовнішні явища, які не можна віднести до управління;
- подія – будь-яка зміна обстановки. Зміна обстановки передбачає її перехід від одного класу до іншого. Визначальним фактором такої зміни є необхідність прийняття рішення. Так, якщо при переході обстановки від  $A$  до  $B$  або назад потрібно приймати рішення про подальше управління, то  $A$  і  $B$  належать до різних класів ситуацій. Подію можна позиціонувати як процес прийняття рішення;

- рішення – це, з теоретичної точки зору, вибір умовних завдань, цілей, програм, законів управління. Систему управління можна представити у вигляді сукупності елементарних блоків, які, залежно від обстановки, переключаються в різних комбінаціях. Такі поєднання блоків – елементарні системи – і є рішеннями.

Відповідно до даного підходу ситуація задається сукупністю класу обстановки і прийнятого рішення. Згідно з таким представленням класифікація ситуації може розглядатися як класифікація її складових.

Події, щодо яких нам невідомо, де або коли вони можуть відбутися, відносяться до класу непередбачуваних. Події, про які нам достеменно відомо, коли і де вони відбудуться, відносяться до класу передбачуваних. Передбачувані події породжують передбачувану обстановку. Якщо серед групи подій є хоча б одна непередбачувана, то разом вони призводять до непередбачуваної обстановки. Крім того, обстановка може бути очікуваною і несподіваною. Очікувані класи визначають ту обстановку, на яку розраховується система управління, неочікувані – обстановку, на роботу в якій система не розрахована.

Розглянутий ситуаційний підхід має на меті дослідження однієї з груп ситуацій – критичних ситуацій. З цією метою запропоновано оригінальний термін, що відображає сутність цього явища. Критична ситуація розуміється як така зміна характеристик системи в результаті порушень (відмов, зовнішніх впливів, помилок управління), яка в разі неприйняття своєчасних і цілеспрямованих заходів може призвести до небезпечних наслідків. З урахуванням сказаного важливо відзначити, що якісна зміна ситуації є результатом зміни мікроситуації, переходом її в новий клас.

Ситуаційне управління передбачає побудову ситуаційної моделі процесу управління у вигляді сукупності управлінських ситуацій і їх можливих переходів. Важливий рівень розгляду ситуації – на макрорівні можна спостерігати тільки зміну ситуацій в поточному процесі, на мікрорівні – причину такої зміни або переходу.

Таким чином, розглянуті підходи до трактування поняття ситуації ґрунтуються на схожих інтуїтивних уявленнях про ситуацію, однак помітно різняться в конкретних визначеннях. По суті, кожне з них розуміють ситуацію як сукупність деяких зовнішніх і внутрішніх умов, в яких функціонує об'єкт управління.

*Вакась В.И., к.т.н.,  
Кулинский А.А.,  
ПрАТ Киевстар, г. Киев  
Федорова Н.В., к.т.н., доцент,  
Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев  
Вакась С.А.,  
ПрАТ Фарлеп-Инвест, г. Киев*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ СЕТИ СИНХРОНИЗАЦИИ РТР ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ УРОВНЯ 3G И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НА 4G**

*Представлены результаты внедрения сети синхронизации РТР для обеспечения мобильной связи уровня 3G. Приведены методы планирования синхронизации в пакетных сетях с указанием ограничительных показателей. Представлены результаты измерений. Указаны основные новые измеряемые параметры. Также рассмотрены перспективы организации сети синхронизации РТР для обеспечения мобильной связи уровня 4G.*

В последние полтора года в Украине проходило интенсивное внедрение технологии 3G на сетях ведущих операторов мобильной связи. Необходимым условием работоспособности данной технологии является обеспечение синхронизацией базовых станций в транспортном окружении IP/MPLS [1]. Наиболее оптимальной технологией для этого является обеспечение синхронизации по протоколу РТР (Precision Time Protocol или стандарт IEEE 1588v2), который был специально разработан для решения задач синхронизации в пакетных сетях [2].

В процессе построения сети синхронизации РТР выявлены следующие факторы, которые обеспечивают качество и надежность данной сети: планирование размещения РТР-серверов верхнего уровня, – “гроссмейстерских часов” (GrandMaster), обеспечение необходимого резервирования (как на аппаратном уровне РТР-сервера, так и на сетевом уровне), а также проведения мониторинговых измерений параметров стабильности по IP [3, 4].

Для организации планирования сети синхронизации РТР необходимо учитывать требования Рекомендации ITU-T G.8261.1 по количеству переприемов. Максимальное количество может быть до 5 или до 10 в зависимости от выбранного принципа коммутации на маршрутизаторах IP/MPLS [1]. Вторым ограничительным фактором является количество обслуживаемых базовых станций (фактически РТР-клиентов или “ординарных часов”) одним РТР-сервером. Доступные РТР-сервера, как правило, позволяют обеспечить надлежащим качеством до 1000 РТР-клиентов (зависит от производителя). Однако никогда не следует нагружать РТР-сервер максимально нагрузкой, так как в этом случае затруднено сетевое резервирование. Под сетевым резервированием подразумевается возможность обслуживания РТР-клиентов одного РТР-сервера соседним/соседними в случае аварийной ситуации [2]. Таким образом, рациональное решение предполагает планирование РТР-серверов с 50% нагрузкой (до 500 базовых станций/РТР-клиентов на каждый РТР-сервер). Опыт внедрения технологии РТР показывает, что для небольших соседних регионов Украины достаточно иметь по одному РТР-серверу, для более крупных регионов – по два, а для наиболее крупных (с городами-миллионниками) – по три. Следует также отметить, что и сами РТР-сервера должны иметь резервирование на аппаратном уровне – два ввода питания, два высокостабильных генератора (Rb или ОСХО), два GPS-приемника или один GPS-приемник плюс внешний ввод опорного сигнала синхронизации 2МГц/1Е1 от классической сети синхронизации TDM (обеспечиваемой цезиевыми первичными источниками с резервированием по GPS).

Вопросы планирования и резервирования сети синхронизации РТР для обеспечения мобильной связи уровня 4G в целом сходны с наработанными принципами. Но есть несколько существенных отличий. Согласно Рекомендациям ITU-T G.8271.1/ G.8271.2 в каждой базовой станции должна обеспечиваться микросекундная точность. Для этого необходимо дотранслировать необходимую точность до самой базы. Это возможно при задействовании дополнительного оборудования “граничных часов” (BC – Boundary Clock). BC размещаются между РТР-серверами и РТР-клиентами. На каждый регион понадобится от 2 до 5 BC. Также для технологии 4G понадобится программное обновление существующих РТР-серверов и увеличения на них изначальной точности, – это будет достигаться установкой новых PRTC (Primary Reference Time Clock), их прогнозируемое количество от 3 до 5. Также при планировании РТР-сети синхронизации необходимо учитывать unicast (G.8265.1) и multicast (G.8275.1) режимы работы оборудования.

При внедрении новых технологий, в частности 4G, не теряют своей актуальности вопросы, относящиеся к разделу частотно-временного обеспечения сеансов связи, а также проблемы согласования шкал местных хранителей точного времени в территориально разнесенной инфраструктуре электросвязи. В условиях активного перехода от одних технологий к сетям следующего поколения, вопросы синхронизации встают перед специалистами со все большей силой, так как точное следование всемирному универсальному времени, в конечном счете, выливается в повышении доступности и качества предоставляемых услуг.

Стремясь достичь в сетях связи идеально точного отсчета времени, специалисты службы единого времени и стандартных частот разрабатывают и предлагают разнообразные варианты компьютерного моделирования технических решений в области временной синхронизации.

Для проверки качества синхронизации по РТР необходимы измерения. Ни одна система управления пока не может дать адекватный ответ по качеству [4]. В настоящее время доступен измерительный прибор Calnex Sentinel. Представлены результаты измерений этим прибором в измерительном режиме “псевдо-клиент”. Сами измерения – это измерения вариации задержки пакетов PDV (Packet Delay Variation), которые представляют собой восстановление тактовой частоты по Рекомендации ITU-T G.8261.1 [3]. Также имеется возможность вычислений показателей качества MTIE/TDEV/MAFE/FPP/FPC. Аппаратная часть содержит встроенный рубидиевый генератор, встроенный блок GPS, встроенный компьютер для проведения измерений и обработки полученных данных, а также платы пакетной коммутации и входов-выходов. Существенной особенностью Sentinel является возможность проводить до шести измерений PDV одновременно. Также есть возможность работы с местным или дистанционным управлением (через Web или Ethernet) в режимах мониторинга или ведомого устройства синхронизации с подключением внешней памяти через USB и предоставлением результатов измерений в формате \*.pdf. В таких измерениях измерительный прибор Sentinel выступает фактически в роли базовой станции (РТР-клиента), именно как потребитель опорного сигнала РТР. Такие измерения дают полную картину того, что мы имеем на сети. Опираясь на эти измерения, можно делать выводы относительно качества прохождения сигнала по сети MPLS, о необходимости установки дополнительных РТР-серверов. Следует также подчеркнуть важность постоянного мониторинга сигналов синхронизации, так как пакетным сетям свойственны динамические изменения в течении суток и/или в связи с ростом трафика [3].

Основным эксплуатационным параметром стабильности для является показатель MAFE (Maximum Average Frequency Error). С его помощью можно быстро оценить качество сигнала. Показатель имеет маски для двух режимов работы MPLS (до 5 и до 10 переключений маршрутизаторами сигнала РТР). Является главным показателем в частотной области [3].

Измерения проводятся удаленно из одной точки – поочередное сканирование РТР-серверов. Или на уровне базовых станций – это самая точная оценка прохождения сигнала, -

эти измерения также могут быть использованы и для анализа состояния и загрузки сети IP/MPLS.

Для технологии 4G измерения могут быть модифицированы дополнительными параметрами в фазовой области [3].

### Литература

1. Вакась В.И., Федорова Н.В. Практическая реализация синхронизации на сетях IP/MPLS. // Зв'язок. – 2013 р., №1. – С.23-276.
2. Вакась В.И., Федорова Н.В. Распространение опорных сигналов синхронизации в IP-сетях. Реализация по протоколу RTP // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава. – 2014. – №1 – С.91-96.
3. Вакась В.И., Федорова Н.В., Демин Д.А. Измерения параметров стабильности сигналов синхронизации в пакетных сетях // Зв'язок. – 2016. – №1. – С. 40-43.
4. Контроль и измерение параметров сигналов синхронизации в IP/MPLS-сети / В. И. Вакась, Н.В. Федорова // 23-я Междунар. Крым. конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2013): материалы конф. (Севастополь, 09-13 сент. 2013 г.). – Севастополь: Вебер, 2013. – С. 273-274.



**Величко О.М.,**

*Науково-виробничий інститут вимірювань електромагнітних величин та оцінки відповідності засобів виміральної техніки*

*ДП «Укрметртестстандарт»*

**Коваль В.В., Кальян Д.О.,**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Самков О.В.,**

*Інститут електродинаміки НАН України*

## **ПРОБЛЕМИ ПЕРЕДАВАННЯ ЕТАЛОННИХ СИГНАЛІВ ЧАСУ ЗАСОБАМИ СУЧАСНИХ ІНФОКОМУНІКАЦІЙ ТА СПОСОБИ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ**

*Запропоновано розв'язання проблеми передавання еталонних сигналів часу засобами сучасних інфокомунікацій для підвищення надійності інтегрованих електроенергетичних систем на базі Smart-технологій з позицій використання нового механізму синхронізації, що рекомендованого міжнародними стандартами групи МЕК 61850. Представлені результати експериментальних досліджень обладнання для передачі IP-мережею шкали часу "енергетичного" профілю з використанням протоколу РТР.*

Високі темпи розвитку національної науки характеризуються інтенсивним використанням еталонних значень шкали часу і частот, завдяки яким забезпечується синхронне функціонування сучасних систем та комплексів. Від параметрів та характеристик синхронізації залежить якість надання сучасних послуг їх споживачам [1]. Існує проблема передавання еталонних сигналів часу для підвищення надійності інтегрованих електроенергетичних систем на базі Smart-технологій за рахунок безперервного моніторингу стабільності параметрів електромережі з прив'язкою до реального часу з мікросекундною точністю. Якість синхроінформації залежить від способів її передавання.

Передавання сигналів часу з точністю від долей нано- до одиниць мікросекунд може бути здійснено цифровими телекомунікаційними мережами з використанням тактових синхросигналів, наприклад, з частотою 2,048 МГц [1].

Існуючі в Україні технічні засоби не утворюють єдиної інформаційної системи розповсюдження національної шкали часу і не можуть задовольнити вимогам споживачів частотно-часової інформації (синхроінформації) у енергетиці, телекомунікаціях, Збройних силах України та інших галузях економіки. Це спонукає споживачів до використання синхроінформації інших держав (GPS чи ГЛОНАСС), що створює загрозу як національній безпеці, так і збільшує ризики втрати єдності вимірювань часу і частоти в межах держави. З метою підвищення надійності передавання еталонних сигналів часу та інформаційної безпеки актуальним є дослідження нових рішень цифрової передачі шкали координованого часу та еталонних частот з використанням альтернативних до закордонних глобальних навігаційних супутникових систем, наприклад, GPS чи ГЛОНАСС.

Пропонується розв'язання вказаної проблеми на державному рівні завдяки створенню Єдиної національної синхроінформаційної системи України (ЄНСС) [2, 3]. На сьогоднішній день найбільш прийнятним способом для вирішення сформульованої проблеми є механізм передачі шкали часу кабельними мережами на основі протоколу прецизійного часу РТР, який розроблено згідно з міжнародним стандартом IEEE Std 1588™-2008. Транспортування синхроінформації за таким методом забезпечить синхронізацію цифрових телекомунікаційних мереж, а також стане основою для створення національної мережі, яка надає послуги синхроінформації.

Для практичної реалізації поставленої мети здійснено модернізацію системи передачі сигналів часу згідно з протоколом RTP для роботи у IP-мережі [4]. Запропоновано метод підвищення швидкодії пристрою синхронізації [5]. Розроблено структурні схеми системи цифрового передавання синхроінформації з використанням IP-технологій та пристрою синхронізації. Розроблено і досліджено адаптивний пристрій синхронізації, що забезпечує підвищення швидкодії та точності цифрової передачі сигналів шкали часу.

Розроблено схеми вимірювань характеристик сигналів синхронізації згідно з європейськими стандартами та проведено тестування пристрою синхронізації апаратури УС-1588S інформаційної системи цифрової передачі синхроінформації з використанням IP-технологій.

Проведено низку експериментальних досліджень та вимірювань часових характеристик пристрою синхронізації апаратури УС-1588S, виконано обробку інформації, отриманої в результаті тестування на діючій IP-мережі. Отримані в процесі досліджень результати свідчать про можливість передавання сигналів часу з використанням діючих IP-мереж. Результати роботи, що пов'язані з підвищенням енергоефективності електропостачання та надійності формування мітки часу, які визначаються стандартами IEEE C37.118.1-2011, IEEE C37.118.2-2011 і забезпечуються за рахунок передавання шкали часу IP-мережами від еталонного джерела, можна використовувати при будівництві та модернізації енергетичних мереж.

### **Висновки**

Запропонований комплекс інноваційних засобів підвищення енергоефективності інтегрованих систем електропостачання на базі Smart-технологій не тільки забезпечить високоякісними еталонними сигналами єдиного часу з мікросекундною точністю, а також створить умови для ефективного синхроінформаційного забезпечення інших об'єктів критичної інфраструктури країни з найменшими витратами та матиме практичні результати подвійного використання для Збройних сил України завдяки побудові сучасної автономної наземної системи, незалежної від закордонних служб часу і частоти.

### **Література**

1. *Автоматичні пристрої та системи тактової синхронізації інфокомунікаційних мереж / В.В. Коваль, Д.О. Кальян, Є.В. Кільчицький та ін. – К.: НУБіП України, 2015. – 412 с.*
2. *Борщ В.І., Карлаш С.Д., Коваль В.В., Коришун Є.І., Костік Б.Я., Туманов Ю.Г. Проблеми побудови єдиної національної мережі синхронізації України // Зв'язок. – 2004. – № 6(50). – С. 15-19.*
3. *Коваль В.В., Костік Б.Я., Сукач Г.О. Концептуальні положення побудови єдиної національної мережі синхроінформації України // Наукові записки УНДІЗ. – 2010. – №1(13). – С. 5-13.*
4. *Величко О.М., Коваль В.В., Самков О.В., Шкляревський І.Ю. Сучасні протоколи передачі шкали часу інтелектуальних електроенергетичних систем зі зниженою аварійністю // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – К., 2016. – Вип. 242. – С. 41-50.*
5. *Koval V.V., Kostik B.J., Sukach G.A. Optimal of Slave Devices Synchronization of Infocommunication Networks // XIth International Conf. "The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics" (CADSM 2011). 23-25 лютого 2011 – Lviv-Polana, (Ukraine). – 2011. – P. 132-133.*

## ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ У МЕРЕЖАХ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ

В кожній бездротовій мережі існує поняття географічної області. Одна географічна область складається з декількох місць. Кожне місце характеризується його географічним положенням, наявністю ресурсів в цій позиції, і доступністю кількості дротових і бездротових точок доступу. Ця інформація допоможе відстежувати користувача і гарантувати безперервність сеансу зв'язку при переміщенні між різними місцями обслуговування покриття при вертикальній або горизонтальній передачі. Друге поняття концепції бездротовій мережі є розташування. Ситуація є більш широке поняття контексту. Вона включає в себе місце розташування користувача в якості одного з його параметрів. Вона також включає в себе доступні ресурси мережі, що базуються на цьому місці, наприклад, доступність бездротової або дротової точки доступу, додатків, служб та наявність інших користувачів в тому ж місці

Існують три основні параметри QoS: затримка, пропускна здатність і доступність, для IEEE 802.11. Дослідження базується в основному на мережі доступу черг першого рівня і повністю відкидаються наступні два рівня впливу на загальні параметри QoS в мережі.

Була [37] розроблена аналітична модель для мереж з трьома типами трафіку, що дозволить звести до мінімуму ймовірність блокування виклику, що є важливим параметром QoS сеансу, за рахунок максимального використання мережевих ресурсів. Вони утворили ланцюг Маркова для трьох типів трафіку, голосу, перегляду веб-сторінок і іншого трафіку, з трьох швидкостей прибуття,  $\lambda$ , і три ставки обслуговування,  $\mu$ . Модель показана на малюнку 2.5.

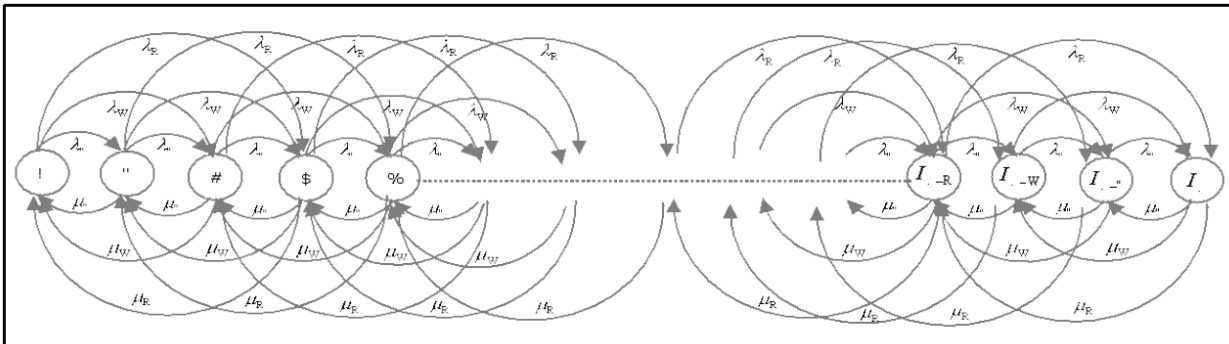


Рис. 1 Модель вищого порядку ланцюг Маркова [37]

### Висновок

Майбутнє мереж буде формуватися навколо цього спрямування. Мета полягає в забезпеченні ефективної комунікації та якісних послуг, де мережі, дані і обчислення об'єднані в сервісну архітектуру. У майбутньому, для конкретного процесу, дані вимагатимуть обчислення, зберігання і підключення, перед запуском додатка. Розташування елементів мережі може бути розподілено фізично і віртуально але це буде зовсім непомітно для кінцевого користувача. Всі користувачі будуть спостерігати якість отримання запитаної послуги.

### Список використаних джерел

1. "Network Function Virtualisation" ETSI Industry Specification Group. [Online]. <http://portal.etsi.org/portal/server.pt/community/NFV/367>
2. S. Yeganeh, A. Tootoonchian, and Y. Ganjali, On scalability of software-defined networking," *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, no. 2, pp. 136-141, February 2013.
3. "Path Computation Element" IETF Working Group. [Online]. <http://datatracker.ietf.org/wg/pce/charter/>

**Власенко В. О.,**  
аспірант кафедри телекомунікаційних систем та мереж,  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ

## **СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ, ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 5G**

*Проаналізовано стан розвитку сучасних інформаційних технологій у світі. Наведено перспективи переходу на технології 4G та 5G, а також складність їх впровадження.*

Розвиток інформаційних засобів і систем є в наш час одним із найважливіших факторів, що визначають темпи й досягнення науково-технічного прогресу. Жодна сфера людської діяльності вже не може розглядатися поза залежністю від засобів інформаційного обміну, значення яких неухильно зростає.

Цьому сприяє перехід до цифрових методів передачі повідомлень і цифрової обробки сигналів, застосування сигналів складної структури, а також різноманітних способів адаптації під час широкого використання мікропроцесорної техніки, що забезпечує інтеграцію засобів зв'язку і засобів обчислювальної техніки.

На цій основі створюються інтегральні цифрові мережі, в яких досягається не тільки повна інтеграція за видами зв'язку, але й інтеграція засобів передачі, обробки, комутації, керування і контролю. Кінцевою метою цього грандіозного процесу є створення єдиного інформаційного середовища, в основі якого лежить принцип мобільного доступу до всіх інформаційних ресурсів.

Прогнози провідних фахівців, працюючих в міжнародних проектах 5G [3, 4], показують, що домінуюче становище серед послуг, що надаються в мережах 5G, будуть займати послуги передачі відео з високою якістю – HD-відео, а також 3D-відео. Звіти провідних операторів зв'язку, що використовують мережі 4G, показують, що в споживаному абонентами трафіку відеопослуги переважають і залишаться домінуючими в контенті мереж 5G. Так, зараз обсяг трафіку відеопослуг становить, за оцінками операторів [3], від 66 до 75% загального обсягу трафіку в мережах 4G, включаючи 34% – лише відео, а також 18% відеоспостереження (Video Surveillance).

Розвиток мереж 5G необхідно направити на створення ультрацілних мереж (UDN) бездротового доступу з гетерогенною структурою сот радіусом не більше 50 метрів на основі нових видів сигнально-кодових конструкцій радіосигналів, які підвищують спектральну ефективність у порівнянні з мережами 4G і забезпечують передачу даних зі швидкостями більше 10 Гбіт/с. Для забезпечення таких швидкостей передачі даних в мережах 5G потрібно використовувати широкі смуги каналів як в лінії вниз (DL), так і в лінії вгору (UL) з безперервним спектром, шириною від 500 до 1000 МГц, що в 25-50 разів перевищує ширину каналів реалізованих в 4G. Виділення таких смуг для каналів 5G можливо тільки на верхній межі сантиметрового та в міліметровому діапазонах частот, що істотно скоротить зони покриття базових станцій 5G через зменшення радіуса сот до 50-100 м [1].

Підвищення спектральної ефективності в технології 5G може бути досягнуто за рахунок застосування неортогональних методів доступу (NOMA) в мережах RAN і неортогональних сигналів (наприклад, F-OFDM-сигналів та ін.) [2]. Порівняння цих вимог з аналогічними вимогами до мереж 4G показує зростання спектральної ефективності в 3-5 разів.

У мережах з технологією 5G з'являться нові рішення в області інфраструктури: рухомі вузли (базові станції) зв'язку (Moving 5G Node) і рухомі транспортні мережі (Moving 5G Backhaul), що дозволить обладнати міжнародні автомобільні магістралі. За допомогою таких рішень з'явиться можливість використовувати мережі з технологією 5G при швидкості

руху автомобіля понад 200 км/год. Роль базових станцій 5G виконуватимуть автомобільні пристрої 5G, об'єднані в mesh-мережі.

Таким чином, вже зараз можна спостерігати першу хвилю кризи, що насувається як цунамі, трафіку абонентів в мережах 4G. Місячне споживання трафіку передачі даних в мережах операторів 4G досягло 2,6 Гбайт, а місячне споживання трафіку в мережах 5G перевищуватиме 500 Гбайт.

Складність швидкого переходу до 5G пов'язана з тим, що різні мережі будуються з використанням різних інформаційних технологій і відповідно різного програмного забезпечення, яке не сумісне поміж собою. Прискорити процес переходу можливо шляхом відокремлення функцій надання послуг від транспортних функцій та впровадження технологій, що забезпечать взаємодію різних мереж. Це дозволить створювати нові послуги та забезпечить високий рівень їх якості, а також дозволить вільно підключити нові служби.

Для прискорення переходу телекомунікаційних мереж до технології 5G, необхідно збільшувати пропускну здатність і гнучкість транспортних мереж і мереж доступу. При цьому головне значення тут відіграє середовище передачі та обрана технологія побудови фізичного рівня мережі. Для передачі інформації на фізичному рівні використовуються проводові та безпроводові середовища.

Впровадження концепції мобільних систем зв'язку четвертого покоління остаточно поставило крапку у визначенні напрямків подальшого розвитку мереж доступу.

Системи мобільного зв'язку четвертого покоління застосовують на фізичному рівні складні багаточастотні сигнали, основані на OFDM (OFDMA). При цьому ці системи вже поєднують у собі функції й переваги систем безпроводового доступу та стільникових систем зв'язку. Незважаючи на значні переваги та перспективи розвитку систем мобільного зв'язку четвертого покоління, вони не здатні повністю задовольнити всі вимоги мереж доступу 5G. Тому на сьогодні залишається актуальним питання проведення їх вдосконалення. Значне місце тут відводиться розробці нових підходів до побудови фізичного рівня, що, насамперед, визначається ефективністю обраних сигнально-кодових конструкцій.

Це можливо зробити під час використання перспективних сигнально-кодових конструкцій, побудованих на базі оптимальних багатопозиційних багаточастотних сигналів [2]. Використання цих конструкцій з ефективними методами завадостійкого кодування забезпечить високу достовірність передачі даних і дозволить підвищити частотну ефективність, збільшить гнучкість систем до потреб користувачів, а також посприє у вирішенні ряду завдань, що стоять перед мережами 5G. Для цього спочатку необхідно провести детальний аналіз технологій побудови фізичного рівня перспективних телекомунікаційних радіосистем, який і дозволить визначити напрямки подальших досліджень.

## Література

1. *Льченко М.Ю. Сучасні телекомунікаційні системи / М.Ю. Льченко, С.О. Кравчук. – К.: Наук. думка, 2008. – 328 с.*
2. *Ким А.В., Тихвинский В.О. Новый мобильный горизонт: итоги MWC-13 // Электросвязь, 2013. – №3.*
3. *Mobile and wireless communications Enablers for the 2020 Information. Society. EU FP7 ICT-317669-METIS // www.metis2020.com/*
4. *Niri S.G. Towards 5G // LTE World Summit-2013.*

**Волков С.Л., к.т.н., доцент,**  
**Скачков В.В., д.т.н. проф.,**  
**Павлович В.І., аспірант,**  
Одеська державна академія технічного  
регулювання та якості,  
м. Одеса

**Чепкій В.В., к.т.н., доцент,**  
Міжнародний гуманітарний університет,  
м. Одеса

## **ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНТРОПІЙНИЙ ПОКАЗНИК ЯКОСТІ СТАНУ ПАРАМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ В БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ ЗАДАЧАХ ОЦІНЮВАННЯ**

*Розглянуто проблеми оцінювання якості стану параметричної системи в умовах ситуаційної невизначеності. В контексті подолання окреслених проблем формалізована інформаційна модель, в основу якої покладено ентропійну метрику за Шенноном, що модифікована до рішення задач оцінювання якості. Запропоновано інформаційно-ентропійна міра в якості глобального показника оцінки стану параметричної системи, та синтезовано аналітичне правило для її реалізації.*

**Постановка проблеми.** В процесі оцінювання якості стану параметричних систем виникає необхідність рішення багатокритеріальних оптимізаційних задач. Найбільш складними є багатокритеріальні задачі, що вирішуються в умовах ситуаційної невизначеності та відносяться до класу некоректних задач у визначенні Адамара-Тихонова [1, 2]. В таких задачах незначні варіації спостережуваних реалізацій вибірок, призводять до непередбачених результатів їх рішення.

Ситуаційна невизначеність оцінки стану параметричної системи обумовлена впливом незапланованих дестабілізуючих факторів середовища її перебування – зовнішня невизначеність, а також існуванням різноманітних ресурсних обмежень – внутрішньосистемна невизначеність [3]. Властиві будь-якій реальній системі незаплановані дестабілізуючі фактори та непереборні ресурсні обмеження на фізичному рівні проявляються у вигляді випадкових зовнішніх і внутрішньосистемних збурень. За такої детермінації ступень ситуаційної невизначеності стану параметричної системи буде різною в різні моменти часу.

Об'єктивне оцінювання оптимальності системи здійснюється на основі показника якості стану, який в загальному випадку повинен інтегрувати в собі сукупність властивостей і ознак, які визначають придатність параметричної системи задовольняти вимоги щодо свого призначення. Вибір такого показника передбачає формування тим чи іншим способом критерію оцінки якості стану досліджуваної системи. Згідно основних положень теорії системного аналізу, інтегральний або глобальний (узагальнений) показник стану і критерій оцінки якості технічної системи повинен бути функцією всіх найважливіших характеристик системи, у фізичному сенсі простим і конструктивним та відображувати якість виконання системою поставлених завдань.

Суперечливість вимог та умов формування інтегрального показника оцінки якості параметричної системи ускладнюється тим, що для більшості реальних процесів характерним є безперервність зміни параметрів, які визначають критерії її оптимальності. В таких ситуаціях простір стратегій прийняття рішень стає нескінченним, що обмежує застосування методів приведення векторної оптимізації до скалярної та введення глобального показника якості [3].

Зазначені обставини суттєво ускладнюють проблему інтегральної оцінки стану

параметричної системи та унеможливають формалізацію критеріального показника якості систем з множиною параметрів та часткових критеріїв. Крім того, глобальний показник якості системи у вигляді суми часткових показників з відповідними ваговими коефіцієнтами може бути неслухним, оскільки недолік одного часткового показника може компенсуватись перевагами іншого [3, 4].

В контексті подолання окреслених проблем пропонується ситуаційну невизначеність стану параметричної системи інтерпретувати у вигляді інформаційної моделі в метричному поданні та оцінити якість її за допомогою інформаційно-ентропійного показника. Останній, визначаючи інформаційні втрати в технічній системі та відображуючи ступень задоволення вимог до часткових показників, набуває статусу глобального критеріального показника.

**Мета роботи** – формалізація інформаційно-ентропійного показника якості стану параметричної системи в багатокритеріальних задачах оцінювання.

**Основна частина.** В широкому сенсі, інформаційна модель стану параметричної системи в умовах зовнішніх та внутрішньосистемних збурень характеризується апріорною та апостеріорною ентропіями Шеннона до та після оцінювання  $\eta$ -мірного процесу  $U^T = [u_1(t), \dots, u_l(t), \dots, u_\eta(t)]$ , який містить доступну інформацію про стан системи. Їхня різниця показує середню кількість інформації на виході досліджуваної системи. Представляючи узагальнений критерій невизначеності стану будь-якої технічної системи, ентропія являє собою дійсну функцію, яка залежить від щільності ймовірності  $p(U)$ . Серед сукупності відомих функцій розподілу  $p(U)$ , які мають однакову дисперсію, максимальною ентропією володіє гаусів розподіл [1–3].

За цією логікою глобальним показником якості параметричної системи може служити модифікована інформаційно-ентропійна метрика Шеннона, за якої середня кількість отриманої інформації про стан будь-якої системи визначається величиною знятої невизначеності [4]:

$$I[f(V), f(U)] = H[f(U)] - H[f(U)/f(V)], \quad (1)$$

де  $f(U)$  і  $f(V)$  – результати обробки за алгоритмом  $f(*)$  компонентів, відповідно, вхідного вектору стану системи  $U$ , та векторного процесу  $V$ , що містить корисну інформацію про стан системи;  $H[f(U)]$  та  $H[f(U)/f(V)]$  – апріорна та апостеріорна ентропії.

Оцінювання якості стану параметричної системи та середовища її перебування здійснюється за умови гаусівської моделі вхідних векторних корисних процесів і процесів зовнішніх та внутрішньосистемних збуджень, які характеризуються з відповідними статистиками. За моделі гаусівського розподілу векторного процесу  $U$  на виході системи спостерігається гаусівський скалярний процес  $U_\Sigma = W^T U = f(U)$ . Тут  $W$  – багатопараметричний вектор управління, який формується в технічній системі за результатам спостереження  $\eta$ -мірного процесу  $U$ .

Рішення багатокритеріальної задачі припускає таке перетворення вектору спостережень  $f(U)$ , під час якого досягається екстремум заданого критерію оптимальності  $J[f(U)]$ . В цьому контексті, правило обчислення середньої кількості інформації на виході досліджуваної параметричної системи приймає наступний вигляд [4]:

$$I[U_\Sigma, U_\Sigma] = 0,5 \lg \left[ 1 + \xi_V \langle W \rangle + \xi_j \langle W \rangle \right]^2, \quad (2)$$

де  $\xi_V(W)$  та  $\xi_j(W)$  – відносні параметри, що визначають, відповідно, ступень перевищення значення корисного процесу і зовнішніх збурень над процесами внутрішньосистемних збурень.

Аналітичний вираз (2) визначає теоретичну межу інтегральної оцінки середньої

кількості інформації, як показника стану системи з довільною параметричною розмірністю, за умови, що внутрішньосистемний процес з фіксованим значенням дисперсії володіє найбільшою ентропією. Останнє адекватно максимальній втраті інформації на виході параметричної системи. За своїми змістом синтезований показник  $I(\Sigma, U_\Sigma)$  відповідає всім основним вимогам до глобального (узагальненого) показника критерію оцінювання якості стану технічної системи.

### **Висновки**

У розвиток концепції вирішення проблем багатокритеріальних задач та оцінювання стану параметричної системи в умовах ситуаційної невизначеності формалізовано підхід до аналітичного подання формули інформаційно-ентропійного показника якості. Аналіз застосування синтезованого критеріального показника в різних умовах стану багатопараметричного вектору управління системою ілюструє його слушність.

### **Литература**

1. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач / В.Я. Арсенин, А.Н. Тихонов // 2-е изд. – М.: Наука: Гл. Ред. физ.-мат. литературы, 1979. – 285 с.
2. Леонов А.С. Обобщение метода максимальной энтропии для решения некорректных задач / А.С. Леонов // Сибирский мат. журн., 2000. – Т. 41, № 4. – С. 863-872.
3. Репин В.Г. Статистический синтез при априорной неопределённости и адаптация информационных систем / В.Г. Репин, Г.П. Тартаковский – М.: Сов. радио, 1977. – 404 с.
4. Скачков В.В. Энтропийный подход к исследованию информационных возможностей адаптивной радиотехнической системы при внутрисистемной неопределенности / В.В. Скачков, В.В. Чепкий, Г.Д., Братченко, А.Н. Ефимчиков // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2015. – Т. 58, № 6. – С. 3-12.



**Гаманюк І. М.,**  
ст. викладач кафедри Інженерії програмного забезпечення,  
Державний університет телекомунікацій, м. Київ, Україна

## **МІСЦЕ ТА РОЛЬ КОНВЕРГЕНТНИХ МЕРЕЖ: РІШЕННЯ ПОСТ - NGN, 4G ТА 5G ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ДОМЕННОЇ СУМІСНОСТІ**

*Одним із напрямів, що може позитивно вплинути на досягнення доменної сумісності є розділення системи на підсистеми (сервіси), які менше залежать одна від одної, але у сукупності вони реалізують всі сервіси даної системи. Можливість множинного користування підсистемами приведе до необхідності обміну інформацією дистанційно (наприклад: під час руху) і як наслідок значно підвищить кількість комунікацій та підключень, що в свою чергу збільшить потребу в конвергентних мережах: рішення пост - NGN, 4G та 5G.*

Здатність обмінюватися інформацією та довіряти їй є важливим чинником для бізнесу та уряду – також це є важливим для забезпечення нашої безпеки, добробуту та якості життя.

Задоволення потреб взаємодії всередині домен і між ними є фундаментальною основою успіху діяльності в мережі протягом віку зростаючої глобальної взаємозалежності.

Важливим є розуміння, що всі ринки потребують взаємосумісних рішень, що всі системи мають бути інтегровані до більш широкого середовища, де кожна система і її продукт забезпечать цінність для інших систем і продуктів, а системи, що побудовані як ізольовані приречені на швидке застарівання.

Інформаційна революція нанесла удару на соціальну взаємодію і як наслідок, створення нової інформації і соціальних доменів.

Фейсбук, Твітер та інші соціальні мережі це технічний підхід до створення соціальних доменів у кібернетичному просторі як відображення версії соціальних доменів фізичного світу.

Фізичні та кібернетичні простори не існують, як окремі сутності, вони взаємодіють.

Результатом цієї взаємодії є те, що фізичні та кібер світи все більше характеризуються рівнем перекриття, що весь час збільшується і цей феномен притягує ефект міждоменого впливу і як результат підвищує швидкість трансформації доменів.

Домени самі переміщуються, інтегруються з іншими доменами, потроху змінюються до нових доменів для досягнення мети, яка не стоїть на місці, а постійно рухається.

Під словом "домен", розуміється будь-яка сукупність дійових осіб або організацій, які мають спільну мету або область інтересів, які можуть бути розділені або визначені певними соціальними, політичними, правовими, фінансовими, організаційними чи іншими кордонами.

До даної події, можуть бути віднесені десятки або сотні різних доменів, які повинні обмінюватися інформацією, і суб'єкти яких можуть належати до кількох доменів одночасно.

Приватні особи та організації використовують інформацію з багатьох доменів для прийняття рішень. Кращі рішення приймаються, коли існує вплив всіх зацікавлених доменів на цей процес.

Міждоменна сумісність посилається на здатність систем і організацій для взаємодії та обміну інформацією серед різних областей, ринків, галузей, країн або зацікавлених спільнот (доменів).

Коли міждоменна сумісність існує, то користувачі можуть легко спілкуватися і вести свою діяльність, незважаючи на їх залежність від різних технічних умов або рамок. Вони не відчувають різниці щодо обміну інформацією з кореспондентами цієї ж системи, що обслуговує цей же домен, чи іншої системи, що обслуговує інший домен.

Міждоменна сумісність існує, коли організації або системи з різних областей (доменів) взаємодіють в галузі обміну інформацією, послугами та / або товарів для

досягнення своїх власних або спільних цілей. Міждоменна сумісність є метод систем для здійснення спільної роботи (взаємодії).

Міждоменна сумісність характеризується загальним розумінням і укладеними угодами по обидва боки кордону доменів, що надає можливість окремим організаціям розробляти або виробляти свої продукти, активи або послуги взаємосумісними в рамках більш широкої спільноти. Кожен учасник приймає та бере на себе зобов'язання і забезпечує використання обопільних, общедоменних або всесвітніх стандартів та інтерфейсних протоколів.

Міждоменні інтерфейси не можуть перебувати під контролем якогось одного елемента або органу влади – на відміну від інтегрованого середовища системи систем, де один домен або його орган може контролювати інтерфейси, які будуть використовуватися між доменами.

Хмарні обчислення сприяють комунікації і спільній роботі, але підключення до Інтернету і міграції інформації до хмари або групи хмар не гарантує міждоменної сумісності. Так як і в організаціях, що підключені до Інтернету не означає, що міждоменна сумісність автоматично відбудеться.

Можливість міждоменної взаємодії набуває все більшого значення, оскільки ділова й урядова діяльність стає глобальнішою і взаємозалежною. Міждоменна сумісність забезпечує синергію, розширює область використання продукту і дозволяє користувачам бути більш ефективними і успішними не тільки в своїх власних доменах, але і у спільних зусиллях.

У світі, де домени накладаються один на одного, перетворюючись і модифікуючись з дедалі більшою швидкістю, система, що розроблена для одного домену майже завжди є недостатньою; вона повинна бути або змінена, щоб підтримувати інші домени або знята з експлуатації, щоб звільнити місце для системи, яка здатна змінюватися.

Отже існує необхідність в ухваленні ширшої перспективи – перспективи, яка досягає міждоменної здатності до взаємодії.

Яким же чином досягти гнучкості систем та здатності їх до взаємодії?

Одним із напрямів, що може позитивно вплинути на вирішення даної проблеми є розділення системи на підсистеми (сервіси), які менше залежать одна від одної, але у сукупності вони реалізують всі сервіси даної системи.

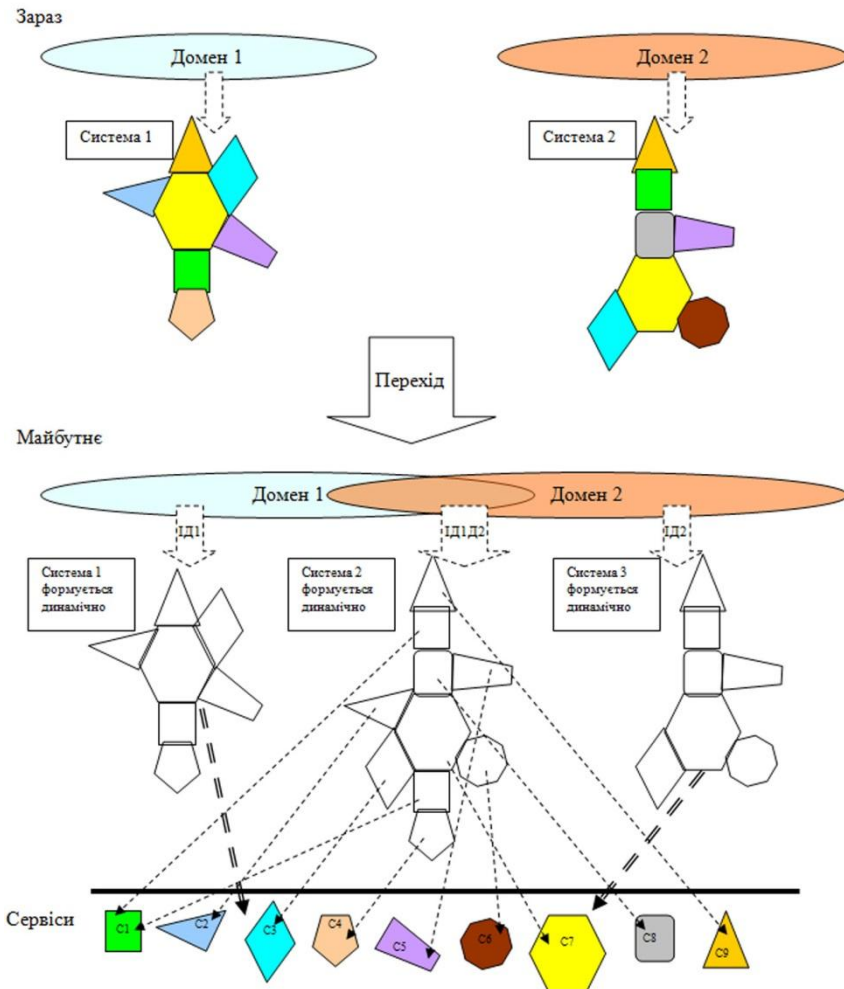
Це нам дасть можливість вилучати підсистеми, які не відповідають вимогам сучасності моменту, та замінювати їх новими.

Також ми зможемо виводити певні підсистеми, які користуються попитом, із системи на зовнішній рівень, і надавати можливість іншим системам використовувати ці певні підсистеми.

Вищезазначене розділення системи на підсистеми, а також підсистемна незалежність значно підвищить кількість операцій обміну інформацією, а можливість множинного користування підсистемами приведе до необхідності обміну інформацією дистанційно (наприклад під час руху) і, як наслідок, значно підвищить кількість комунікацій та підключень.

На вирішення цих та інших проблем і вплине застосування нових засобів зв'язку, а саме розвиток конвергентних мереж: рішення пост - NGN, 4G та 5G.

**Актуальные вопросы развития сетей пост – NGN. Услуги и качество обслуживания.**  
**Планирование и оптимизация сетей мобильной связи**



**Література**

1. <http://www.ncoic.org/cross-domain-interoperability>
2. [https://en.wikipedia.org/wiki/Cross-domain\\_interoperability](https://en.wikipedia.org/wiki/Cross-domain_interoperability)

## ПОБУДОВА СИСТЕМИ ДЛЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Кевін Ештон, автор введеного ще в 1999 р. терміну «Інтернет речей - the Internet of Things (IoT)», впевнений: "Інтернет речей має потенціал, щоб змінити світ, подібно до того, як це зробив Інтернет. Можливо, навіть більшою мірою". Початкове визначення IoT вже дещо змінилось, але IoT можна розглядати, як навколишнє середовище, де фізичні пристрої з'єднані між собою через Інтернет для збору та обміну даними, щоб формувати розумну зворотну реакцію. Це високоінтелектуальна технологія взаємодії машина-машина (M2M), яка має потенціал, щоб зробити революцію в тому, як ми живемо і працюємо. Офіційні представники Cisco Systems Ltd. прогнозують, що до 2020 року у світі буде понад 50 мільярдів пристроїв, підключених до Інтернету [1]. Це великий ринок праці для відповідних фахівців.

### Складові IoT та терміни готовності технології

Перш, ніж починати підготовку фахівців з нових технологій, необхідно отримати відповідь на декілька питань: коли технологія вийде на «плато продуктивності», яким науковим напрямкам та спеціальностям вона відповідає, наскільки реально вона буде втілена в життя і чи є необхідні ресурси. Згідно прогнозу аналітичної фірми Gartner [2] вже в 2020 році можна очікувати вихід технології IoT на «плато продуктивності» (рис. 1): Спеціалісти Gartner в 2012 р. прогнозували вихід технології IoT на «плато продуктивності» лише після

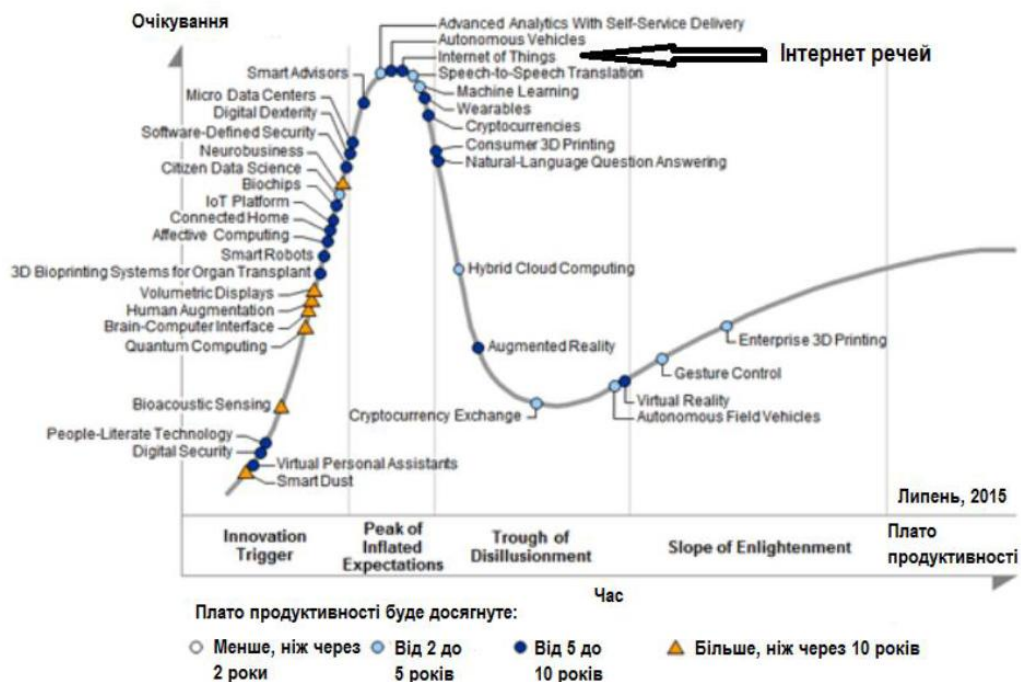


Рис. 1 Цикл готовності нових технологій

2022 р.

Це означає, що термін має тенденцію до скорочення, але нинішні студенти мають час, щоб стати фахівцями з впровадження технології IoT. Тепер треба визначити, наскільки реальним є те, що ця технологія досягне «плато продуктивності», адже між «піком азіотажу», де вона знаходиться сьогодні, і «плато продуктивності» є «прірва розчарувань»?

Для цього необхідно поглянути, хто розвиває її і наскільки багато фінансів вже вкладено в дослідження та впровадження.

Основні прихильники нової технології:

- Cisco (Cisco IoT Services Portfolio – портфель сервісів для IoT),
- Intel (Intel IoT Platform – платформа для IoT, лабораторія Інтернету речей Intel Ignition Lab),
- Microsoft (операційна система Windows 10 IoT, фреймворк AllJoyn, хмарний сервіс Azure),
- IBM (IBM Bluemix - понад 100 відкритих програмних інструментів і хмарних сервісів, IBM Cloud)

International Data Corp. (IDC) стверджує, що глобальні витрати на IoT до 2019 року досягнуть \$1,3 трлн. Тому нема жодного сумніву, що нова технологія IoT завоює світ. В екосистемі IoT [3] (рис.2), можна виділити 3 групи технологій, залучених для збору та обміну даними: різноманітні сенсори, пристрої первинного оброблення даних (мікроконтролери та мікрокомп'ютери), канали зв'язку.

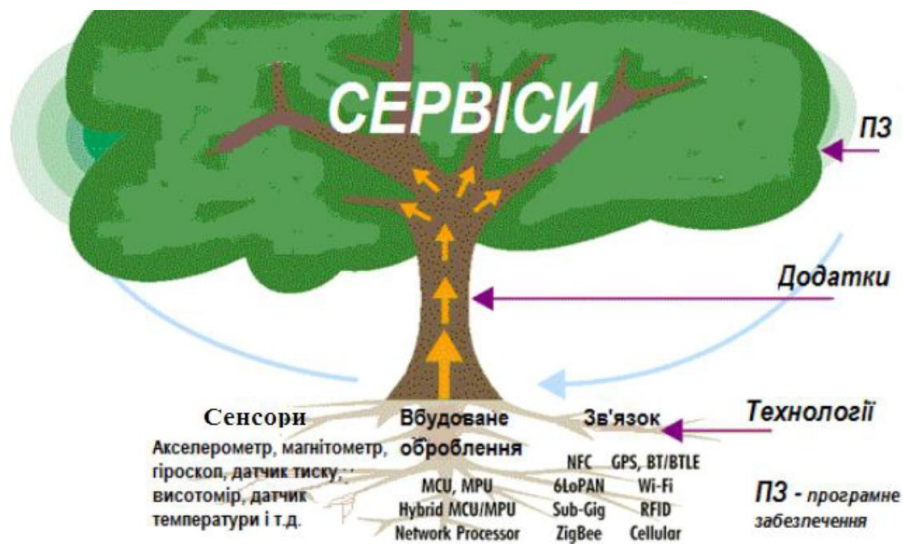


Рис. 2 Екосистема Інтернету речей

Можна зробити висновок про відповідність згаданих технологій спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка». Варто також нагадати, що кінцеве оброблення даних та прийняття обґрунтованого рішення виконується на хмарному сервісі з використанням технологій Big Data.

### Вибір апаратного та програмного забезпечення

Для реалізації функцій IoT необхідне наступне:

- спосіб, за допомогою якого пристрої будуть з'єднані між собою;
- шлях для збору даних з пристроїв;
- спосіб для обробки отриманих даних, щоб прийняти відповідні рішення.

Сьогодні на ринку праці склалась ситуація, коли найбільш затребувані технічні фахівці, які можуть проектувати системи, а не лише конструювати окремі її елементи. Це змушує створювати вертикаль необхідних навчальних курсів, щоб на виході фахівець мав необхідні знання та навички для побудови тієї чи іншої системи. Реалізувати функції IoT – означає побудувати систему, складові якої відомі. Вибір апаратного забезпечення для навчання не викликає проблем: новий Raspberry Pi 3 відрізняється однокристальною системою Broadcom BCM2837 з 64-бітовим 1,2-ГГц процесором на основі чотирьох 1,2-ГГц ядер ARM Cortex-A53 і графічною підсистемою VideoCore IV. Даний чіп забезпечує її

приріст продуктивності 50-60%, порівняно з Raspberry Pi 2 [4] (мова йде про роботу в 32-розрядному режимі). Вбудовані модулі Wi-Fi і Bluetooth без додаткових витрат забезпечують канал для збирання даних з сенсорів і канал доступу в Інтернет. Цей мікрокомп'ютер Microsoft обрав основним для впровадження своїх розробок IoT. Для оброблення даних, отриманих з сенсорів, сьогодні безкоштовно доступні в режимі тестування такі хмарні сервіси: Azure, Freeboard, Grovestreams, developer.ibm, Thingspeak, Thingworx та інші.

Майбутнім спеціалістам для того, щоб не стати спостерігачами, а бути активними розробниками систем нової технології IoT, необхідно вміти:

- програмувати на С (С++) (для роботи з мікроконтролерами);
- використовувати протоколи шин OneWire, I2C, SPI, USART та ін.;
- працювати в ОС Linux (для роботи з мікрокомп'ютерами);
- програмувати на Python (для організації взаємодії сенсорів і мікрокомп'ютерів, використовуючи програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом);
- створювати захищений канал для обміну даними з хмарними сервісами;
- створювати сервіси в Інтернеті для оброблення даних та формування сигналів керування підключеними пристроями;
- створювати додатки для мобільних пристроїв для передачі і отримання даних через Wi-Fi, Bluetooth, IR.

Інтернет речей є новим етапом розвитку Інтернету, який значно розширює можливості збору, аналізу і розподілу даних, які людина може перетворити в інформацію та знання. В цьому сенсі Інтернет речей набуває величезного значення і підготовка спеціалістів з нової технології є актуальною в часі.

#### **Література:**

1. *Internet Of Things Will Deliver \$1.9 Trillion Boost To Supply Chain And Logistics Operations.* – Режим доступу: <https://newsroom.cisco.com/press-releasecontent?articleId=1621819>
2. *Gartner's 2015 Hype Cycle for Emerging Technologies.* Доступно на <http://www.gartner.com/newsroom/id/3114217>
3. *Найдич А. «Интернет вещей» – реальность или перспектива? // КомпьютерПресс. – 2013, № 12. – Режим доступа : http://compress.ru/ article.aspx?id=24290*
4. *Могильный С.Б. Микрокомп'ютер Raspberry Pi – инструмент дослідника / С.Б. Могильный. – К. : Талком, 2014. – 340 с.*

## КОНВЕРГЕНТНАЯ СЕТЕВАЯ АРХИТЕКТУРА HP FLEXNETWORK

Архитектура HP FlexNetwork является главным компонентом конвергентной инфраструктуры HP. Предназначена для предприятий, которые хотели бы использовать в своих дата-центрах, головных офисах и филиалах обширные возможности мультимедийного контента, виртуализации, мобильности и облачных вычислений. Архитектура HP FlexNetwork унифицирует разрозненные сети, обеспечивая единство реализации протоколов на всех используемых на предприятии сетевых устройствах, а кроме того, позволяет задать исчерпывающий набор политик администрирования, безопасности и доступа.

Современная подготовка специалистов в области информационно-коммуникационных технологий должна базироваться на наиболее актуальных знаниях лучших образцов технологий, которые составляют содержание их профессиональной подготовки. При изучении сетевых технологий нельзя обойти вниманием новейшие решения для построения конвергентной сетевой инфраструктуры, HP FlexNetwork Architecture, которые представлены компанией HP Enterprise.

Архитектура FlexNetwork является ключевым компонентом конвергентной инфраструктуры Hewlett Packard Enterprise и содержит следующие взаимосвязанные блоки:

- FlexFabric обеспечивает универсальный защищенный доступ к конвергентному пулу высокопроизводительных ресурсов центров обработки данных (ЦОД);
- FlexCampus создает унифицированную безопасную мобильную среду передачи данных, оптимизированную для передачи мультимедийного контента и доступа к ресурсам на основе централизованных политик сетевой безопасности;
- FlexBranch реализует необходимую функциональность и сервисы в филиалах компаний на основе типовых комбинированных решений, позволяющих значительно упростить требования к сетевой инфраструктуре;
- FlexManagement унифицирует и объединяет управление и мониторинг проводной, беспроводной и виртуальной сетевыми инфраструктурами, позволяет автоматизировать ключевые функции управления и настройки параметров и характеристик сетевой инфраструктуры.

Сетевое оборудование Hewlett Packard Enterprise развивается в соответствии со стратегией, опирающейся на передовые архитектурные решения, инновационные и экологически безопасные сетевые технологии, интеллектуальное управление (**Energy Efficient Ethernet, архитектура CLOS, Intelligent Resilient Framework, Multitenant Device Context, Ethernet Virtual Interconnect, Software Defined Networking, Network Function Virtualization, Smart Rate, 802.11ac** и т. д.), и может применяться для создания сетевой инфраструктуры любого уровня: от построения высоконадежных, отказоустойчивых, высокопроизводительных сетей корпоративных ЦОД, до высокопроизводительных сетей для предприятий любого уровня и небольших филиалов.

Архитектура HPE FlexNetwork позволяет перейти от традиционных (морально устаревших) 3-уровневых сетей к оптимизированным 2- и 1-уровневым сетям, повысить производительность, снизить уровень задержек в сети, упростить управление сетью.

Благодаря этим особенностям одной из эффективных областей применения архитектуры HPE FlexNetwork являются облачные среды, ориентированные на прохождение сетевого трафика с высоким уровнем загрузки полосы пропускания и ресурсов сетевых устройств, а также чувствительного к различного рода задержкам при передаче контента

(между серверами, системами хранения данных, рабочими станциями, виртуальными машинами и т. д.).

Hewlett Packard Enterprise последовательно наращивает свое технологическое преимущество по всем направлениям:

- значительно улучшены технические характеристики существующей технологии IRF (виртуализация N:1), которая теперь позволяет объединять в отказоустойчивый стек до десяти

коммутаторов с фиксированной конфигурацией и до четырех модульных коммутаторов. Это позволяет достичь многократного увеличения плотности портов, производительности и коэффициента резервирования высокопроизводительных коммутаторов ядра без усложнения архитектуры сети и без дополнительного лицензирования;

- принципиально новая реализация технологии IRF позволяет строить 2-уровневые структуры на границе серверных ферм (enhanced IRF), что позволяет значительно увеличить количество физических коммутаторов, объединяемых в один IRF домен, и существенно упростить управление, мониторинг и настройку всех коммутаторов в этом домене;

- новая версия комплексной мультивендорной системы управления HPE IMC v7.2 (Intelligent Management Center) отличается существенно развитым и расширенным функционалом, унификацией управления конвергентными корпоративными инфраструктурами, включающими в себя поддержку традиционных мультивендорных Ethernet-сетей, виртуальных сетей на основе гипервизоров (VMware, Hyper-V, Xen и KVM), а также сетей систем хранения данных (FC/FCoE) и мультивендорных беспроводных WiFi-сетей; Кроме того, в новой версии IMC появились дополнительные возможности по интеграции с системой управления инфраструктурой ЦОД (HPE OneView);

- разработаны и внедрены инновационные технологии виртуализации: на основе разделения аппаратных ресурсов оборудования (создание нескольких виртуальных коммутаторов на основе физического устройства) — Multitenant Device Context (MDC), технологии построения виртуальных инфраструктур на базе распределенных ЦОД (технология объединения нескольких ЦОД в общую инфраструктуру с использованием overlay-технологий) - Ethernet Virtual Interconnect (EVI), вертикального IRF для эффективного подключения серверных ферм к корпоративной сети.

Дополнительными особенностями сетевого оборудования Hewlett Packard Enterprise являются:

- передовые решения мобильного доступа на основе продуктов и технологий HPE Aruba;

- унификация операционных платформ для всего спектра активного сетевого оборудования;

- лучший в индустрии показатель совокупной стоимости владения;

- гибкая система управления электропитанием с использованием современных систем охлаждения и встроенных энергосберегающих технологий (Energy Efficient Ethernet-802.3az, 80 Plus);

- совместимость с оборудованием других производителей, поддерживающих стандартные промышленные протоколы;

- масштабное применение широкого спектра различных технологий виртуализации сетевых устройств для повышения гибкости, масштабируемости и гранулярности сетевой инфраструктуры предприятий без увеличения расходов на дополнительное лицензирование.

Таким образом, исходя из технологического совершенства сетевых решений Hewlett Packard Enterprise, можно говорить о правильном выборе для внедрения сертифицированных курсов этой компании в содержание учебного процесса университета.



## Литература

1. Краткий обзор аппаратных платформ, типовых архитектурных решений и услуг HP для корпоративных информационных систем. 2015-2016 гг. // Авторизованный реселлер Hewlett Packard Enterprise Компания КОМПЛИТ, 2016. – 160 с.
2. Miriam Allred. HP ATP - FlexNetwork Solutions V3 // Hewlett Packard Enterprise Press 660 4th Street, #802 San Francisco, CA 94107, 2015. – 231 с.
3. Miriam Allred. HP ASE - FlexNetwork Solutions Architect // Hewlett Packard Enterprise Press 660 4th Street, #802 San Francisco, CA 94107, 2014. – 422 с.

*Дікарев О.В., к.т.н., доцент,  
Грищенко Л.М., здобувач,  
Державний університет телекомунікацій, м. Київ*

## ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ СІМЕЙСТВ КІЛЬЦЕВИХ КОДІВ ДЕЯКИХ ТИПІВ

Завадостійке кодування є ефективним засобом підвищення вірності передачі інформації по каналам зв'язку. Основним показником завадостійкого коду є його здатність забезпечити вірне приймання кодових комбінацій за наявності спотворень, що виникають під впливом завад. В даний час досить широкого застосування набули циклічні коди завдяки їх ефективності під час виявлення та виправлення каналних помилок.

Двійкові кільцеві коди є циклічними кодами з розширеними можливостями, визначення яких наведено в [1].

Кільцеві коди можуть утворювати сімейства [2] з обмеженою кількістю кодових слів, дослідження властивостей яких дозволило виявити характерні ознаки кожного сімейства та в загальному вигляді побудувати математичну модель формування кодових послідовностей будь-якого сімейства кільцевих кодів.

В доповіді наведено результати дослідження закономірностей формування кодових послідовностей сімейств двох типів: типу 000111 (одиничні символи розміщено підряд) та типу 010101 (одиничні та нульові символи чергуються) та побудовано в загальному виді математичну модель формування послідовності кодових комбінацій кожного із сімейств.

Дослідження проведено на основі аналізу послідовностей десяткових значень кодових послідовностей сімейств. В таблиці 1 наведено двійкові кодові послідовності та їх десяткові значення сімейств вищевказаних типів.

Таблиця 1. Значення кодових послідовностей в двійковій та десятковій системах числення для сімейств кільцевих кодів довжиною 7 типів 000111 та 010101.

Система числення	Кількість одиничних символів	Структура кодових послідовностей кільцевих кодів в двійковій та десяткових значеннях						
Сімейство кільцевих кодів типу - 000111								
Двійкова	1	0000001	0000010	0000100	0001000	0010000	0100000	1000000
Десяткова		1	2	4	8	16	32	64
Двійкова	2	0000011	0000110	0001100	0011000	0110000	1100000	1000001
Десяткова		3	6	12	24	48	96	65
Двійкова	3	0000111	0001110	0011100	0111000	1110000	1100001	1000011
Десяткова		7	14	28	56	112	97	67
Двійкова	4	0001111	0011110	0111100	1111000	1110001	1100011	1000111
Десяткова		15	30	60	120	113	99	71
Двійкова	5	0011111	0111110	1111100	1111001	1110011	1100111	1001111
Десяткова		31	62	124	121	115	103	79
Двійкова	6	0111111	1111110	1111101	1111011	1110111	1101111	1011111
Десяткова		63	126	125	123	119	111	95
Сімейство кільцевих кодів типу - 010101								
Двійкова	2	0000101	0001010	0010100	0101000	1010000	0100001	1000010
Десяткова		5	10	20	40	80	33	66
Двійкова	3	0010101	0101010	1010100	0101001	1010010	0100101	1001010
Десяткова		21	42	84	41	82	37	74
Двійкова	4	1010101	0101011	1010110	0101101	1011010	0110101	1101010
Десяткова		85	43	86	45	90	53	106

Аналіз сформованих множин десяткових значень кодових послідовностей вищенаведених сімейств кільцевих кодів дозволяє зазначити, що для обох сімейств спостерігається певна закономірність при формуванні множини десяткових значень кодових послідовностей яка може бути описана в загальному виді наступною математичною моделлю:

$$C_k N, m = S_1 \cup S_2,$$

де –  $C_k N, m$  – сформована множина кодових послідовностей в десятковій системі числення;

$S_1$  – підмножина десяткових значень кодових послідовностей, в якій десяткове значення наступної кодової послідовності дорівнює подвоєному десятковому значенню попередньої кодової послідовності. Кількість десяткових значень кодових послідовностей підмножини  $S_1$  залежить від типу сімейства.

$S_2$  – підмножина десяткових значень кодових послідовностей, яка будується для кожного типу сімейства за окремим алгоритмом.

### Література

1. Коды на основе двоичных колец / А.В. Дикарев // Системы управління, навігації та зв'язку. – 2013. – Вип. 4. – С. 59-61.
2. Закономірності формування сімейства кільцевих кодів: Математична модель // Зв'язок, № 5, 2016.
3. Зюко А.Г. Теория передачи сигналов / Зюко А.Г, Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.
4. Мешковский К.А. Кодирование в технике связи / Мешковский К.А., Кириллов Н.Е. – М.: Связь, 1966. – 320 с.

## **КОГНІТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ - ГОЛОВНА ОСОБЛИВІСТЬ РОЗВИТКУ 5 ПОКОЛІННЯ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ**

Впровадження когнітивної технології (когнітивних радіосистем і когнітивних мереж) призведе до підвищення ефективності використання радіочастотного спектру, поліпшення управління ресурсом, підвищенню якості зв'язку, ефективності управління доступом і появи нових видів послуг. Поняття «когнітивний» означає властивість кошти або мережі зв'язку, що виражається в здатності автономно і динамічно змінювати свою топологію, коригувати експлуатаційні параметри, перерозподіляти мережеві ресурси відповідно до раніше накопиченими знаннями про стан мережі і з політикою обслуговування користувачів. Перспективним напрямком побудови когнітивних систем є технології, засновані на використанні нечіткої логіки і штучних нейронних мереж.

Якщо на етапах розвитку 2, 3 і 4 покоління стояло завдання збільшення швидкості передачі даних від базової станції до абонента то в 5 поколінні вимога в базовій станції - це обслуговування максимально великої кількості (за 1000) пристроїв.

Найрізноманітнішими і найбільш ефективними варіантами використання когнітивних функцій є бездротові мережі 5 покоління, бездротові самоорганізуючі мережі (БСМ) та інші види бездротових мереж, що використовують безліч різних параметрів функціонування, як з точки зору бездротового мовлення, так і з точки зору організації приймачів в мережі. БСМ - це бездротова мережа передачі даних зі змінною топологією і відсутністю чіткої інфраструктури, де кожен вузол може виконувати функції маршрутизатора і брати участь в ретрансляції пакетів даних. Така мережа повинна розуміти завдання, здатна зрозуміти можливості мережі в будь-який момент часу. Це дозволить мережі за допомогою вивчення основних вимог використовувати нові можливості та динамічно вибирати задовольняють цим вимогам протоколи мережі.

МСЕ-R визначає термін "когнітивний радіо" наступним чином: "Система когнітивного радіо: Радіосистема, що використовує технологію, що дозволяє цій системі отримувати знання про своєму середовищі експлуатації і географічному середовищі, про усталені правила і про свій внутрішній стан; динамічно і автономно коригувати свої експлуатаційні параметри і протоколи, згідно отриманим знанням, для досягнення заздалегідь поставлених цілей; і вчитися на основі отриманих результатів. " Для того, щоб отримати доступ до радіохвиль спектру в якому працюють ліцензовані (первинні) користувачі, не порушуючи їх прав, з необхідною якістю обслуговування, кожен користувач когнітивного радіо пристрої в мережах когнітивного радіо повинен:

- визначити доступну частину спектру; - вибрати кращий з доступних каналів;
- скоординувати доступ до цього каналу з іншими користувачами; - звільнити канал, коли відновить роботу ліцензований користувач.

Таким чином, можливості когнітивного радіо в якості вузлів мереж когнітивного радіо можуть бути класифіковані залежно від їх функціональності наступним чином: пристрої когнітивного радіо повинні відчувати радіоефір (когнітивні здібності), аналізувати спектр (здатність до самоорганізації) і адаптуватися до зміни параметрів радіоефіру (здатність до реконфігурації).

### **Література:**

1. Сауд М.А.С. Особенности проектирования и управления когнитивными беспроводными сетями связи/ М.А.С. Сауд, Комашинский В., Парамонов А.// Вестник связи, 2012, N 10.
2. Бондарчук А. П. Перспективы перехода к когнитивным технологиям //ББК 32.97 С91. – 2013. – С. 11.
3. Мирошникова Н.Е., Обзор систем когнитивного радио. Технологии информационного общества, №9, 2013

## **«ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МИКРОВОЛНОВОЙ ФОТОНИКИ НА РАЗВИТИЕ СЕТИ 5G»**

Двадцать первый век, по мнению многих экспертов, станет веком фотоники. Уже в ближайшей перспективе применение фотонных технологий существенно улучшит параметры и характеристики макросети, особенно в части касающейся объемов, качества и скорости передачи информации потребителю и изменят ее архитектуру.

Как известно, основным требованием к сетям нового поколения, является скорость передачи данных. На смену сетей 4-го поколения в скором времени (по прогнозам – к 2020 году) придет сеть 5G. Предполагается, что по новому Стандарту скорость будет составлять до 10 Гбит/с.

Что немало важно, с развитием новой сети будут совершенствоваться не только технологии передачи данных, но и мобильные телефоны пользователей. Предполагается, что произойдет трансформация абонентских устройств в сетевые узлы. Это является качественным изменением сети по сравнению с предыдущими ее градациями.

Количество подключенных к Всемирной сети устройств и требования абонентов к скорости мобильного Интернет-доступа увеличиваются с каждым годом. Разработчики телекоммуникационного оборудования и операторы связи, стремясь ответить на новые вызовы, готовятся серьезно преобразить архитектуру сетей и регламенты взаимодействия.

Уникальность сети 5G заключается в том, что будет использоваться любой спектр и любая технология доступа, т.е. не будет какого-то фиксированного радио параметра, как в современных беспроводных сетях.

Следует принять во внимание, что современная мировая инфраструктура телекоммуникационных сетей представляет собой эклектический набор разнородных линий передачи на основе волоконных, коаксиальных и многопарных кабелей, а также наземных и спутниковых радиолиний.

При этом глобальные транспортные сети большой протяженности, как правило, функционируют на базе волоконно-оптических либо спутниковых систем, локальные сети и сети абонентского доступа – на основе связанных через стандартные интерфейсы волоконно-оптических, радио и металлических проводных систем передачи.

Таким образом, для обмена информацией между пользователями, даже в пределах одного населенного пункта, приходится использовать значительное количество различных по принципам построения, архитектуре, требованиям к достоверности передачи информации, частотным полосам систем, что существенно увеличивает стоимость услуги связи и ухудшает ее качество.

Логично предположить, что выход из сложившейся ситуации лежит в повышении однородности телекоммуникационного парка (что достаточно проблематично при архитектуре существующих сетей) и оптимизации места применения каждого из вышеуказанных типов линий с учетом их преимуществ и недостатков [1-5]. Ответы на эти вопросы уже сегодня дает микроволновая фотоника (МВФ), которая представляет собой междисциплинарную область знаний, охватывающую оплотехнику, сверхвысокочастотную (СВЧ) радиоэлектронику и электротехнику. Соответственно, рабочие частоты МВФ должны простирались от менее 1 кГц в радиочастотном диапазоне до сотен терагерц в оптическом диапазоне.

Основными направлениями развития МВФ являются лазерная техника и технологии, оптоинформатика, световая инженерия и оплотехника. За последние 10 лет в 50 раз вырос объем передаваемой в сети информации, 10% всей электроэнергии в мире тратится

на Интернет, к 2020 году скорость передачи информации должна составить 100 Тб/с. Только фотонные технологии смогут справиться с этими вызовами, электроника уже не в состоянии. Динамика роста глобального рынка фотоники уже сейчас составляет 500 млрд. дол., а к 2020 году рынок вырастет до 800 млрд. долларов.

В настоящее время МВФ уже применяются в радиорелейных (РЛ) системах двойного назначения, распределенных сотовых беспроводных и спутниковых сетях, гибридных системах передачи информации. МВФ открывает возможности для расширения функционала СВЧ систем на высоких частотах, а также открывает возможности для соединения их с информационно-коммуникационными системами.

Для того чтобы стать альтернативой электронным компонентам, фотонные блоки должны быть исполнены в виде микрочипов фотонных интегральных схем (ФИС), которые могут применяться в нескольких сегментах: оптическая связь, датчики (включая биосенсоры), оптические межсоединения для центров обработки данных, оптические компьютеры в перспективе.

Основным проблемным вопросом на сегодня является отсутствие оцифровки сигналов в ФИС, что приводит к значительному ухудшению качества сигнала и пока не позволяет быть реализованной технологией в сверхширокополосной связи и радарах высокого разрешения. Таким образом, переход от аналоговых к цифровым сигналам является ключевой задачей МВФ на ближайшую перспективу. В области разработки компонентной базы – разработка микрочипов (ФИС блоков аналого-цифрового преобразования (АЦП) блока дискретизации и блока квантования аналогового сигнала). Необходимость обеспечения максимальной частоты модуляции в радиофотонных компонентах от 20 ГГц до 100 ГГц.

Таким образом:

1. За последние 10 лет в 50 раз вырос объем передаваемой в сети информации, к 2020 году, по оценкам экспертов, скорость передачи информации должна составить 100 Тб/с. Только практическое применение технологий микроволновой фотоники позволяет справиться с этими вызовами практики.

2. Динамика роста глобального рынка фотоники уже сегодня составляет 500 млрд. долларов США, а к 2020 году рынок вырастет до 800 млрд. долларов США, что свидетельствует о высокой интенсивности развития данного сегмента развития телекоммуникационных систем (сетей).

3. Интенсивное развитие радио (микроволновой) фотоники в мире обязывает обратить особое внимание, с целью исключения профессионального отставания в этой области знаний, на своевременную коррекцию учебных планов ИТ - ВУЗов Украины, с включением вопросов, в части касающихся изучения элементной базы, основ проектирования и строительства гибридных систем передачи информации с обязательным учетом необходимых компетенций выпускников.

4. Для повышения профессионального уровня преподавателей Университетов ИТ - направленности целесообразно более активное включение тематик, посвященных рассмотрению и решению проблемных вопросов развития МВФ при написании студентами курсовых, дипломных и диссертационных работ соискателями, а также включение данных вопросов в планы научной и рационализаторской работы учебно-научных (научных) подразделений ВУЗов.

### Список литературы

1. Kim. G. *Hybrid fiber/coaxial-cable networks pass telephony reliability standards. Lightwave, Oct. 1995.*

2. O'Mahony M.J., e.a. *Future optical networks. IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology, 2006, v. 24, No. 12, p. 4684-4696.*

3. Niiho T., Nakaso M., Masuda K., e.a. *Transmission performance of multichannel wireless LAN system based on radio-over-fiber techniques. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 2006, MTT-54, № 2, part 2, p. 980-989.

4. *Distributed antenna system.* / Alan J. Powell, Seale Nr. Farnham – Патент США № 4916460 от 10.04.1990 г.

5. Белкин М.Е., Засовин Э.А. *Разработка аппаратуры многоканальных аналоговых ВОСП для телекоммуникационных и радиолокационных применений. Радиотехника*, 2007, № 9, с. 26-33.

*Дружинин В. А., д.т.н., профессор,  
Кременецкая Я. А., к.т.н., доцент,  
Морозова С. В., ст. преподаватель,  
Жукова Е. Р., ст. преподаватель,*

*Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев*

## **ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ОСВОЕНИЮ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПЯТОГО 5G И СЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ**

*Рассмотрены фундаментальные особенности реализации беспроводных систем пятого и следующих поколений с использованием миллиметрового диапазона и технологий микроволновой фотоники.*

## **THE FUNDAMENTAL APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF MILLIMETER RANGE 5G IMPLEMENTATION OF THE FIFTH AND NEXT-GENERATION WIRELESS SYSTEMS**

*We consider the implementation of the fundamental features of wireless systems of the fifth and future generations, using millimeter-wave and microwave photonics technology.*

Освоение миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов необходимо для увеличения пропускной способности телекоммуникационных систем, так как эти диапазоны содержат потенциальные частотные ресурсы, в сотни раз превышающие используемые сегодня стандартными системами радиосвязи. Однако для освоения этих частот необходимы иные подходы, фундаментально отличающиеся от построения стандартных систем, например в 2,4 и 5 ГГц.

Особенности эти связаны со свойствами распространения:

- плохо дифрагируют по сравнению, например, с дециметровым диапазоном, т.е. энергетические модели распространения рассчитываются только в зоне прямой видимости;
- узконаправленность, возможность формирования луча с углом раскрытия в доли градуса, лучи слабо влияют друг на друга, даже находясь в непосредственной близости (поэтому возможна высокая энергоэффективность, пространственное разделение каналов, миниатюризация антенн и антенных решеток), одновременная передача-прием, упрощенные правила лицензирования и т.д.;
- затухание сигнала в атмосфере (рис.1), диффузионный характер отражения от металлических поверхностей, сооружений, что обеспечивает возможность формирования одночастотных малых сот с передачей конфиденциальной информации;



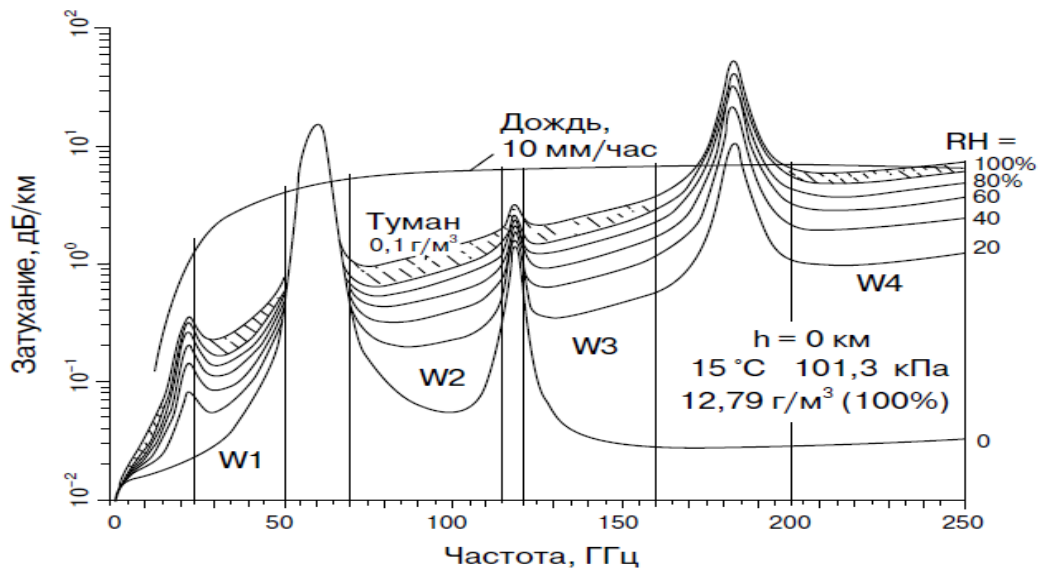


Рис.1. Специфическое атмосферное затухание на уровне моря для различных уровней влажности (RH), включая туман и дождь. W1-W4 – окна прозрачности атмосферы.

- прохождение через пыль, туман, дымовую завесу, через диэлектрики (например, через корпус микросхемы) и другие материалы (этимися особенностями очень заинтересованы в военной технике и медицине, для физико-химического анализа веществ).

Для реализации миллиметрового диапазона волн в 5G и следующих поколениях связи необходимы следующие фундаментальные подходы и их решение:

Особенности формирования и обработки сигналов:

- необходимы оптические и оптоэлектронные средства;
- электронные свойства обработки сигналов имеют физические ограничения, что связано с инерционностью электронных процессов, поэтому для соответствующей скорости передачи сигнала необходима соответствующая скорость обработки сигнала, осуществление которой возможно фотонными методами;

Отличные от электронных устройств фундаментальные свойства:

- фотон – безмассовая элементарная частица, способная существовать только в движении со скоростью света, электрический заряд фотона равен нулю, что обеспечивает повышенное быстродействие до десятков фемтосекунд (если сравнить это время, например, со временем пролета электроном обедненной области).

- фазовая стабильность активных фотонных компонентов и как следствие этого – возможность когерентного приема и обработки сигналов

- широкополосность: расширение мгновенной полосы обработки (сейчас до 2-3 ГГц, в будущем до 10 ГГц):

- повышение скорости и пропускной способности систем обработки.

Приборы и элементы с прямым взаимодействием СВЧ- и оптического излучений:

- оптико-электрический преобразователь (например, полупроводниковый фотодиод);
- электрооптический преобразователь (например, полупроводниковый лазер);
- датчик СВЧ-сигнала с оптическим управлением (например, оптоэлектронный генератор СВЧ-сигналов);
- преобразователь оптического сигнала (например, оптический модулятор, волоконный лазерный усилитель);
- преобразователь СВЧ-сигнала (например, СВЧ-усилитель, коэффициент усиления которого регулируется оптическим сигналом, оптоэлектронная схема задержки, оптоэлектронный смеситель);
- оптический модулятор радиосигнала.

Преимущества радиофотонных технологий, основанные на физических особенностях работы фотонных устройств:

- массогабаритные;
- защита от сильных электропомех и всплесков электроэнергии без экранирования;
- одновременная передача и прием радиосигналов;
- меньший радиочастотный коэффициент шума и фазовый шум;
- низкие частотно-независимые потери.

Направления дальнейших разработок включают: волоконно-эфирные топологии сетей радиосвязи, доставку энергии на антенные облучатели для калибровки антенн и антенных решеток, маршрутизацию и диаграммообразование с задержкой в истинном масштабе времени (true time delay, TTD) в антенных решетках, обработку, фильтрацию, синтез радиосигналов в оптическом диапазоне, оптоэлектронные генераторы для прецизионного формирования радиосигналов, оптические синхрогенераторы, а также повышающие и понижающие преобразователи частоты радиосигналов.

### **Література**

1. Дружинін В.А. *Можливості розширення зони обслуговування та радіочастотного ресурсу в стратосферних системах зв'язку* / В.А. Дружинін, Я.А. Кременецька, О.Р. Жукова // *Телекомунікаційні та інформаційні технології*. – 2016. – № 2. – С. 23-26.
2. *Основы микроволновой фотоники* / Винсент Дж. Урик-мл., Джейсон Д. МакКинни, Кейт Дж. Вильямс; пер. с англ. М.Е. Белкина, И.В. Мельникова, В.П. Яковлева; под ред. С.Ф. Боева, А.С. Сигова. – М.: Техносфера, 2016. – 375 с.

*Жебка В.В., к.т.н.,  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ*

## **МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ**

*Досліджено галузь телекомунікацій – її особливості та основні фактори, що впливають на її розвиток. Проаналізовано технології NGN та FN – визначено їх особливості. В результаті проведеного аналізу, встановлено фактори, які впливають на темпи розвитку галузі телекомунікацій в Україні. Визначено вимоги, які на сьогодні висувуються до визначення показників якості мережі. Запропоновано методики розрахунку показників якості функціонування телекомунікаційної мережі.*

На сьогодні галузь телекомунікацій є однією з високорозвинених галузей економіки. Саме вона вносить вагомий вклад у зростання валового внутрішнього продукту тієї чи іншої країни, визначаючи рівень її конкурентоспроможності. Розвиток галузі тісно пов'язаний із поглибленням процесу глобалізації. З одного боку, поява новітніх телекомунікаційних технологій стала важливим чинником глобалізації, а з іншого – інтеграція світових товарних і фінансових ринків сприяла значному зростанню попиту на послуги зв'язку й припливу фінансових ресурсів у цю сферу.

Основну частку в доходах галузі телекомунікацій займають надання послуг мобільного зв'язку та доступу до Інтернету (зокрема й передавання даних). Очікується, що ця тенденція збережеться й у перспективі.

Незважаючи на високий темп розвитку галузі телекомунікації в Україні, вона поступається своїми темпами у порівнянні з провідними країнами світу. На це впливає ряд таких факторів, як:

- 1) низький рівень державного фінансування інноваційного розвитку і недостатність власних коштів операторів телекомунікацій;
- 2) відсутність науково-методологічної бази формування інноваційної системи сфери телекомунікацій;
- 3) відсутність мотивації вітчизняних операторів до впровадження науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт;
- 4) недосконалість податкового законодавства;
- 5) ослаблення взаємозв'язків науки й виробництва;
- 6) низька інвестиційна активність вітчизняних, закордонних інвесторів;
- 7) відсутність координації дій суб'єктів інноваційної діяльності.

Що стосується безпосередньо мережі, то на сьогодні спостерігається активний перехід від традиційної мережі, з комутацією каналів, до мережі наступного покоління NGN (Next Generation Network), яка ґрунтується на принципі комутації пакетів. В Україні є всі умови для створення мережі NGN. На сьогодні вказана мережа втілюється у вигляді фрагментів, введених в звичайну мережу, тобто реалізується шляхом вкраплення. А в період до 2020 роки планується перехід до технології FN (Future Networks), яка базується на основі технології NGN і є її продовженням та вдосконаленням.

Головні вимоги, які на сьогодні висувуються до визначення показників якості мережі є наступні:

1. При визначенні показників якості, випробування (спостереження) проводити таку кількість разів, яка забезпечить обрану відносну точність з рівнем довіри 95%.
2. Обчислення показників якості здійснюють за формулами визначеними Стандартом організації України «Телекомунікаційні мережі рухомого (мобільного) зв'язку

загального користування. Телекомунікаційні послуги. Показники якості. Методи випробування».

3. Врахування впливу на показники якості коливання трафіку.

З метою формування поквартальної статистики на основі отриманих даних розраховують тижневу та місячну статистику за формулою:

$$S_{res} = \frac{\sum N_i \cdot S_i}{\sum N_i},$$

де:  $S_{res}$  – результуюче значення показника якості за звітний період;  $S_i$  – значення показника якості за проміжний період;  $N_i$  – кількість проміжних періодів.

Аналогічним методом (за допомогою середнього арифметичного) рахують середнє значення показників якості мережі по певній території та по території України загалом на основі зведених показників якості по областям. В результаті отримане значення не відображає реального стану мережі.

В результаті проведення дослідження було запропоновано наступну методики розрахунку показників якості функціонування телекомунікаційної мережі:

1. Визначення періоду  $t$ , протягом якого буде здійснюватися вимірювання показників якості мережі та який забезпечить відносну точність з рівнем довіри 95%.

2. Розрахунок рівня якості мережі  $R_j$ :

- визначення фактичного значення  $r_i$ ;
- визначення максимального значення  $r_{i\max}$ ;
- визначення рівня впливу на якість  $q_i$ ;
- визначення відношення фактичного значення до максимального;
- визначення результуючого значення показник рівня якості  $R_j$ :

$$R_j = \sum_{i=1}^n \frac{r_i}{r_{i\max}} \cdot q_i, \quad j = \overline{1, m}.$$

3. Знаходження результуючого значення показника якості по певній території.

4. 
$$K_l = \frac{\sum_{j=1}^m k_j \cdot R_j}{\sum_{j=1}^m R_j}, \quad l = \overline{1, 3},$$

де  $k_j$  - фактичний показник якості мережі.

5. Обчислення середнього квадратичного відхилення проміжних значень показників якості від результуючого значення.

$$\sigma(K_l) = \sqrt{D(K_l)} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (k_j - K_l)^2}{m}}.$$

Отже, що стосується галузі телекомунікацій, то в Україні вказана галузь має високі темпи розвитку та становить значну частину у складі ВВП країни, хоча вказані темпи є меншими ніж в розвинених країнах світу. На це впливає ряд факторів, які при бажанні можуть бути вирішені.

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В СЕТИ 5G**

*Рассмотрены возможные новые сервисы в сетях 5G. Приведены результаты в области беспроводных технологий, обработки данных, помехоустойчивого кодирования. Показано перспективные направления развития технологий обработки данных.*

**B. Yu. Zhurakovskiy**

### **ENSURE THE RELIABILITY OF INFORMATION TRANSFER IN THE 5G NETWORKS**

*The possible new services in 5G networks. The results in the field of wireless technology, data processing, error-correcting coding. Displaying perspective directions of development of data processing technology*

С момента появления и до сегодняшнего дня сети мобильной связи прошли большой путь развития; появились новые типы пользовательских устройств – смартфоны и планшеты. Возможности, которые открывают мобильные технологии сегодня, уже давно вышли за рамки голосовых услуг, создавая новые способы общения, обмена данными и бизнес-модели. Распространение устройств привело к экспоненциальному росту трафика в сетях по всему миру. Однако это только начало той революции, которой способствует активное развитие технологий, соединяющих общество. С развитием мобильных сетей и их адаптацией к новым типам устройств и услуг – от интеллектуальных электросчетчиков, автомобилей и подключенных бытовых приборов до промышленных объектов – к ним выдвигаются новые и самые разнообразные требования.

Информационно-коммуникационные технологии стремительно эволюционируют, что, в первую очередь, связано с быстрым изменением предъявляемых к ним функциональных требований. Так, еще четверть века назад для решения большинства актуальных в то время задач было достаточно только проводных сетей передачи информации, соединяющих стационарные компьютеры. На рубеже тысячелетий в связи с потребностью людей иметь доступ в интернет всегда и везде (концепция *Access Anytime and Anywhere*) развитие получили беспроводные сети. В настоящее время мы наблюдаем зарождение Интернета вещей (*Internet of Things, IoT*) – экосистемы миллиардов (а по некоторым оценкам и триллионов) автономных устройств, взаимодействующих друг с другом: датчиков, контроллеров, роботов, бытовой техники, автомобилей, станков и т. д. Таким образом, будущий Интернет соединит людей и "вещи", превращаясь в Интернет Всего.

Технологии продолжают свое развитие в направлении к более высокой производительности и всё большему числу возможностей. В дополнение к существующим технологиям радиодоступа, появятся также новые технологии, которые позволят решать те задачи, которые решить с помощью 3G/4G невозможно. Прозрачная интеграция существующих и новых технологий будет способствовать повышению качества пользовательского опыта и появлению целого ряда новых услуг. В долгосрочной перспективе такого развития появится то, что называется 5G, т.е. набор органически интегрированных технологий радиодоступа.

По прогнозам Gartner, в 2016 году будет насчитываться около 6,4 млрд подключенных к сетям вещей

Ожидается, что сети 5G позволят подключать множество устройств, способных устанавливать миллиарды соединений, за счет чего станет возможно создавать новые сервисы в:

- секторе информационных технологий,
- автомобильной отрасли,

- индустрии развлечений,
- образовании,
- сельском хозяйстве и многих других.

За счет сетей пятого поколения также можно будет улучшить качество использования уже существующих сервисов, где задействованы большие объемы трафика.

В проектах «умных городов» 5G позволит в режиме реального времени передавать информацию с гораздо большего числа сенсоров на различных объектах. Можно будет развернуть тысячу сенсоров вместо сотни, для обслуживания которых будет достаточно меньшего количества базовых станций, чем при существующих ныне сетях. Это могут быть, например, сенсоры мониторинга состояния объектов ЖКХ, сенсоры «умного освещения» или сенсоры звука.

Новые сервисы с использованием 5G могут быть реализованы и в медицине. Например, для организации удаленного мониторинга состояния пациентов. Врач сможет оперативно получать информацию со специальных сенсоров и следить за состоянием пациентов круглые сутки.

Благодаря очень низким задержкам передачи данных 5G также откроет больше возможностей для удаленного проведения операций с использованием робота.

Низкая задержка данных, которую способны обеспечить сети нового поколения, важна и для развертывания «умных» сетей электропередач. Использование датчиков позволит мгновенно обнаруживать повреждения на линии электропередач и блокировать распространение последствий повреждения дальше по линии. Таким образом, повреждение затронет меньшее число потребителей электроэнергии.

Самоуправляемые транспортные средства – еще одна область, реализация которой потребует сетей связи нового поколения. Автомобили можно будет оснастить сенсорами, считывающими всевозможную информацию о дорожной обстановке: ближайших транспортных средствах, погодных условиях, состоянии асфальта, дорожных знаках и др. На основе этих данных управление поездкой можно осуществлять в автоматическом режиме.

По сетям 5G автомобили смогут обмениваться данными между собой и принимать мгновенные решения, что делать в той или иной ситуации на основе информации, полученной от других транспортных средств на дороге. В сетях 4G реализовать такой сервис невозможно, поскольку задержка сигнала слишком велика, чтобы управлять автомобилем в режиме реального времени.

В июне 2016 года ABI Research опубликовала прогноз, согласно которому к 2025 году около 67 млн автомобилей будут использовать сервисы 5G.

По мнению ряда экспертов, которые в 2014 году приводило издание *CNews*, сети 5G будут «устройство-ориентированными», а не «сота-ориентированными». Иными словами, понятие «сотовой связи» более не будет применимо.

В сетях 5G устройства будут обмениваться множественными потоками информации одновременно с узлами различных типов, задачей которых в конкретный момент времени будет обслуживание именно этого устройства.

Практическое развитие этой концепции во многом определяется развитием технологий беспроводных сетей, которые уже сегодня сталкиваются с целым рядом проблем: экспоненциальным ростом объема трафика; ростом числа устройств и плотности беспроводных сетей; бурным развитием нового типа коммуникаций между автономными системами, вовлекающим в сетевое взаимодействие физические объекты и производственные процессы. Развитие этих технологий, в свою очередь, невозможно без существенного продвижения в области теории кодирования, создания новых сигнально-кодовых конструкций, методов множественного доступа, теории и практики надежной доставки данных в многошаговых беспроводных сетях (mesh-сетях), методов математического моделирования и оценки производительности беспроводных сетей и их протоколов.

Актуальные вопросы развития сетей пост – NGN. Услуги и качество обслуживания.  
Планирование и оптимизация сетей мобильной связи

Связь со спутниковыми сетями и системами, сенсорные сети, биомедицина, автомобили – все это предполагает скоростную обработку и широкополосную передачу данных с высокой достоверностью. Для этого используют много разных методов, в том числе помехоустойчивое кодирование.

Таблица 1

Код	Наличие рекомендаций международных организаций	Ошибки			
		независимые		пакеты	
		выявляемые	исправляемые	выявляемые	исправляемые
Корреляционный		+		+	
Инверсный	+	+		+	
Хемминга	+	+	+		
Голея		+	+		
Рида-Малера		+	+		
Итеративный	+	+	+	+	
БЧХ	+	+	+	+	+
Мажоритарный	+	+	+	+	
Файра				+	+
Абрамсона				+	+
Миласа-Абрамсона				+	+
Обобщенный код Хемминга	+	+	+		
Рида-Соломона	+	+	+	+	+
Компаундный	+	+	+	+	+
Плоткина		+	+		
Цепной	+			+	+
Сверточный				+	+

Коды, исправляющие ошибки, могут исправлять ошибки, веса которых численно не превышает 20-25% длины кодовой комбинации. Наиболее вероятны ошибки с весом, близким к 50% длины кодовой комбинации. Поэтому при необходимости исправления используются те способы, которые позволяют отделить проверочные импульсы от информационных на время, превышающее вероятную длину пачки ошибок.

Одним из основных факторов, без которых невозможно сделать верный выбор кода, является характер распределения ошибок в канале связи.

В таблице 2 представлено сравнение помехоустойчивых кодов и их корректирующих способностей. Самыми перспективными являются коды исправляющие пачки ошибок: Рида-Соломона, Файра, сверточные.

Вероятность ошибочного приема переданной кодовой комбинации

$$P_{ош} = 1 - P_{пр} , \quad (1)$$

где  $P_{пр}$  - вероятность правильного приема кодовой комбинации.

Вероятность  $P_{ош}$  в свою очередь будет определяться вероятностью невыявленных ошибок  $P_{но}$ , вероятностью выявленных ошибок  $P_{во}$ , и вероятностью исправленных ошибок  $P_{ио}$ .

Таблица 2.

Вероятность искажения одного элемента в канале	Кратность ошибки	Рекомендованный код для защиты информации	Коэффициент увеличения информационного массива (при $k=8$ )
$1 \cdot 10^{-6}$	1	Хемминга (d=3)	1,50
		Циклический (d=3)	1,50
$0,5 \cdot 10^{-5}$	1	Хемминга (d=3)	1,50
		Циклический (d=3)	1,50
$1 \cdot 10^{-5}$	1	Хемминга (d=3)	1,50
		Циклический (d=3)	1,50
$0,5 \cdot 10^{-4}$	1	Хемминга (d=3)	1,50
		Циклический (d=3)	1,50
	2	Систематический (d=5)	2,25
		БЧХ (d=5)	2,58
$1 \cdot 10^{-4}$	1	Хемминга (d=3)	1,50
		Циклический (d=3)	1,50
	2	Систематический (d=5)	2,25
		БЧХ (d=5)	2,58
$0,5 \cdot 10^{-3}$	1	Хемминга (d=3)	1,50
		Циклический (d=3)	1,50
	2	Систематический (d=5)	2,00
		БЧХ (d=5)	1,84
$1 \cdot 10^{-3}$	1	Хемминга (d=3)	1,50
		Циклический (d=3)	1,50
	2	Систематический (d=5)	2,25
		БЧХ (d=5)	2,58
$0,5 \cdot 10^{-2}$	2	Систематический (d=5)	2,25
		Файра (d=5)	1,19
		БЧХ (d=5)	2,58
	3	БЧХ (d=7)	3,87
Файра (d=7)		1,39	
		Обобщенный Хемминга Рида-Соломона	1,87 2,37

Эффективность исправления  $\eta$ , или коэффициент повышения достоверности, определяем как коэффициент уменьшения вероятности ошибки в результате использования способности кода исправлять ошибки:

$$\eta = \frac{P_{ош}}{P_{ош} - \sum_{i=1}^{t_k} P_{исп.i}} \quad (2)$$

где  $t_k$  – кратность ошибки в кодовой комбинации.

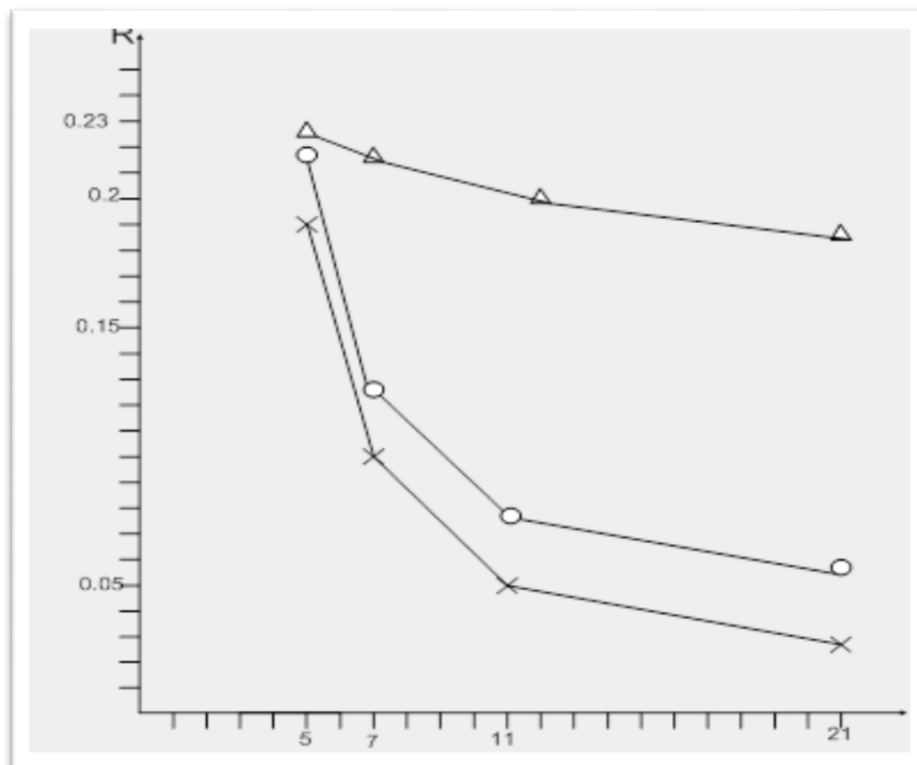
Но более объективной оценкой будет эквивалентная эффективность исправления, которая учитывает информативность кодовой комбинации и скорость кода, т. е.

$$\eta_s = \frac{k}{n} \frac{P_{ош}}{P_{ош} - \sum_{i=1}^{t_k} P_{исп.i}}$$

Невзирая на все преимущества помехоустойчивого кодирования, все же одним из его недостатков является увеличение информационного массива. Коэффициент увеличения информационного массива зависит от вероятности искажения одного элемента в канале и кратности ошибки. Наименьший коэффициент увеличения информационного массива дает код Файра при довольно высокой исправляющей способности.

Эффективность двоичных кодов исправляющих ошибки приведена на рисунках.





- - Код Ріда-Соломона
- × - Код Файра
- △ - Код БЧХ

Рис. 1. Зависимость коэффициента избыточности кода от кодового расстояния

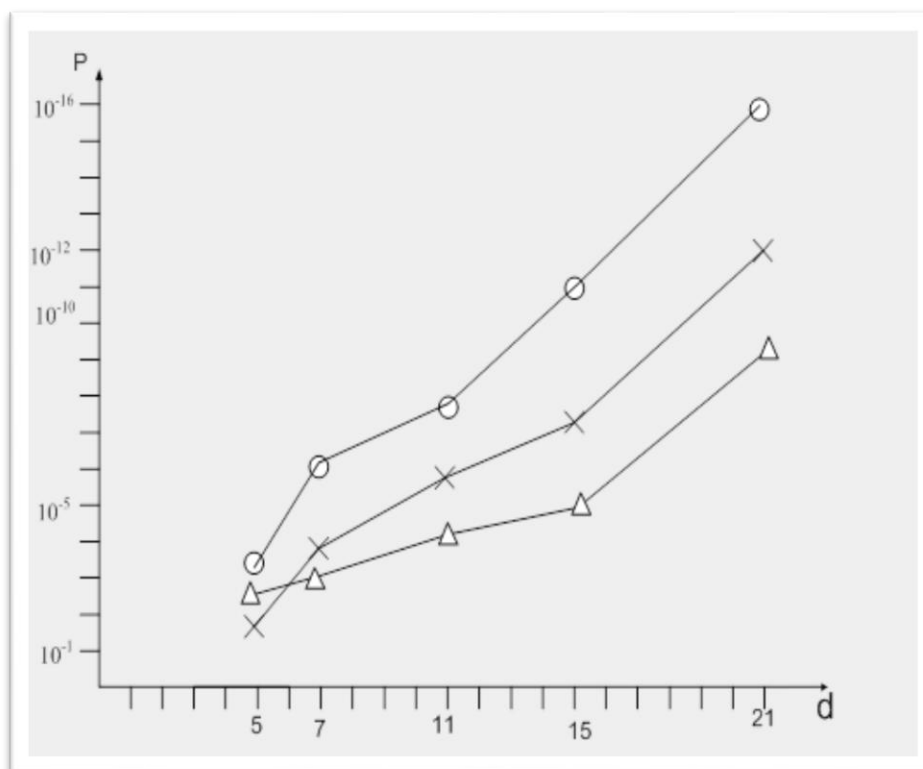


Рис. 2. Зависимость вероятности невыявленной ошибки от кодового расстояния

Коэффициент повышения достоверности, определяем как коэффициент уменьшения вероятности ошибки в результате использования способности кода исправлять ошибки. Зависимость коэффициента избыточности кода и вероятности невыявленной ошибки от кодового расстояния. Наименьшую избыточность обеспечивает код Файра. Код Рида-Соломона обеспечивает меньшую вероятность неисправленной ошибки, в отличии от кода БЧХ и Файра при одном и том же кодовом расстоянии.

## ВЫВОДЫ

1. Предполагается, что первые коммерческие 5G-сети заработают в 2020 году. Для них определена максимальная скорость передачи данных — 10 Гбит/с. Такие системы приведут к появлению видеослужб нового поколения, а также инновационных приложений, работающих в реальном времени.

2. Для воплощения идеи о неограниченном доступе к информации пользователям должны быть доступны скорости передачи данных, измеряемые в сотнях Мбит/с,. Кроме того, в целях обеспечения «гигабитных» скоростей, необходимых для работы приложений виртуальной или дополненной реальности, нужно будет и далее сокращать время отклика до нескольких миллисекунд.

3. Рост числа подключенных устройств будет сопровождаться появлением новых способов их применения, что приведет к возникновению новых требований к сетям, варьирующихся в зависимости от устройства и от конкретной цели использования.

4. Достичь таких технических показателей передачи информации возможно только при условии использования эффективных способов обработки передаваемой информации, таких как помехоустойчивое кодирование и методы сжатия.

**Література:**

1. Жураковський Б.Ю. Використання критерію ефективності для підвищення вірогідності передавання повідомлень / Жураковський Б.Ю. // Зв'язок №4, 2011 р. – С.54-55.
2. Жураковський Б.Ю. Підвищення ефективності захисту інформації від помилок в інформаційних мережах / Жураковський Б.Ю. // Зв'язок №1, 2013 р. – С.19-22.
3. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития./ И.А. Генко, В.Ф. Олейник, Ю.Д. Чайка, А.В. Бондаренко. К.:ЭКМО,2009.-672 с.
4. Розподілені сервіси телекомунікаційних мереж та повсюдний комп'ютинг і CLOUD-технології / А.О. Лунтовський, М.М. Климаш, А.І. Семенко.-Львів, 2012.-368 с.

*Зінченко О.В., к.т.н., доцент,  
Державний університет телекомунікацій  
Гладких В.М., к.т.н., доцент,  
Одеська національна академія зв'язку імені О. С. Попова*

## **ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОТОКОЛУ HTTP/2 В МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ**

*Розглядаються питання продуктивності протоколу HTTP/2. Проведено аналіз роботи протоколу з різноманітним наповненням Web-сторінок, а саме: якщо Web-сторінки склалися з невеликої кількості великих об'єктів, з відносно великої кількості об'єктів невеликого і середнього розміру та Web-сторінок, які склалися з безлічі (більше 150) дрібних об'єктів невеликого розміру.*

Специфікація першої версії протоколу HTTP 1.0 (RFC 1945) була випущена в 1996 році. Завдання, які передбачалося вирішувати були цілком конкретні і прості – передача даних у вигляді гіпертекстових документів у форматі HTML. Проте практика показала, що протокол HTTP використовується для передачі найрізноманітніших даних. На сьогоднішній день більшість додатків використовують протокол HTTP 1.1, специфікація якого (RFC 2616) була випущена в 1999 році.

Протоколу HTTP 1.1 властиві певні недоліки: чутливість до затримок, блокування початку черги (head-of-line blocking, HOL), обов'язкове додавання заголовка до кожного запиту.

Для вирішення цих і інших проблем, на базі протоколу SPDY (розроблений компанією Google) була розроблена специфікація RFC 7540[1], яка дістала назву HTTP/2.

HTTP/2 реалізує інший підхід для усунення блокування HOL і, отже, для зменшення часу завантаження Web сторінки (page load times, PLT). Цей протокол використовує тільки одне TCP з'єднання для обміну даними, з'єднуючі усі запити і відгуки через мультиплексування і чергування.

Попередні дослідження показали, як поліпшення так і погіршення PLTs, при використанні другої версії протоколу HTTP [2]. Розбіжності з приводу продуктивності цього протоколу мотивують подальші дослідження для відповіді на запитання - за яких умов HTTP/2 приносить вигоду в продуктивності.

Для вивчення продуктивності протоколу HTTP/2 в мобільних мережах була створена імітаційна модель з параметрами близькими до параметрів роботи реальної мережі. Так тривалість з'єднання складала 1,6 - 2,4 сек., загальне число TCP сегментів - 25, об'єм інформації, що передається між клієнтами і в середньому складав в середньому 15 Кб.

Попередні результати дослідження показують:

- якщо Web-сторінки склалися з невеликої кількості великих об'єктів, протокол HTTP/2 не зменшує, а значно збільшує PLTs, в порівнянні з протоколом HTTP1.1;
- якщо Web-сторінки склалися з відносно великої кількості об'єктів невеликого і середнього розміру, протокол HTTP/2 перевершує HTTP1.1. Проте, із зростанням кількості втрачених пакетів продуктивність протокол HTTP/2 значно зменшується (зростає PLTs);
- якщо Web-сторінки склалися з безлічі (більше 150) дрібних об'єктів невеликого розміру, протокол HTTP/2 переверщує HTTP1.1, за винятком сценаріїв з високим рівнем втрат пакетів.

### **Література**

1. M. Belshe, R. Peon and E.M. Thomson. Hypertext Transfer Protocol Version 2 (HTTP/2), RFC 7540, May 2015.
2. M. Varvello, K. Schomp, D. Naylor, J. Blackburn, Alessandro, Finamore and K. Papagiannaki. Is The Web HTTP/2 Yet? In Passive and Active Measurements Conference (PAM), Mar. 2016.

*Казачінер К.А., студент,  
Кравчук С.О., д.т.н.,  
НТУУ «КПІ» Інститут Телекомунікаційних систем  
м.Київ*

## **ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ МЕРЕЖЕВИХ ФУНКЦІЙ У 5G МЕРЕЖАХ**

*Досліджено можливість підвищення потенціалу мобільних систем 5G шляхом застосування віртуалізації мережевих функцій, зокрема, можливість таких функцій адресувати критичні зміни до мережі 5G через сервіс абстракції віртуалізованих обчислень, зберігання даних і мережних ресурсів. Розглянуто використання VNF (функцій віртуалізації мережі), що надає змогу зменшити кількість обчислюваної інформації та оптимізувати витрати на розгортання мережі. Представлено вирішення основних проблем пов'язаних із використанням віртуалізації у мережах 5G.*

На даний час найбільш значущою тенденцією в галузі створення безпроводових мереж стала розробка систем мобільного зв'язку 5G [1]. Останні статистичні дані показують, що рівень проникнення мобільного зв'язку безпроводового широкосмугового доступу перевищив проводові фіксовані широкосмугові мережі доступу [3]. Крім цього, останні досягнення в області безпроводового зв'язку надають можливості обробки вузлів мереж зв'язку, щоб забезпечити підтримку в спектрі нових мультимедійних застосувань і гарантованих безпроводових послуг. Основна мета даної роботи полягає у дослідженні потенціалу віртуалізації мережевих функцій NFV (Network Functions Virtual) для підвищення функціональної, архітектурної і комерційної життєздатності радіодоступу в системах 5G, в тому числі, підвищення ступеня автоматизації, операційної маневреності, а також зниження капітальних витрат при розгортанні таких мереж.

Велика група компаній і організацій зі стандартизації проводили наукові дослідження і розробки NFV-парадигм, щоб поліпшити вартісну ефективності, гнучість та гарантії виконання стільникових мереж в цілому. У NFV постачальники реалізують мережеві функції програмних компонентів, які називають Virtual Network Functions (VNFs). VNF розгорнуті на високому рівні серверів або хмарної інфраструктури замість спеціалізованих апаратних засобів. Наприклад, NFV об'єднує сигнальну обробку ресурсів в хмарній інфраструктурі, а не з використанням спеціалізованих блоків обробки даних (BBUS0) на кожному рівні. Таке об'єднання ресурсів зменшує кількість обчислюваної і службової інформації сигналізації, оптимізує витрати, і підвищує гнучкість таким чином, що постачальник послуг активує конкретний ресурс обробки сигналів тільки для деяких терміналів в мережі в цілому, а не всі ресурси на кожному рівні.

Застосування NFV може подолати деякі проблеми 5G по:

- 1) оптимізації розподілу ресурсів резервування VNFs вартості і енергоефективності;
- 2) мобілізації і масштабування VNF від одного апаратного ресурсу до іншого;
- 3) забезпеченні виконання гарантій VNF операцій, в тому числі максимального зменшення швидкості максимальної затримки і незапланованої втрати пакетів;
- 4) забезпечення співіснування VNF з невіртуалізованими мережевими функціями.

На відміну від інших робіт [2] по застосуванню NFV і SDN (Software Defined Networks) технологій в 5G мережах, віртуалізація мережевих рівнів спрямована на реалізацію фреймворку NFV, який відповідає технологічним вимогам мережі радіодоступу 5G RAN. Це дозволяє виконувати кілька складних функцій 5G при згладжуванні його співіснування з іншими технологіями. Також треба відмітити ефективність NFV в зниженні капітальних витрат (CAPEX) і оперативних витрат (OPEX) на рівні радіодоступу 5G.

Відповідно до даної ідеї, NFV дозволяє операторам розгортати мережні рішення (DPI, NAT, Firewall і т.д.) як програмні застосування, а не як окремі мережеві пристрої.

Роботу застосувань NFV і сама реалізація віртуальних функцій можна використовувати на високопродуктивних мережних платформах і серверах, розташованих в центрах обробки даних, мережних вузлах і обладнанні клієнтів. Важливим позитивним фактором розвитку NFV є зниження залежності оператора від вузькоспеціалізованих мережних пристроїв на користь програмних інструментів, що радикально знижує операційні витрати на підтримку всього життєвого циклу мережних послуг.

Також до переваг віртуалізації в мобільних мережах можна віднести і зниження собівартості, більш ефективне використання ресурсів, доступність сервісів для користувачів і більш гнучка керуваність мережі, що реагує на мінливі потреби клієнтів.

Мінуси пов'язані з розумінням складності промислової реалізації, а саме: забезпечення прозорості віртуальних сервісів для послуг споживачів, моніторинг, тестування, діагностика та відновлення, намагання розділити трафік управління даними від користувачів і втримати показники якості обслуговування та виконання процесів.

Оскільки мобільність продовжує розвиватися і доступ до комп'ютерних хмарних технологій повсюдний, мобільні користувачі очікують отримати високу надійність в будь-якому місці і в будь-який час з'єднання до послуг, що забезпечується безпроводовими технологіями. Необхідність розвитку новітніх безпроводових мереж в напрямку підтримки надійності і ефективності більш широкого діапазону мереж, мультимедійних послуг і застосувань стає критичною вимогою для безпроводових мереж наступного покоління. Усвідомлюючи нові тенденції в області безпроводових послуг і застосувань, основна увага приділяється вивченню потенціалу NFV для вирішення проблем разом з критичними конструктивними вимогами 5G [4]. Зауважимо, щоб застосувати NFV-підходи, необхідні додаткова обробка смуги та управління ресурсами радіозв'язку в 5G, які мають бути гнучкі та економічно ефективні. NFV природно успадковує ці методи від віртуалізації, хмарних обчислень і SDN-парадигм. Нові виклики, пов'язані з мережею операторського класу функцій, повинні бути вирішені. З цією метою в роботі розглядаються критичні проблеми, в тому числі необхідність дотримуватися чіткої обробки в реальному масштабі часу, підтримка програмних даних, досягнення ефективного управління на місцевому та глобальному рівнях.

## Література

1. Казачінер К.А., Кравчук С.О. Підтримка мобільності в гетерогенних мережах широкосмугового доступу // Матер. 10-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Проблеми телекомунікацій”, 19–22 квітня, 2016 р. – К.: Хімджест, 2016. – С. 284-286.
2. N. Cvijetic, A. Tanaka, K. Kanonakis, and T. Wang. Sdn-controlled topology-reconfigurable optical mobile fronthaul architecture for bidirectional comp and low latency inter-cell d2d in the 5g mobile era. *Optics express*, 22(17):20809–20815, 2014.
3. R. Guerzoni, R. Trivisonno and D. Soldani. Sdn-based architecture and procedures for 5g networks. In *5G for Ubiquitous Connectivity (5GU), 2014 1st International Conference on*, pages 209–214. IEEE, 2014.
4. J.G. Andrews, S. Buzzi, W. Choi, S. Hanly, A. Lozano, A. C. Soong and J.C. Zhang. What will 5g be? *IEEE Journal on, Selected Areas in Communications*, 32(6):1065–1082, 2014.

*Касім А.М., к.т.н.,  
Інститут кібернетики  
імені В.М. Глушкова НАН України,  
м. Київ  
Касім М.М., аспірант,  
НУБіП України, м. Київ*

## **МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗДРОТОВИХ ВИСОКОШВИДКІСНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ НОВОГО ПОКОЛІННЯ У ВИСОКОТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ**

*Розглянуто етапи розвитку та ключові досягнення мобільних технологій бездротового зв'язку. Наведено можливі результати застосування бездротових швидкісних мереж в області високоточного землеробства. Показано перспективні напрямки розвитку мобільних додатків для аграріїв.*

За Україною закріпилась слава аграрної держави. Для підтримки агропромислового розвитку як країни в цілому, так і окремих регіонів, господарств необхідне впровадження сучасних передових технологій – ІТ, космічних, точного землеробства. Основною ідеєю точного землеробства є обробіток ґрунту з урахуванням неоднорідностей кожної ділянки поля, що дозволяє за умови належного моніторингу поліпшити її ефективність та отримати більший врожай. Цей підхід вже довів свою результативність і рентабельність в інших країнах світу – США, Великобританії, Німеччині тощо. Агроземлеробства, які використовують технологію високоточного землеробства, змогли суттєво зменшити витрати ресурсів і втрати врожаю.

Сьогодні аграрії за допомогою спеціальних програмно-технічних систем та супутникових технологій [1] мають можливість відслідковувати, як працюють комбайни на полі, скільки зібрано зерна, який урожай окремої ділянки. Єдине, що залишається поза межами контролю – це диференційоване внесення гербіцидів, оскільки воно пов'язане із людським фактором і вимагає ретельного підходу. Перед сучасним фермером постають завдання спостереження великих площ сільськогосподарських полів з метою визначення стану ґрунту, посівів, рівня врожайності, управління сільськогосподарською технікою та постійного контролю перебігу агротехнологічних операцій на кожному полі.

Розв'язання поставлених задач потребує збору, обробки, передачі, аналізу і відображення величезних масивів різномірних даних у режимі реального часу. Однак відсутність доступного швидкісного Інтернет-зв'язку гальмує створення ефективних програмно-апаратних систем реального часу, орієнтованих на дану предметну область, які б забезпечували швидку передачу даних від підконтрольного об'єкта у диспетчерський центр.

Концепція високоточного землеробства може існувати лише за умов наявності і активного залучення бездротових високошвидкісних мереж передачі даних нового покоління, зокрема 3G, 4G і в перспективі 5G. У сільському господарстві вихід на новий рівень зв'язку допоможе забезпечити оперативний контроль за всіма процесами виробництва у галузі рослинництва, під час посіву чи жнив; надасть нові можливості щодо кращого вирощування та виведення нових сортів рослин, гібридів; дозволить у короткий термін та з урахуванням ряду нюансів перевірити стійкість цих сортів до хвороб; покращить проведення лабораторних досліджень аналізу ґрунту, листової діагностики; підніме на новий рівень систему захисту рослин.

Варто зазначити, що бездротові системи рухомого зв'язку, табл. 1, пройшли шлях від 1-го покоління 1G (NMT) до нинішнього 4-го покоління 4G (LTE), досягнувши швидкості передачі вхідної інформації до 1 Гбіт/с. Причому високі досягнення сучасних систем отримано завдяки використанню багатопозиційних сигналів та надзвичайно ефективних схем мультиплексування технологій OFDM і MIMO. Основною перевагою 4G є швидкість, що

перевищує показники 3G у сотні разів. На відміну від попередника, мережі четвертого покоління не використовують канал для передачі голосу, а працюють тільки з цифровими даними. Це означає, що сто відсотків їх пропускної здатності використовується виключно для послуг передачі даних.

Крім того, у ряді країн вже активно починають працювати над створенням бездротових мереж зв'язку п'ятого покоління. Мобільні мережі 5G обіцяють в десятки разів більшу пропускну здатність. Для високошвидкісної передачі даних пропонується використовувати міліметровий діапазон радіохвиль із частотою від 30 до 300 ГГц. Теоретично мобільні мережі п'ятого покоління дозволять передавати інформацію зі швидкістю до 10 Гбіт/с, що задовольнить будь-які сучасні потреби із завантаження контенту великого об'єму.

З огляду на те, що швидкість – це ключова перевага бездротових високошвидкісних мереж передачі даних нового покоління і в той же час одна з головних вимог до програмних систем для високоточного землеробства, вважається доцільним створення на базі доступних мереж нового покоління мобільних додатків, спроможних врятувати аграріїв при розв'язанні низки прикладних задач.

Таблиця 1

Еволюція поколінь мобільних бездротових мереж

Покоління мережі	Стандарти	Базові характеристики	Діапазон швидкостей передачі даних у мережі
1G	AMPS, TACS, NMT	Аналогові дані, голосові повідомлення	1,9 Кбіт/с
2G	TDMA, CDMA, GSM, PDC	Цифрові дані, передача голосу, підтримка SMS (коротких текстових повідомлень), пакетна передача даних, повільний Інтернет	від 9,6 Кбіт/с до 384 Кбіт/с (після модернізації)
2,5G	GPRS, EDGE (2.75G), 1xRTT	Інтернет, обмін медіаповідомленнями, пакетна передача даних [2, 3]	на 1й фазі – 115 Кбіт/с, на другій – 384 Кбіт/с
3G	WCDMA, CDMA2000, UMTS	Перша широкосмугова мережа, підтримка передачі відеопотоків, вільна передача даних (мультимедіа, текст), Інтернет	від 2 Мбіт/с до 14 Мбіт/с
3,5G	HSPA, HSDPA, HSPA+ (3.75G)	Підвищена швидкість для вхідного і вихідного трафіку Інтернет	від 14 Мбіт/с до 42 Мбіт/с
4G	WiMAX, LTE	Протокол на базі IP, орієнтація на передачу масивних об'ємів інформації, реальна широкосмугова мобільна мережа	від 100 Мбіт/с до 1 Гбіт/с

При цьому спектр задач значно розшириться, якщо в таких мобільних додатках передбачити можливість взаємодії з GPS-системою, яка дозволяє з достатньою точністю визначати місце розташування підконтрольних об'єктів, та геоінформаційною системою, яка відображає, де ґрунт найбільш вологий, де сталася ерозія та характеристики стану інших об'єктів, що в поточний час цікавлять користувача [4].

Інший варіант організації програмно-технічних систем для диспетчерського центру, на який покладаються задачі управління технікою та контролю палива, супутникового моніторингу стану посівів, вбачається у наступному. Дані, які надходять з різноманітних джерел, включаючи окремі датчики стану або сенсорні мережі, аеро-, супутникові знімки, підлягають фільтрації, обробці та відправленню на виділений сервер для зберігання та подальшого використання користувачами різних категорій. Для забезпечення режиму реального часу вказана інформація має передаватися виділеними каналами швидкісного зв'язку, що зменшить ризик її запізнення.

Таким чином, можна зробити висновок, що аграрний сектор – це та галузь, яка отримає найбільші вигоди від появи програмних систем на базі доступного швидкісного мобільного



Інтернету: аграрії зможуть у будь-якій точці своїх виробничих потужностей з більшою точністю і оперативністю отримувати дані стосовно ситуації на полях та прогнозувати важливі процеси. В свою чергу, отримання в он-лайн режимі, навіть з найвіддаленіших полів, значимої інформації для підвищення продуктивності земельних ресурсів дасть можливість зменшити витрати на логістику, обробку полів тощо. Як результат – підвищення ефективності бізнес-процесу аграрія, зростання прибутків, модернізація виробництва та головне – збільшення врожайності полів.

### Література

1. Касім М.М. Алгоритмічні методи підвищення точності визначення просторово-часових координат мобільних агрегатів в системах цифрового землеробства / М.М. Касім, А.М. Касім // Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві та природокористуванні'2016: збірник матеріалів IV Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 23-24 червня 2016). – Немішаєве: НМЦ «Немішаєве», 2016. – С. 58-60.
2. Бирюков Н.Л., Триска Н.Р., Касім А.М. Метрики оцінки статистик стабільності мереж тактової синхронізації з пакетною передачею повідомлень // Проблеми телекомунікацій: збірник матеріалів IX Міжнародної науково-технічної конференції (Київ, 21-24 квітня 2015). – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – С.122-124.
3. Касім А.М. Інтегрована інформаційна технологія підтримки прийняття рішень з управління рухомими об'єктами різного просторового базування / А.М. Касім, М.М. Касім // VIII міжнародна школа-семінар "Теорія прийняття рішень" (26 вересня – 1 жовтня 2016 р., м. Ужгород, Україна). – Ужгород: УжНУ, 2016. – С.134-136.
4. Касім А.М. Трирівнева архітектура web-базованої геоінформаційної системи відображення різнотипних рухомих об'єктів / А.М. Касім, М.М. Касім // Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій: тези доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції (21–23 вересня 2016 р., м. Запоріжжя). – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – С. 149-151.

*Катков Ю. І., к.т.н., доцент.,  
Серих С. О., к.т.н.  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ*

## **АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ МЕРЕЖ 5G ВІДНОСНО ВИМОГ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ**

В статті розглянути питання потрібної якості послуг та обслуговування в мережах 5G відносно проблеми контролю (моніторингу) соціальних мереж.

Сутність проблематики контролю (моніторингу) соціальних мереж у тому, що якість послуг та обслуговування в мережах є основним фактором отримання інформації про події в соціальних об'єктах (мережах) шляхом моніторингу в них інформації. Зрозуміло, що для роботи технологій моніторингу таких соціальних об'єктів потрібно мати якість послуг та обслуговування не менш чим для цих самих соціальних об'єктів. Моніторинг таких соціальних об'єктів потрібний для запобігання критичних ситуацій в соціальних об'єктах (виявлення передумови виникнення критичних ситуацій в системі взаємопов'язаних соціальних груп під час впливу на них різноманітних подій і (або) слабких керуючих впливів). Для цього за допомогою моніторингу соціальних об'єктів необхідно знаходити гарантовані оцінки основних показників (трендів розвитку подій) за результатами випробувань і (або) моніторингу відносно визначених соціальних об'єктів або їх груп за рахунок наявності інформації про оцінку різноманітних подій в соціальних мережах. Таки оцінки робляться спеціальними інформаційними технологіями, які дозволяють з початку виконувати випробування і (або) моніторинг ситуацій (подій), потім проводить математичне модулювання процесу виявлення критичних ситуацій у заданій системі соціальних об'єктів із критичною інфраструктурою шляхом визначення наслідків можливих слабких керуючих впливів на кожну соціальну групу із заданої множини груп і на кінці надавати у текстовому, графічному або табличному вигляду результати аналітичного дослідження отриманих гарантованих оцінок з метою виявлення умов існування загроз та точок зміни трендів розвитку подій.

Створення таких спеціальних інформаційних технологій є предметом інтенсивних досліджень у провідних країнах світу, але без необхідної якості послуг та обслуговування в мережах робота цих технологій не можлива. Звідси розгляд питання аналізу якості послуг та обслуговування в перспективних мобільних бездротових мережах 5G є своєчасним та актуальним тому, що одним з основних аспектів, який повинен братися до уваги при проектуванні мереж 5G, є забезпечення якості обслуговування різних типів трафіку в пакетних мережах.

Аналіз соціальних мереж вказує, що якості послуг та обслуговування в них залежить від умов комерційне використання перспективних мобільних бездротових мережах 5G соціальними об'єктами, а саме від специфіки:

*1. впровадження мереж 5G.* На даний момент в світі існує три покоління мобільного зв'язку, четверте покоління мобільного зв'язку інтенсивне впроваджується на основі різноманітних версій технології LTE. Однак, згідно з умовним правилом «десяти років» (кожне нове покоління мобільного зв'язку з'являлося приблизно через 10 років після появи попереднього), перші мережі 5G з'являться приблизно в 2020 році, якщо вважати, що перше покоління з'явилося на початку 80- років. Вже зараз відомі приклади, що для мережі 5G в даний час ведуться роботи по розробці концепції майбутнього стандарту п'ятого покоління. Саме тому консорціум 3GPP поки не дає точного визначення мережових характеристик стандарту 5G, але можна лише передбачити, якими стануть мережі 5G після 2020 року. Такими передбаченнями вважається, що відмінною рисою комерційної експлуатації мережі 5G буде висока швидкість передачі даних при безпроводовому з'єднанні, передача даних без

спотворень і висока якість сигналу. Наприклад, користувач може: завантажити повнометражний HD-DVD фільм протягом декількох секунд; він отримує можливість дивитися 3D відео; брати участь в мережевих онлайн-іграх з високою роздільною здатністю, мати швидкісний безпроводовий доступ. Якщо говорити про теперішньому моменті часу, то подібну можливість дають виключно стаціонарні пристрої при застосуванні технологій xPON або FTTx. Також передбаченнями вважається (і напевно найголовніше), крім високої швидкості передачі даних мережа 5G буде відрізнятися від існуючих диференційованим підходом до різних видів пристроїв, тобто можливістю обслуговування самих різних видів мобільних пристроїв: смартфонів, планшетів, відеокамер спостереження, автономних сенсорів та інших пристроїв «розумного будинку» в бездротовому підключенні в будь-якому місці доступу до мережі 5G.

2. *пакетних мереж при проектуванні мереж 5G.* Сьогодні визначення якості обслуговування як процесу оцінки мережевих характеристик для задоволення вимог користувачів щодо якості доставки пакетів різних видів трафіку мережею є суб'єктивним і базується на методі експертних оцінок (априорі неможливо абсолютно гарантувати, що при проектуванні мережі будуть закладені мережеві характеристики, які дозволяють однозначно забезпечити необхідну якість). Тому можна прогнозувати кілька специфічних особливостей пакетних мереж для мережі 5G. По-перше, специфіка пакетних мереж полягає в тому, що вони мають розвинені механізми забезпечення якості (QoS - Quality of Service), використання яких дозволяє впливати на надання послуг зв'язку в процесі експлуатації мереж. По-друге, специфіка пакетних мереж полягає в тому, що кожен з типів трафіку (мова, дані, відео) характеризується низкою критичних і некритичних параметрів як відсотки числа втрачених пакетів. Тому для передачі кожного типу трафіку через пакетні мережі вводяться кількісні характеристики для 4-х класів обслуговування QoS (вищій, високий, середній і доступний) послуг телефонії, за допомогою яких можливо оцінити якість надання послуги в пакетній мережі. По-третє, вже зараз можна стверджувати, що в майбутньому до мережі 5G буде підключено набагато більше мобільних пристроїв, більшість з яких будуть працювати за принципом «завжди онлайн». При цьому дуже важливим параметром цих пристроїв буде низьке енергоспоживання, високі вимоги до швидкості підключення до мережі (за оцінками фахівців, швидкості підключення повинні бути, як мінімум, на порядок вище, ніж в мережах четвертого покоління).

3. *оцінки якості послуг, що будуть найбільш привабливими для користувачів мережі 5G.* Аналіз вимог існуючих соціальних мереж вказує, що для користувачів важливо: доступ до сторінок веб-сайтів; обмін повідомленнями з використанням різноманітних месенджерів; доступ до хмарних баз даних та файлових архівів; інтерактивний обмін за допомогою IP-телефонії; потокове відео; інтернет речей (IoT), додатки критичних завдань (mission-critical). Відомо, що якість обслуговування QoS цих послуг визначається такими показниками: продуктивністю, надійністю, сумісністю, керованістю, захищеністю, розширюваністю і масштабованістю. За рахунок механізмів QoS можна управляти розподілом наявної пропускної здатності відповідно до вимог додатків, що було підтверджено під час тестування базових сценаріїв застосування мереж 5G експериментами, в результаті яких вдалося досягти наступних показників, передбачених Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ), а саме:

- eMBB (enhanced Mobile BroadBand) - швидкість 20 Гб Канал / с;
- uRLLC (ultra-Reliable Low Latency Communication) - затримка передачі даних 1 мс;
- mMTC (Massive Machine-Type Communications) - можливість мільярдів з'єднань;
- Narrow-Band IoT - надання значної масштабованості;
- Multi-hop - створення значного числа транзитів;
- ймовірність втрати пакетів менше 0.5%.

4. *застосування в 5G стандартів існуючих технологій на основі принципу мульти-технологічності (підтримка існуючих стандартів):*

- технологій безпроводового доступу, таких як GSM, UMTS, LTE, Wi-Fi, WiMAX, RAT. Базові станції, що працюють за технологією Wi-Fi або Wimax, можуть використовуватися для розвантаження трафіку в особливо завантажених місцях.
- технології MIMO  $n \times n$ , де  $n > 2$ . Ця технологія має відразу два вагомих аргументів для застосування: а) швидкість передачі даних зростає практично пропорційно кількості антен, б) якість сигналу поліпшується за рахунок прийому сигналу відразу декількома антенами.
- технології D2D (Device-to-device). D2D дозволяє пристроям, що знаходяться неподалік один від одного, обмінюватися даними безпосередньо, без участі мережі 5G, але через ядро мережі 5G, через яке буде проходити сигнальний трафік. Перевагою такої технології є можливість перенесення передачі даних в неліцензованому частині спектра, що дозволить додатково розвантажувати мережу і створювати можливості для зародження нових послуг типу кластерного обслуговування.
- технології F-OFDM (фільтроване OFDM), тобто мультиплексування, в основу якого покладено ортогональний поділ частот каналів при наявності фільтрації поза смугових випромінювань.

### Література:

1. *Mobile and wireless communications Enablers for the 2020 Information Society. EU FP7 ICT-317669-METIS //www.metis2020.com*
2. *Niri S.G. Towards 5G // LTE World Summit-2013.*
3. *Hardouin E. 5G: an operator's perspective // LTE World Summit-2013.* 7. *Osseiran A. The 5G Mobile and Wireless Communications: Challenges and Scenarios // LTE World Summit-2013.*

*Кірільєвнн О.М., к.т.н., доцент,  
Кирпач Л.А., к.т.н., доцент,  
Срібна І.М., к.т.н., доцент,  
Державний університет телекомунікацій, м. Київ*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЕНТРОПІЇ АДАПТИВНОЇ РАДІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ВНУТРІШНЬОСИСТЕМНІЙ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

*Розглянута метрика ентропії по Шенону, модифікована до рішення задачі оцінювання інформаційних можливостей адаптивної радіотехнічної системи в умовах внутрішньосистемної невизначеності. Показаний додаток інформаційної ентропії як інструменту узагальненого представлення відомих критеріїв адаптивної обробки сигналів при внутрішньосистемних збуреннях параметричного вектору системи.*

*O. Kirilevnnin,  
L. Kyrpach,  
I. Sribna*

## **RESEARCH OF INFORMATIONAL ENTROPY OF ADAPTIVE RADIOTECHNICAL SYSTEM IS AT INTRASYSTEM VAGUENESS**

*Considered birth-certificate of entropy on Shenon, modified to the decision of task of evaluation of informative possibilities of the adaptive radiotechnical system in the conditions of intrasystem vagueness. Shown addition of informational entropy as to the instrument of the generalized presentation of the known criteria of adaptive treatment of signals at intrasystem indignations of self-reactance vector of the system.*

Передумовами внутрішньосистемної невизначеності в адаптивних РТС є ресурсні обмеження, пов'язані з існуванням внутрішніх шумів системи, обмеженою точністю обчислень, що проводяться, неадекватністю прямих і зворотних перетворень спостережуваних реалізацій, відсутністю ізоморфізму в реальній системі та ін. [1-4].

Результати проведених досліджень указують на об'єктивно існуючі тенденції по подоланню внутрішньосистемної невизначеності в завданнях синтезу адаптивних РТС і робастних алгоритмах обробки сигналів, а також за оцінкою впливу внутрішньосистемних збурень на інформаційні можливості адаптивних систем.

Завдання дослідження інформаційних можливостей адаптивної РТС в умовах внутрішньосистемної невизначеності зводиться до визначення апостеріорної ентропії  $H^*$  багатовимірного випадкового процесу і незалежно від природи його походження. Метрика ентропії по Шенону [13], модифікована до рішення задачі оцінювання інформаційних можливостей будь-якої адаптивної радіотехнічної системи зводиться до обчислення різниці ентропій на її виході

$$\Delta[W(S), W(U)] = H[W(U)] - H[W(U)/W(S)],$$

де  $W(U)$  - результат адаптивної обробки вхідного гаусівського процесу і по алгоритму  $W^*$ ,  $H[W(U)]$  - ентропія процесу  $W(U)$  на виході адаптивної системи,  $H[W(U)/W(S)]$  - умовна (апостеріорна) ентропія вихідного процесу  $W(U)$  за наявності корисного сигналу, заданого комплексним вектором  $S$ .

У загальному випадку, адаптація РТС передбачає таке перетворення вектору спостереження  $W(U)$ , при якому досягається екстремум необхідного критерію оптимальності  $Q[W(U)]$ .

Визначена теоретична межа узагальненої оцінки інформаційних можливостей адаптивної РТС довільної розмірності, коли шум з фіксованим значенням середньої потужності володіє найбільшою ентропією. Моделювання отриманих виразів дозволило

оцінити інформаційні втрати в  $N$ - мірній системі для різних умов сигнально-перешкодової обстановки.

Досліджена інформаційна ентропія для відомих критеріїв оптимальної обробки сигналів в умовах внутрішньосистемної невизначеності, виходячи з мінімуму інформаційних втрат в адаптивній радіотехнічній системі.

Конкретизація отриманих результатів в залежності від необхідного критерію оптимальності дозволяє розглядати ці критерії, виходячи з міри їх чутливості до рівня внутрішньосистемних збурень.

На практиці це дозволяє:

по-перше, порівняти між собою різні критерії оптимальності за їх чутливістю до рівня внутрішньосистемних збурень;

по-друге, оцінити для кожного критерію критичний рівень внутрішньосистемних збурень, при якому інформаційні втрати в адаптивній системі будуть допустимими.

### *Література*

1. Репин В.Г. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем / В.Г. Репин, Г.П. Тартаковский. – М.: Сов. радио, 1977. – 404 с.
2. Монзиго Р.А. Адаптивные антенные решетки. Введение в теорию / Р. А. Монзиго, Т.У. Миллер: пер. с англ. под ред. В.А. Лексаченко. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.
3. Адаптивные фильтры / П. М. Грант, К. Ф. Н. Коуэн, Б. Фридлендер, [и др.]: под ред. К. Ф. Н. Коуэна, П.М. Гранта; пер. с англ. Н.Н. Лихацкой. – М.: Мир, 1988. – 392 с.
4. Вершик А.М. Динамическая теория роста в группах: энтропия, границы, примеры // УМН. – 2000. – Т.55., – Вып. 4. – С.59-128.

*Козелков С.В., д.т.н., профессор,  
Государственный университет  
телекоммуникаций,  
г. Киев*

## **СОЗДАНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ 4G И 5G**

На сегодня спутниковая связь представляет собой наиболее коммерциализованный космический сектор с использованием наземного приема. Традиционно «Телекоммуникации» касаются двух фундаментально отличных концепций с операционной точки зрения, хотя обе две требуют использование радиочастот (или, что не относится, как правило, к спутниковой связи, кабелей и проводов), технически-операционные сети между ними зачастую являются «размытыми», и, как следствие, их не всегда принимают за разными по природе: двухсторонняя связь «точка-точка» (традиционно телефон, телефакс, телеграф и т.д.) и односторонняя многоточечная связь («трансляция», что включает в себя радио и телевидение) соответственно. Последнее является предметом регулирования отдельными правилами.

При этом, спутниковая связь воспринимается как простое использование радиосигналов для общения в обе две стороны с разными объектами в космическом пространстве – это спутники дистанционного зондирования Земли, зондов дальнего космоса или пилотируемые космических аппаратов, а также, спутниковая связь с использованием специально сконструированных спутников как части инфраструктуры для передачи сообщений.

После основополагающей статьи сэра Артура Кларка в 1945 году про космические ретрансляторы, стало понятно, что в теории спутники, находящиеся на околоземной орбите, могут быть очень перспективным дополнением к существующим сетям беспроводной связи, которые используют радиочастоты. При этом возникает компромисс между орбитальным положением спутников и операционными вопросами, которые предполагают передачу радиосигналов на спутник (Земля-спутник), обеспечения смены частот и усиление сигналов на ретрансляторах, а потом повторной передачи сигналов вниз до разных точек на земной поверхности Земли (спутник-Земля).

Международный союз электросвязи, как основной законодатель отрасли, определил девять частотных диапазонов в соответствии со своим Регламентом и Двенадцать частотных диапазонов в соответствии со стандартом ИТТЕ 521-2002. При этом определены космические услуги возможным потребителям.

Таким образом, появляется возможность создания не только перспективной сети мобильной связи с использованием спутникового сегмента, но и использование орбитального построения космических аппаратов для создания глобальной информационной сети технологий 4G и 5G.

Учитывая главные принципы и подходы к 5G определены ключевые решения и потенциальные технологические компоненты 5G.

В настоящее время стремительно развивается мировой спутниковый рынок. Особенно в направлении использования наноспутников в качестве транспортной среды. Классификация космических аппаратов (КА) этой среды по их весовым характеристикам представлена на, учитывая целевые затраты на создание КА различных классов. Преимущества спутниковой наносреды представлены на.

Особый интерес для обеспечения глобального характера информационной сети 5G представляет построение спутниковых систем по типам и классификациям орбит и выбора высот орбит для низкоорбитального построения.

Учитывая расчет орбитальных групп результат расчета требуемого числа КА представлен на.

**Актуальные вопросы развития сетей пост – NGN. Услуги и качество обслуживания.**  
**Планирование и оптимизация сетей мобильной связи**

Учитывая, используемые радиочастоты в технологиях 4G и 5G, особо остро возникает вопрос влияния среды распространения радиоволн на помехоустойчивость радиосигналов в соответствии с разработанной классификацией (Таблица 1).

В качестве одного из примеров решения вопроса повышения помехоустойчивости информационной сети 5G предлагается разработанный демодулятор сигналов, использующий анализатор величины дисперсии фазы, определяемый влиянием частотно-зависимой средой распространения радиоволн.

На представлена технико-экономическая оценка предложенного способа повышения помехоустойчивости радиосигналов информационной сети 5G.

Таким образом, обосновано создание глобальной информационной сети технологии 4G и 5G с примерами ее практической реализации.

*Таблица 1*

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование физ. эффекта</b>	<b>Причины возникновения физического эффекта</b>	<b>Характер влияния на качество связи</b>
1.1	Затухание сигналов	а) молекулярное затухание в “спокойной” тропосфере; б) затухание в гидрометрах	Снижение энергетического потенциала То же
1.2	Рассеяние сигналов	а) рассеяние в гидрометрах; б) турбулентное рассеяние	То же
1.3	Рефракция радиоволн	а) регулярная рефракция б) флуктуация коэффициента преломления	То же
1.4	Мерцания (сцилляции амплитуды и фазы) сигналов	а) мерцание вследствие рефракции радиоволн; б) мерцание в турбулентностях; в) мерцание в водных или льдосодержащих облаках.	То же
1.5	Доплеровские искажения (смещение и деформации спектра) сигналов	Вариации коэффициента преломления волн в среде распространения	То же
1.6	Снижение пространственной и поляризационной избирательности антенн	Возрастание ошибок и потерь наведения антенн	То же
1.7	Уменьшение эффективного коэффициента усиления антенн	а) флуктуации угла прихода волны б) нарушение когерентности (фазовой декорреляции) сигналов по апертуре из-за фазовой дисперсии траекторий лучей	То же



Актуальные вопросы развития сетей пост – NGN. Услуги и качество обслуживания.  
Планирование и оптимизация сетей мобильной связи

№ п/п	Наименование физ. эффекта	Причины возникновения физического эффекта	Характер влияния на качество связи
1.8	Излучение (шум) тропосферы	а) излучение “спокойной” тропосферы б) излучение гидрометеоров в) излучение турбулентностей	Появление дополнительной помехи и искажений
1.9	Дифракция радиоволн	Дифракция на рельефе местности	То же
1.10	Образование тропосферных волноводных каналов	а) приемные “волноводы”; б) приподнятые “волноводы”	
1.11	Деполяризация радиоволн	а) деполяризация в гидрометеорах; б) деполяризация в турбулентных образованиях; в) деполяризация вследствие фарадеевских вращений; г) деполяризация в водных или льдосодержащих облаках; д) деполяризация вследствие многолучевого распространения;	
1.12	Возрастание уровня внутри-межканальных помех	а) снижение пространственной и поляризационной избирательности антенн; б) образование пространственных волноводных каналов; в) дифракция на рельефе местности.	
1.13	Многолучевое распространение	а) дискретная многолучевость (счетное множество).	Ограничение максимальной скорости лучей
1.14	Дисперсионные свойства тропосферы	а) амплитудная дисперсия вследствие неравномерного затухания в полосе частот сигнала; б) амплитудно-фазовая дисперсия в турбулентных образованиях	То же
1.15	Возрастание уровня искажений сигналов	Увеличение потерь при оптимальной обработке сигналов вследствие ограничения полосы и радиуса когерентного тропосферного канала	

*Козелкова К.С. д.т.н., профессор,  
Гаврилко Е.В., д.т.н., СИС,  
Бойко И.А.,  
Панкратова О.С.,  
Государственный университет телекоммуникаций,  
г. Киев*

## **ПСЕВДОСПУТНИКОВАЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОБИЛЬНАЯ СВЯЗЬ "5G" БЫСТРОГО РАЗВЕРТЫВАНИЯ**

*Изложены основные аспекты создания телекоммуникационной системы мобильной связи "5G" быстрого развертывания на базе группировки псевдоспутников, которая в отличии от существующих систем малых космических аппаратов способна решать задачи обеспечения локального района мобильной связью "5G".*

Среди современных средств телекоммуникаций наиболее активно развиваются сети мобильной связи. В них достаточно успешно решается задача рационального использования выделенной полосы частот путем обработки сигналов, благодаря чему увеличивается пропускная способность телекоммуникационных сетей. Наряду с этим имеется много технических и организационных проблем, поскольку потребности в скоростях передачи данных возросли многократно, а свободных радиочастотных ресурсов не хватает.

Потребители таких высокоскоростных каналов или каналов передачи данных сегодня не только люди, но и самые различные средства и устройства – от устройств умного дома до средств сбора, обработки и передачи данных специального назначения. Для решения проблематики такого характера призвана мобильная связь стандарта 5G[1]. Мировой опыт развития мобильной связи показывает, что основным направлением развития есть создание постоянных или оперативных «оазисов скоростного интернета 5G».

В Государственном университете телекоммуникаций разработана теория построения спутниковых телекоммуникационных систем мобильная связь стандарта 5G на основе применения группировок малых космических аппаратов (МКА) [2,3]. Однако развертывание такой группировки для построения сетей передачи данных на короткое время является дорогостоящим проектом.

Предлагаем рассмотреть возможность создания псевдоспутниковой телекоммуникационной системы мобильной связи "5G" быстрого развертывания.

Опираясь на уже существующие разработки, авторы предлагают свой подход относительно построения псевдоспутниковой телекоммуникационной системы мобильной связи с технологией "5G" быстрого развертывания. В 2016 году было приведено описание инфраструктуры сети. Указанная сеть будет представлять собой не что иное, как локальную защищенную унифицированную широкополосную сеть передачи данных.

Как нами планируется, на базе данного решения сможет предлагать на рынке связи:

- виртуальные сети;
- виртуальные локальные корпоративные сети;
- защищенные беспроводные службы данных;
- мобильные облачные компьютерные технологии.

Сеть будет состоять из 4-6 основополагающих элементов:

- универсальных трансляторов;
- существующей стационарной транспортной сети;
- транспортная сеть на базе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА);
- транспортная сеть на базе группировки дирижаблей;
- транспортная сеть на базе группировки аэростатов;

- наземный комплекс управления и обеспечения группировки транспортной сети.

Предлагаемые решения предназначены для создания окружения, в которых устройства взаимодействуют друг с другом в едином пространстве без вмешательства человека и без использования телекоммуникационного или Интернет-соединения, лишь по принципу поверх Wi-Fi. Мобильная сеть "5G" будет сочетать системы передачи голоса, видео, данных на основе IP и Wi-Fi, а также искусственного интеллекта «машина-машина». Предполагается, что решению будут присущи защищенность, скоростная и сетевая гибкость, устойчивость. Предлагается обеспечить систему с помощью собственного программного обеспечения, которое выступает в роли автономного "универсального транслятора" между машинами.

Локальную сеть быстрого развертывания "5G" предлагается реализовать на основе "транспортной" группы трансляторов (на пример дирижаблей плюс БПЛА, их количество может быть весьма значительным). Группировка обеспечит локальное покрытие новой высокоскоростной сети для современных телекоммуникаций. По нашему мнению позволят осуществить переход от сетей 3G сразу к сетям "5G", основанным одновременно на нескольких передовых технологиях.

Что касается транспортной среды, то существует следующая классификация: БПЛА, дирижабли, аэростаты. Группировка транспортной сети из БПЛА, дирижаблей и/или аэростатов должна быть рассчитана, исходя из требования к сети. В Государственном университете телекоммуникаций существует научная школа по этому направлению.

Подводя итоги, можно утверждать, что применение псевдоспутниковой телекоммуникационной системы мобильной связи "5G" быстрого развертывания для решения задач создания локальных «оазисов» 5G есть перспективным направлением исследований.

По своим характеристикам способна в короткое время решить задачу обеспечения выбранных районов высокоскоростной связью. Такие исследования могут стать полезными в рамках подготовки к проведению крупных государственных, спортивных, культурных мероприятий. Например проведение в Киеве финальной части «Евровидения-2017», организация мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и военного характера и др.

## Литература

1. Мобильная связь 5G на базе наноспутников / [Электронный ресурс]: А. Голышко, Б. Павлов, А. Козлова / [http://www.tssonline .ru/articles2/ sputnik/ mobiljnaya- svyazj- 5g-na-baze-nanosputnikov/](http://www.tssonline.ru/articles2/sputnik/mobiljnaya-svyazj-5g-na-baze-nanosputnikov/)статья.

2. Козелкова Е.С. Методика повышения качества моделирования многоспутниковой низкоорбитальной экологической системы дистанционного зондирования Земли: Монография. – К.: ЦНИИ НиУ, 2005. – 120 с.

3. Гаврилко Є.В. Розробка методики побудови мережевої системи супутникової екологічної телекомунікаційної системи дистанційного моніторингу Землі / Є.В.Гаврилко // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – К: ДУТ. – 2016. – № 1 – С. 56-60.

*Кокотов О.В., к.т.н., доцент,  
ДП «Український державний центр радіочастот»,  
м. Київ, Україна*

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕМС РЕЗ ЦИФРОВОГО НАЗЕМНОГО ТЕЛЕВІЗІЙНОГО МОВЛЕННЯ З РЕЗ РУХОМОГО ЗВ'ЯЗКУ ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛІННЯ В СМУЗІ РАДІОЧАСТОТ 470 – 862 МГц**

*Наступним етапом розвитку мобільного зв'язку в Україні є впровадження радіотехнології четвертого покоління LTE з одночасною експлуатацією мереж GSM та UMTS, що викликає дефіцит радіочастотного ресурсу. Одним з шляхів подолання цієї проблеми є прийняте європейськими країнами рішення про використання мережами мобільного зв'язку діапазонів радіочастот першого і другого цифрових дивідендів. В доповіді розглянуті механізми завадового впливу між РЕЗ LTE та ЦНТВМ. Надані рекомендації щодо забезпечення ЕМС РЕЗ стандартів DVB-T та DVB-T2 з РЕЗ LTE.*

*Oleg Kokotov, Ph.D., associate professor,  
State Enterprise "Ukrainian State Centre of Radio Frequencies",  
Kyiv, Ukraine*

## **ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION AND 4G MOBILE COMMUNICATIONS IN THE 470 – 862 MHz FREQUENCY BAND**

*The next stage of mobile communication development in Ukraine is the 4G introduction. The GSM, UMTS and LTE simultaneous operation results to the radio frequency resource shortage. One of the way to overcome this problem is to use the radio frequency bands of the first and the second digital dividend for mobile communication networks, as in European countries. The report considers the mechanisms of interference influence between the LTE and DTT REFs. Also, the report represents the recommendations ensuring the EMC of DVB-T and DVB-T2 with LTE.*

Смуга радіочастот 790 - 862 МГц є гармонізованою смугою радіочастот, яка розподілена WRC-07 для мереж мобільного стільникового зв'язку ІМТ (як правило, LTE800) у Регіоні 1. Ця смуга радіочастот є прилеглою до смуг радіочастот, які в найближчий перспективі будуть зайняті ЦНТВМ стандартів DVB-T та DVB-T2. Частотний план для LTE800 був розроблений СЕРТ [1,2,3] для двох парних смуг радіочастот 2 x 30 МГц з дуплексним інтервалом 11 МГц, він заснований на блоках розміром 5 МГц і має зворотний напрямок дуплексу (низхідна лінія FDD починається з 791 МГц, а висхідна лінія зв'язку FDD починається з 832 МГц), це дозволяє розгортання LTE FDD блоками по 5 МГц або по 10 МГц. Для отримання частотного плану з блоками по 10 МГц, блоки по 5 МГц мають бути об'єднані попарно.

Частотним планом передбачена захисна смуга шириною 1 МГц між верхньою межею 60 телевізійного каналу (ТВК) ЦНТВМ і першим блоком радіочастот низхідної лінії зв'язку базової станції LTE. Завдяки невеликому захисному інтервалу та враховуючи те що між трансляцією ЦНТВМ і експлуатацією мобільних мереж стільникового зв'язку є суттєві відмінності, існують деякі сценарії завадового впливу. Це необхідно враховувати для того щоб забезпечити електромагнітну сумісність між стільниковим зв'язком та ЦНТВМ.

Сценарії завадового впливу можуть бути описані наступним чином:

- Вплив ЦНТВМ на мобільну мережу, в цьому сценарії співіснування РЕЗ ЦНТВМ може діяти як джерело завад для LTE. В залежності від частоти, може відбуватися вплив на приймач терміналу користувача LTE.

- Вплив LTE на ЦНТВМ може відбуватися за наступними сценаріями:

у 59 - 60 ТВК за рахунок позасмугових випромінювань передавачів БС LTE800 [4];

у 57 - 60 ТВК блокування вхідних ланцюгів приймача DVB-T/T2 за рахунок сильного сигналу передавачів БС LTE800 при перевищенні захисних відношень сигнал/завада для ЦНТВМ;

у верхніх ТВК від сигналу на дзеркальній частоті термінального обладнання LTE800;

блокування вхідних ланцюгів приймача DVB-T/T2 через сильний сигнал термінального обладнання LTE800.

Механізми завадового впливу, які описані вище, є наслідком характеристик приймачів, передавачів і обраного СЕРТ частотного плану FDD з вузькою захисною смугою між LTE800 та ЦНТВМ. Проблеми завадового впливу будуть особливо відчутні на краю зон обслуговування передавачів ЦНТВМ у верхніх 57 - 60 ТВК, при цьому 60 ТВК буде особливо вразливим від радіозавад з боку LTE800.

Для зменшення завадового впливу пропонується ряд рішень:

1) Використання смугових фільтрів з високою крутизною в передавачах БС LTE800 для забезпечення додаткового захисту. Цей варіант доцільно використовувати в останню чергу, коли інші методи не дають результат.

2) Обмеження ЕІВП базових станцій, зони обслуговування яких перетинаються з зонами покриття РЕЗ ЦНТВМ, що працюють на 60 ТВК. Як правило, цей спосіб доцільно використовувати в тих областях, де виявлено, що конкретна БС LTE800 (або тільки один з її секторів) викликають завадовий вплив на велику кількість приймачів ЦНТВМ.

3) Вибір поляризації антени передавачів БС LTE протилежної до тієї, що використовують передавачі ЦНТВМ 59 - 60 ТВК, якщо їхні зони обслуговування перетинаються.

4) Перенаправлення антени приймача ЦНТВМ на альтернативний найближчий РЕЗ DVB-T/T2, там де охоплення території ЦНТВМ це дозволяє.

5) Використання направлених антен для прийому DVB-T/T2 радіосигналу. Ефективність застосування цього способу залежить від частотних характеристик приймальної антени та її діаграми направленості. При завадовому впливі на приймач ЦНТВМ, в першу чергу, треба спробувати дещо змінити кут напрямку антени ЦНТВМ, що може привести до зниження рівня приймаемого завадового радіосигналу від БС LTE800 і, таким чином, поліпшити умови для прийому DVB-T/T2 радіосигналу.

6) Усунення завад за рахунок спільного використання сайту (антенної щогли) для передачі радіосигналу ЦНТВМ та радіосигналу БС LTE800, тим самим гарантуючи, що різниця між бюджетами радіолінії ЦНТВМ і LTE800 у приймачу DVB-T/T2 буде падати в межах, які визначені захисними співвідношеннями. Це дозволить усунути ефект від того що різниця між радіосигналами БС та ЦНТВМ буде менше захисного відношення за рахунок того, що РЕЗ ЦНТВМ розташований на більшій відстані ніж БС.

7) Використання відповідного попереднього підсилювача радіосигналу DVB-T/T2. Попередні підсилювачі повинні розташовуватися якомога ближче до антени (краще безпосередньо на антені), щоб виключити можливість виникнення додаткового шуму, спричиненого з'єднувальними елементами між антеною та підсилювачем.

8) Усунення радіозавад, які проникають на вхід приймача ЦНТВМ через елементи антенного спуску.

9) Розгляд альтернативних частотних планів для діапазону LTE800. Наприклад, частотний план СЕРТ для TDD [3] дозволить забезпечити більший захисний інтервал між мобільною і радіомовною службами. Це дозволило б спростити проектування фільтрів, які можуть або бути модернізовані, або в конструкції приймачів ЦНТВМ, щоб дозволити розв'язати між собою приймачі ЦНТВМ і передавальне обладнання LTE800.

10) Одним з ефективних шляхів вирішення проблем з завадовим впливом на ЦНТВМ від LTE800 є скорочення робочого діапазону приймачів ЦНТВМ з 470 - 862 МГц до 470 - 790 МГц.

### **Література**

1. *CEPT Report 30 “The identification of common and minimal (least restrictive) technical conditions for 790 - 862 MHz for the digital dividend in the European Union”, 30 October 2009.*
2. *CEPT Report 31 “Frequency (channelling) arrangements for the 790-862 MHz band” (Task 2 of the 2nd Mandate to CEPT on the digital dividend), 30 October 2009.*
3. *ECC Decision of 30 October 2009 on harmonised conditions for Mobile/Fixed Communications Networks (MFCN) operating in the band 790-862 MHz.*
4. *Commission decision of 6 May 2010 on harmonised technical conditions of use in the 790-862 MHz frequency band for terrestrial systems capable of providing electronic communications services in the European (2010/267/EU).*

**Корсун В.І., генеральный директор,**  
ДП «Український державний центр радіочастот»,  
м. Київ

## **ЧАСТОТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА РОЗВИТКУ МЕРЕЖ ШИРОКОСМУГОВОГО РУХОМОГО ЗВ'ЯЗКУ В УКРАЇНІ**

*Впровадження та розвиток мереж широкосмугового рухомого зв'язку є надійною основою динамічного розвитку економіки держави. Розглядаються проблемні питання впровадження і розвитку широкосмугового рухомого зв'язку 3-го і 4-го поколінь, практичний досвід УДЦР у вирішенні завдання частотного забезпечення нових технологій зв'язку в Україні.*

**Volodymyr Korsun, Director General,**  
SE Ukrainian State Centre of Radio Frequencies,  
Kyiv

## **FREQUENCY SUPPORT TO IMPLEMENTATION AND DEVELOPMENT OF MOBILE BROADBAND COMMUNICATION NETWORK IN UKRAINE**

*Implementation and development of the mobile broadband networks is a reliable basis for the dynamic development of the state economy. The report includes the consideration of the problematic issues of implementation and development of 3rd and 4th generations' broadband mobile communication, the practical experience of the UCRF in solving the problem of frequency support for new communication technologies in Ukraine.*

У завданнях керівництва країни щодо реформування економіки держави, впровадженню нових технологій зв'язку надається особливе значення. Так, директивними документами керівництва України першорядними розглядаються прискорення розвитку широкосмугового рухомого зв'язку 3-го покоління на основі технології UMTS і впровадження широкосмугового рухомого зв'язку 4-го покоління на основі технології LTE. Серед аспектів впровадження мереж широкосмугового рухомого зв'язку частотне забезпечення займає головне місце і, в більшій частині, таким, що визначає доступність радіочастотного ресурсу (РЧР) до ліцензування та можливість забезпечення швидкого і ефективного розвитку мереж широкосмугового рухомого зв'язку. Однак, саме частотне забезпечення стає головною перешкодою для успішного впровадження і розвитку мереж зв'язку нових радіотехнологій в Україні. Розподіл і фактичне використання смуг частот, історично встановлене в Україні, не відповідає сучасному розподілу РЧР, прийнятому в Європі і виділеного для широкосмугового рухомого доступу на основі технологій міжнародного рухомого зв'язку ІМТ на глобальному рівні.

Подолання такої невідповідності можливе за умови поступового вирівнювання розподілів шляхом конверсії РЧР і впровадження нових технологій на місце звільнених частот відповідно до розподілу РЧР для Регіону 1. Ці напрямки характерні практично для всіх частотних діапазонів і смуг частот, виділених для ІМТ в Регіоні 1. Це смуги частот першого (694-790 МГц) і другого (790-862 МГц) цифрових дивідендів, діапазони 900 і 1800 МГц, основні смуги для технології UMTS в діапазоні 2 ГГц, діапазони 2,3 і 2,6 ГГц. Проведення заходів, пов'язаних з вивільненням РЧР, визначенням обмежень для радіолелектронних засобів (РЕЗ) технологій діючих служб і планованих РЕЗ нових технологій з метою забезпечення спільного використання РЧР нерозривно пов'язане з діяльністю УДЦР, ключового підприємства у сфері управління використанням РЧР України. Для вирішення зазначених завдань задіюються всі ресурси підприємства, наукові і технічні можливості.

Основні напрямки діяльності підприємства, що стосуються частотного забезпечення впровадження нових технологій, пов'язані з безпосередньою участю керівництва та фахівців підприємства в розробці технічних пропозицій для виведення діючих РЕЗ зі смуг частот, що плануються для нових технологій і в визначенні технічних вимог до РЕЗ нових технологій і тих діючих РЕЗ, які не можуть бути виведені і продовжать використовувати частоти, з метою забезпечення спільного використання РЧР.

Так, для звільнення смуг першого і другого цифрових дивідендів від засобів аналогового і цифрового телевізійного мовлення УДЦР розробляє пропозиції по модернізації Плану цифрового телевізійного мовлення Женева-06 [1] для України на основі використання мереж синхронного мовлення з використанням стандарту DVB-T2 в смузі частот 470 - 694 МГц. Використання таких мереж дозволить збільшити зони покриття і, таким чином, заощадити частотний ресурс, що залишиться після виведення телевізійного мовлення зі смуги частот 694-862 МГц. З цією метою УДЦР проводить велику роботу по координації змін в Плані цифрового телемовлення з сусідніми країнами в рамках спеціально створених Європейських робочих груп NEDDIF, SEDDIF, SEWEG і шляхом проведення міжнародних координаційних зустрічей в Україні. У період 2011-2015 рр. УДЦР уклав координаційні угоди з сусідніми країнами про використання частот першого і другого цифрових дивідендів в прикордонних зонах, чим захистив засоби повітряної радіонавігаційної служби (ПРНС) і радіолокації України при впровадженні системи зв'язку LTE в сусідніх країнах. Раніше, при безпосередній участі УДЦР, були визначені технічні вимоги до модернізованих характеристик засобів радіолокації, які працюють в смузі частот 800 МГц. Використання додаткових фільтрів суттєво знизило вимоги до частотно-територіального рознесення засобів радіолокації і засобів широкосмугового доступу і підготувало можливість розвитку мереж широкосмугового рухомого зв'язку практично по всій території України.

Для забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) РЕЗ технології UMTS і діючих РЕЗ технології широкосмугового доступу (ШСД) в сусідніх смугах частот навколо частот 1920 і 1980 МГц УДЦР розробив вимоги до характеристик базового і термінального обладнання обох технологій з використанням технічних принципів технологічної нейтральності [2,3] або обмеження позасмугових характеристик для передавальної і приймальної частин обладнання РЕЗ. Застосування модернізованих і додаткових фільтрів дозволило скоротити необхідний захисний частотний інтервал між базовими станціями двох технологій, які використовують загальні місця розміщення (сайти) з 5-10 МГц до 1,5 МГц, тим самим заощадивши обмежений частотний ресурс і спростивши частотне планування мереж двох технологій.

Прискорення розвитку мереж нових технологій зв'язку пов'язано з підвищенням ефективності розрахункових процедур радіочастотних присвоєнь та радіочастотного моніторингу, що виконуються УДЦР. У цій частині УДЦР розробляє і запроваджує електронну систему заявок і контролю заявниками проходження заявочних процедур на проведення розрахунків ЕМС і оформлення відповідних документів.

З метою підвищення ефективності використання РЧР УДЦР постійно напрацьовує пропозиції щодо контролю покриття, зокрема, розробив пропозиції до методик контролю покриття мереж цифрового телемовлення [4] і контролю виконання вимог до характеристик обладнання з метою забезпечення ЕМС.

Застосування перерахованих методів і способів підвищення частотного забезпечення, розроблених в УДЦР та реалізованих за участю УДЦР, дозволяє прискорити розвиток діючих мереж широкосмугового рухомого зв'язку і полегшити впровадження мереж нових радіотехнологій в Україні.



## Література

1. *Заключительные акты Региональной конференции радиосвязи по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в частях Районов 1 и 3 в полосах частот 174–230 МГц и 470–862 МГц (РКР-06), Женева, 15 мая – 16 июня 2006 года.*
2. *Directive 2002/21/EC of the European Parliament and of the Council of 7 march 2002 on a common regulatory framework for electronic communications networks and services (framework directive), am. 2009.*
3. *CEPT Report 19. Report from CEPT to the European Commission in response to the mandate to develop least restrictive technical conditions for frequency bands addressed in the context of WAPECS, 2008.*
4. *ITU-R WP1C.AR Contribution 11. Working document towards a Document 1C/97 preliminary draft new Report ITU-R SM.[DVB-T\_SERVICE\_AREA] - Experimental testing of the measurement method for DVB-T2 transmitter coverage area. Ukrainian State Centre of Radio Frequencies.*

**Куц И. В.,**  
руководитель направления систем Мониторинга,  
ООО «Альфа Гриссин Инфотек Украина»

## **ВСЕПОГОДНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ И КОНТЕЙНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ОПЕРАТОРОВ СВЯЗИ**

*Развитие мобильных сетей неизбежно, ввиду постоянно растущего спроса на качественные телекоммуникационные услуги. Технология Outdoor решений отлично вписывается в рынок инфраструктурных решений и призвано ускорить процесс перехода к более высоким стандартам передачи данных.*

Гонка «вооружений» между Операторами мобильных сетей будет продолжаться пока они существуют. Для привлечения клиентов им необходимо постоянно совершенствовать мобильную сеть для предоставления дополнительных мобильных услуг и передачи большего количества данных. По мере того как отрасль поступательно движется к LTE (Long Term Evolution) и другим стандартам широкополосного вещания 4-го поколения, актуальной становится проблема географического уплотнения Базовых Станций (БС) сотовой сети, развертыванием множества новых БС.

Основными критериями успешной модернизации сети являются время и затраты на новые БС, которые в свою очередь состоят из:

- Затрат на постройку сооружений БС
- Затрат на обустройство помещения БС
- Затрат на периодическое обслуживание оборудования БС
- Прогнозируемых Затрат на аварийное восстановление работоспособности БС

Постройка капитальных сооружений для развертывания БС уходит в историю как метод трудоемкий, долгий и дорогостоящий. Операторы мобильных сетей предпочитают арендовать помещения последних этажей городских построек либо возводить сборные временные сооружения на крышах зданий либо территориях вне городской черты. Основным недостатком такого метода – является необходимость внутреннего обустройства такого помещения:

- Ремонт/очистка помещения, проверка/организация гидроизоляции
- Установка системы бесперебойного питания
- Установка системы охлаждения и обогрева
- Организация силовых и информационных коммуникаций
- Установка и подключение Телеком оборудования

К вышеперечисленным работам Операторы вынуждены привлекать множество инженеров разных направлений (строительство, кондиционирование, электропитание и т.д.), что выливается в сложный процесс планирования и согласований выполнения работ разными специалистами. Все работы выполняются на месте установки оборудования, что дополнительно удорожает и усложняет процесс развертывания БС.

Последнее время, для оптимизации затрат, Операторы прибегают к использованию всепогодных предварительно сконфигурированных шкафных решений, так называемых Outdoor.

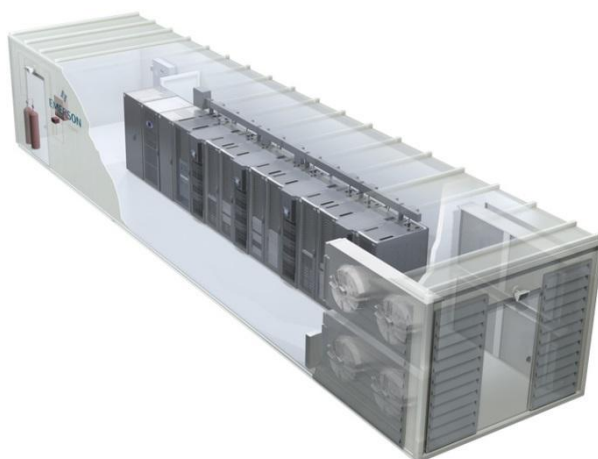


Оператор получает на склад всепогодный шкаф, в котором уже предустановлена система гарантированного питания постоянного тока, система охлаждения/подогрева, одна или две цепочки АКБ а также распределительные устройства для подключения питания Телеком оборудования. Как правило, установка, подключение и настройка всего необходимого Телеком оборудования производится централизованно. Базовая станция в виде всепогодного шкафа отправляется на место установки в готовом к эксплуатации состоянии. Подключение и запуск такого решения занимает считанные часы.

Техническое обслуживание и аварийное восстановление Outdoor решений является более удобным и позволяет минимизировать простой в случае выхода из строя важных подсистем.

Модульная конструкция Outdoor позволяет заменить вышедшую подсистему целиком, например систему гарантированного питания, АКБ, либо кондиционер можно привезти на аварийный выезд в обычном автомобиле и заменить ее за считанные минуты.

Но преимущества предварительно сконфигурированных решений можно ощутить также планируя Коммутационный Центр и даже Центр Обработки Данных. «Всепогодным шкафом» для размещения оборудования в таком случае выступает конструкция из одного или нескольких контейнеров, которые уже содержат предустановленные подсистемы гарантированного питания, кондиционирования, распределения питания, пожаротушения и шкафы-стойки для установки Телеком, либо ИТ-оборудования.



Такое решение требует специальной подготовки фундамента на месте установки, но также может размещаться на крышах существующих зданий, либо в объемных помещениях цехов/ангаров.

Контейнерные решения малой и средней мощности (до 70кВт) обычно проектируются одномодульными, то есть все необходимое оборудование и инфраструктура размещается в одном контейнере. Такое решение можно оперативно развернуть, либо переместить на новое место эксплуатации

**Актуальные вопросы развития сетей пост – NGN. Услуги и качество обслуживания.**  
**Планирование и оптимизация сетей мобильной связи**

Модульное контейнерное решение доставляется на место установки в виде отдельных контейнеров, и при необходимости уже функционирующий такой объект можно остановить, разобрать и перевезти на другое место установки.



*Ляховецький Л. М., к.т.н.,  
Державне підприємство  
«Одеський науково-дослідний інститут зв'язку»*

## **ПЕРЕВАГИ СИСТЕМ ПЕРЕДАВАННЯ З ОРТОГОНАЛЬНИМИ ГАРМОНІЧНИМИ СИГНАЛАМИ УЗАГАЛЬНЕНОГО КЛАСУ**

*Розглянуто метод передавання з використанням множини ортогональних гармонічних сигналів узагальненого класу, який є розвитком методу передавання OFDM. Розглянуто основні переваги даного методу передавання. Для ілюстрації цих переваг наведено порівняння результатів розрахунків інтерференційних завад для систем передавання з використанням традиційного методу передавання OFDM та з використанням ортогональних гармонічних сигналів узагальненого класу.*

*L. Liakhovetskyi*

## **ADVANTAGES OF TRANSMISSION SYSTEMS WITH GENERALIZED CLASS ORTHOGONAL HARMONIC SIGNALS**

*The transmission method using a set of generalized class orthogonal harmonic signals which is a development of OFDM transmission method is reviewed. The main advantages of this transmission method are reviewed. For the illustration of these advantages the comparison of the harmful interference calculations results for the transmission systems using traditional OFDM transmission method and using generalized class orthogonal harmonic signals is given.*

Останні роки серед методів передавання сигналів, застосовуваних на мережах широкосмугового доступу (ШД), особливе місце займає метод OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing – мультиплексування з ортогональним частотним розділенням каналів). Цей метод передавання фактично став домінуючим на мережах ШД – він використовується майже у всіх сучасних технологіях ШД – ADSL, VDSL, LTE, Wi-Fi, WiMAX, BPL тощо. Вибір розробників не є випадковим – за рахунок вузькосмуговості сигналів-переносників системи передавання (СП), що застосовують метод передавання OFDM (у вітчизняній науковій літературі такі СП отримали назву СП ОГС – СП з ортогональними гармонічними сигналами), здатні ефективно працювати по каналах зв'язку із «складними умовами передавання» – високим рівнем завад, нестабільними у часі характеристиками тощо [1].

Очевидно, задача збільшення ефективності застосування СП ОГС на телекомунікаційних мережах є актуальною. Саме на збільшення цієї ефективності й спрямований новий вид СП ОГС – СП ОГС узагальненого класу (СП ОГС УК), що є фактично розвитком традиційної СП ОГС. У СП ОГС УК використовується новий вид сигналів - ОГС узагальненого класу (УК), що відрізняються від «звичайних» ОГС наявністю певної обвідної, однакової для всіх несучих сигналів. Таким чином, вибір форми обвідної визначає систему ортогональних несучих сигналів і властивості відповідної СП. Представляють науковий інтерес задачі пошуку оптимальної форми обвідної сигналів за різними критеріями, досяжні характеристики СП, що використовують ці сигнали, переваги їх над традиційними. Одним із таких критеріїв є максимізація концентрації енергії несучого сигналу в діапазоні частот одного каналу СП ОГС. Доведено [1], що оптимальною за цим критерієм є система сигналів з косинусквадратичними фронтами. Відповідна обвідна визначається наступним виразом:

$$u(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } |t| \leq (1-\alpha)\tau_0/2, \\ \cos^2 \left[ \frac{\pi f_0 |t|}{2\alpha} - \frac{\pi(1-\alpha)}{4\alpha} \right], & \text{при } (1-\alpha)\tau_0/2 \leq |t| < (1+\alpha)\tau_0/2, \\ 0 & \text{– у всіх інших випадках,} \end{cases}$$

де  $f_0 = \frac{1}{\tau_0}$ ,  $\tau_0$  – тривалість інтервалу ортогональності,  $\alpha$  – коефіцієнт,  $0 \leq \alpha < 1$ .

На рис. 1 наведено графік функції  $u(t)$  при значеннях  $\alpha_1 = 0$ ;  $\alpha_2 = 0,0625$ ;  $\alpha_3 = 0,125$ ;  $\alpha_4 = 0,25$ ;  $\alpha_5 = 0,5$ ;  $\alpha_6 = 1$ ,  $\tau_0 = 1$ .

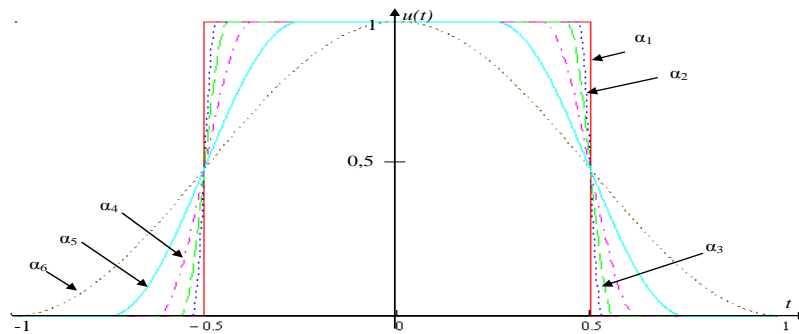


Рис. 1. Функція  $u(t)$  з косинусквадратичними фронтами

Завдяки властивості максимальної концентрації енергії у частотній області забезпечуються мінімізація інтерференційних завад у СП, що використовують таку систему сигналів.

За розробленою автором методикою [2] розраховано інтерференційні завади, що виникають у різних варіантах СП з ОГС УК (СП-2, СП-3 та СП-4) [2, 3] з косинусквадратичними фронтами та у традиційній СП ОГС (СП-1), для випадку використання кабелів типу ТП. На рис. 2 для прикладу наведено відповідні графіки залежності параметра  $h$ , що характеризує інтерференційні завади, від номеру відліку початку оброблення сигналу в приймачі СП ОГС  $k_T$  для кабелю типу ТП з діаметром жил 0,5 мм довжиною 2 км. З рис. 2 очевидно, що СП ОГС УК забезпечують зменшення інтерференційних завад порівняно з традиційною СП ОГС.

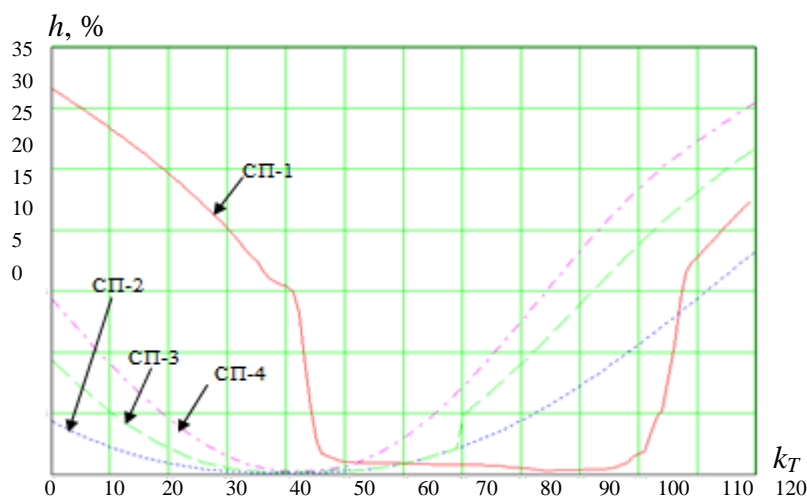


Рис. 2. Порівняння інтерференційних завад, що виникають у СП ОГС УК і традиційній СП ОГС

Таким чином, можна зробити висновок, що застосування ОГС УК дозволяє надавати СП ОГС нові властивості – у залежності від застосовуваного критерію оптимізації. Одним із таких критеріїв може бути максимізація концентрації енергії несучого коливання у частотній області, оптимізація за цим критерієм призводить до мінімізації інтерференційних завад у СП ОГС УК.

### Література

1. Балашов В.А. Ортогональные гармонические сигналы для широкополосных систем передачи / В.А. Балашов, И.Б. Барба, Л.М. Ляховецкий // Зв'язок. – 2012. – № 3. – С.17 – 20.
2. Балашов В.А. Интерференционные помехи в системах передачи гармоническими сигналами обобщенного класса / В.А. Балашов, Л.М. Ляховецкий, И.Б. Барба // Сборник научных трудов SWorld. – 2014. – Выпуск 1. Том 9. – С. 79 – 86.
3. Барба И.Б. Анализ систем передачи гармоническими сигналами обобщенного класса / И.Б. Барба // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2014. – №1. – С.128 – 135.

*Макаренко А.О., к.т.н.,  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ*

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ РАДІОТЕХНОЛОГІЙ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЙ СУЧАСНОГО МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ**

*У роботі описано принципи побудови інтелектуальних радіотехнологій і програмне забезпечення їх дослідження і вдосконалення. Складником розвитку і становлення мереж мобільного зв'язку п'ятого покоління є інтелектуальні системи радіозв'язку. У звіті МСЕ виконано визначення системи радіозв'язку з програмованими параметрами і системи когнітивного радіо. У зв'язку із стрімким ростом смартфонів передача даних у безпроводних мережах може зіткнутися з катастрофічною нестачею частот, тому консультативна група при МСЕ пропонує мобільним операторам і дослідницьким лабораторіям нарощувати зусилля із пошуку рішень для ефективнішого використання спектру.*

*A. Makarenko*

## **RADIO IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT TECHNOLOGIES BASED MODERN TECHNOLOGY MOBILE COMMUNICATION**

*The paper describes the principles of building intelligent radio technologies and their software research and development. Component development and establishment of mobile networks is the fifth generation intelligent radio system. The report made ITU definition radio system with programmable parameters and cognitive radio systems. Due to the rapid growth of smart phones transfer data in wireless networks can face a catastrophic shortage of frequencies, so the Advisory Group at ITU offers mobile operators and research laboratories to increase efforts to find solutions for the efficient use of spectrum.*

Складником розвитку і становлення мереж мобільного зв'язку п'ятого покоління є інтелектуальні системи радіозв'язку. У звіті МСЕ виконано визначення системи радіозв'язку з програмованими параметрами (SDR) і системи когнітивного радіо (CRS).

Радіопристрій з програмованими параметрами: Радіопередавач і/або радіоприймач, що використовує технологію, яка дозволяє за допомогою програмного забезпечення встановлювати робочі радіочастотні параметри, включаючи, зокрема, діапазон частот, тип модуляції або вихідну потужність, за винятком зміни робочих параметрів, використовуваних в ході звичайної заздалегідь певної роботи з попередніми установками радіопристрою, згідно тієї або іншої специфікації або стандарту системи [1].

SDR об'єднують апаратні і програмні технології, де усі або деякі з працюючих функцій настраюються (змінюються) засобами програмного забезпечення. Такі пристрої зазвичай можуть містити програмовані логічні інтегральні схеми (FPGA), цифрові сигнальні процесори (DSP), процесори загального застосування (GPP), програмовані системи на кристалі (SoC). Використання цих технологій дозволяє змінювати і розширювати функціональні можливості радіосистем без апаратного втручання в схему.

Роботи по вивченню CRS і SDR проводилися і проводяться в Міжнародному союзі електрозв'язку.

У зв'язку із стрімким ростом смартфонів передача даних у безпроводових мережах може зіткнутися з катастрофічною нестачею частот, тому консультативна група при МСЕ пропонує мобільним операторам і дослідницьким лабораторіям нарощувати зусилля із пошуку рішень для ефективнішого використання спектру.



Одно з рішень - використання так званого когнітивного радіо, яке може детектувати смуги частот, що невикористовуються в даний момент і перемикаються між такими вільними каналами без обриву передачі даних.

Система когнітивного радіо: Радіосистема, що використовує технологію, яка дозволяє цій системі отримувати знання про своє середовище експлуатації і географічне середовище, про правила, що встановилися, і про свій внутрішній стан; динамічно і автономно коригувати свої експлуатаційні параметри і протоколи, згідно з отриманими знаннями, для досягнення заздалегідь поставленої мети; і вчитися на основі отриманих результатів [1].

Системи когнітивного радіо можуть охоплювати ряд технологій радіодоступу, а мережі різних мережевих топологій зможуть забезпечити використання їх спектру на основі доступного на місцевому рівні. У зв'язку з цим потрібне визначення розташування і характеристик інших технологій радіодоступу в межах охопленої смуги частот, яка досяжна з рухливого терміналу, а також сканування усього діапазону налаштування, для того, щоб визначити локальне використання спектру.

Для когнітивного радіо визначено, що пристрої мають:

- підтримувати декілька технологій радіодоступу;
- мати здатність динамічного визначення доступних технологій і вільного радіочастотного ресурсу.

Організація системи когнітивного радіо здійснюється з використанням:

- контрольного каналу;
- бази даних з інформацією про навколишній радіопростір.

Програмне забезпечення для наукових досліджень цих технологій. У останній версії Matlab доступний LTE System Toolbox. Процес формування LTE-сигналів може вимагати великої кількості затраченого часу. LTE System Toolbox дає можливість генерувати сигнали набагато легше. Згенерований сигнал може бути використаний при рішенні ряду завдань, таких як, перевірка НВЧ-компонентів на реалістичному LTE-сигналі, оцінка впливу LTE-сигналу на інші безпроводні системи, так само, тестування на коректну роботу LTE-приймача.

LabVIEW Communications об'єднує апаратне забезпечення для SDR з комплексним програмним забезпеченням для повного циклу розробки, і що дозволяє інженерам створювати системи зв'язку п'ятого покоління.

VisSim Communications разом з апаратним забезпеченням дозволяє конструювати SDR -прийомопередавачі.

GNU Radio - вільна платформа цифрової обробки сигналів. GNU Radio є набором програм і бібліотек, які дозволяють створювати довільні радіосистеми, схеми модуляції, форми сигналів, що приймаються і відправляються, в яких задаються програмно, а для захоплення і генерації сигналів застосовуються прості апаратні пристрої. Код більшості компонентів GNU Radio написаний на мові Python. Проект є безкоштовним.

Нові технології, такі як програмоване радіо і когнітивне радіо, знаходяться на відносно тернистому початку свого шляху. Але робота триває у всьому світі, і отримувати нові результати поступово наближають нас до моменту активного впровадження CRS і SDR у рамках ефективного і раціонального використання такого безцінного ресурсу, як радіочастотний спектр.

## Література

1. *Определения системы радиосвязи с программируемыми параметрами (SDR) и системы когнитивного радио (CRS) [Электронный ресурс] // Отчет МСЭ-R SM.2152. – Режим доступа:*

*<http://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2152> (01.11.2016 p.).*

## АНАЛИЗ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ НА КРАЮ ЯЧЕЙКИ В СЕТИ E-UTRA ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ SFR

Рассмотрен метод мягкого частотного переиспользования (SFR) при частотно-территориальном планировании сети E-UTRA LTE. Получены количественные оценки влияния параметров SFR на пропускную способность на краю ячейки. Представлена сравнительная оценка пропускной способности в случае использования мягкого частотно переиспользования и схем статичного частотного переиспользования.

D. Makoveyenko

## ANALYSIS OF CAPACITY AT THE EDGE CELL IN THE E-UTRA NETWORK USING SFR

In the work the method of soft frequency reuse (SFR) with frequency-territorial planning network E-UTRA LTE are being reviewed. The quantitative estimates of the impact of SFR settings for capacity at the edge of the cell are presented. The comparative assessment of the capacity in the case of soft frequency reuse and frequency reuse schemes static.

В сети мобильного широкополосного радиодоступа E-UTRA (3GPP LTE) используется мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM). Метод доступа с ортогональными поднесущими OFDMA является расширением OFDM для обеспечения множественного доступа к сети. OFDMA распределяет поднесущие между пользователями и, таким образом, позволяет одновременное использование радиочастотного ресурса несколькими абонентами на приемной стороне.

При традиционном частотном планировании сетей мобильного широкополосного радиодоступа достигается компромисс между снижением пропускной способности на краю ячейки и общим коэффициентом частотного переиспользования в сети. При планировании сети, использующей метод OFDMA, возможно разделение полосы частот на группы поднесущих с различной мощностью. Один из методов реализующих данный принцип является мягкое частотное переиспользование (SFR).

Целью доклада является анализ пропускной способности на краю ячейки в сети E-UTRA при использовании SFR.

Мягкое частотное переиспользование характеризуется двумя основными параметрами – отношением мощности нормального субканала  $P_N$  к мощности главного субканала  $P_M$  и отношением количества несущих главного субканала ко всем несущим (рис. 1).

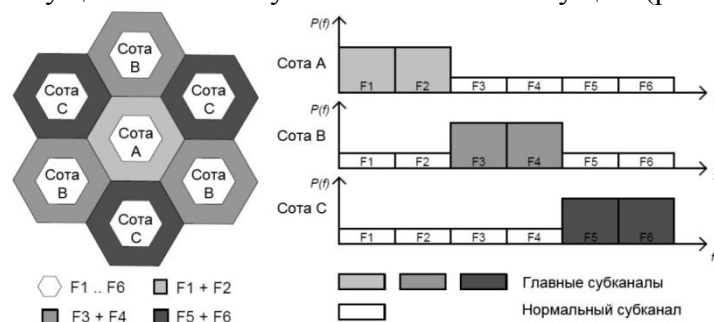


Рис. 1. Пример разделения соты при мягком частотном переиспользовании

Для анализа пропускной способности сети E-UTRA рассмотрена плоская гексагональная решетка, в узлах которой расположены базовые станции eNode-B. Размер ячейки составляет 0,5 км с условным разделением на 10 участков. При отдалении мобильной станции от базовой значение при помощи обратной связи контролируется значение  $SINR$  и через индикаторы качества канала изменяются параметры передачи и модуляционно-кодированная схема MCS. Таким образом, определив значение сигнал / (помеха + шум)  $SINR$  находится пропускная способность радиоканала на каждом из участков соты.

Отношение  $SINR$  рассматривается отдельно для двух групп поднесущих. Так для главного субканала:

$$SINR_m = \frac{P_{rx}}{P_n + P_{out}} = \frac{P_{rx}}{P_n \cdot k + P_{out} + P_{in} \cdot m}, \quad (1)$$

где  $P_{in}$  – уровень внутрисистемной помехи на входе мобильной станции на частотах нормального субканала;  $P_{out}$  – уровень внутрисистемной помехи на входе мобильной станции на частотах главного подканала;  $k$  – соотношение несущих основной группы ко всем несущим;  $m$  – коэффициент соотношения мощности несущих нормального субканала к мощности несущих главного субканала. Для нормального субканала:

$$SINR_v = \frac{P_{rx}}{P_n + P_{out}} = \frac{P_{rx} \cdot m}{P_n \cdot 1 - k + P_{out} \cdot m + 1 + P_{in} \cdot m} \quad (2)$$

Для сравнения пропускной способности схемы статичного частотного переиспользования при  $k = 3$  и схемы SFR проведем моделирование помех для сети из семи базовых станций. В такой сети учитываются помехи от первого круга, которые составляют до 90% от общего уровня помехи. Параметры и требования к каналному и системному уровням сети E-UTRA приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные параметры и требования

Параметр	Значение
<i>Канальный уровень</i>	
Технология множественных антенн	SISO (один вход – один выход)
Модель радиоканала канала	Расширенная модель Хата
Высота антенны базовой станции (БС)	30 м
Высота антенны абонентской станции (АС)	1,5 м
<i>Системный уровень</i>	
Частота несущей БС	2640 МГц (Band 7)
Ширина полосы канала	15 МГц
Мощность передатчика БС	20 Вт
Усиление передающей антенны БС	15 дБи
Потери в антенно-фидерном тракте	2 дБ
Запас на медленные замирания	13 дБ
Удельная мощность шума	- 174 дБм/Гц
Собственный шум приемника	7 дБ
Отношение мощности несущих главного и нормального подканалов	0...1
Отношение количества несущих главного подканала ко всем несущим	1/3

Количественные оценки пропускной способности на краю ячейки в сети E-UTRA при использовании SFR и при статическом частотном переиспользовании (коэффициенты переиспользования  $k = 3$  и  $k = 1$ ) представлены на рис. 2.

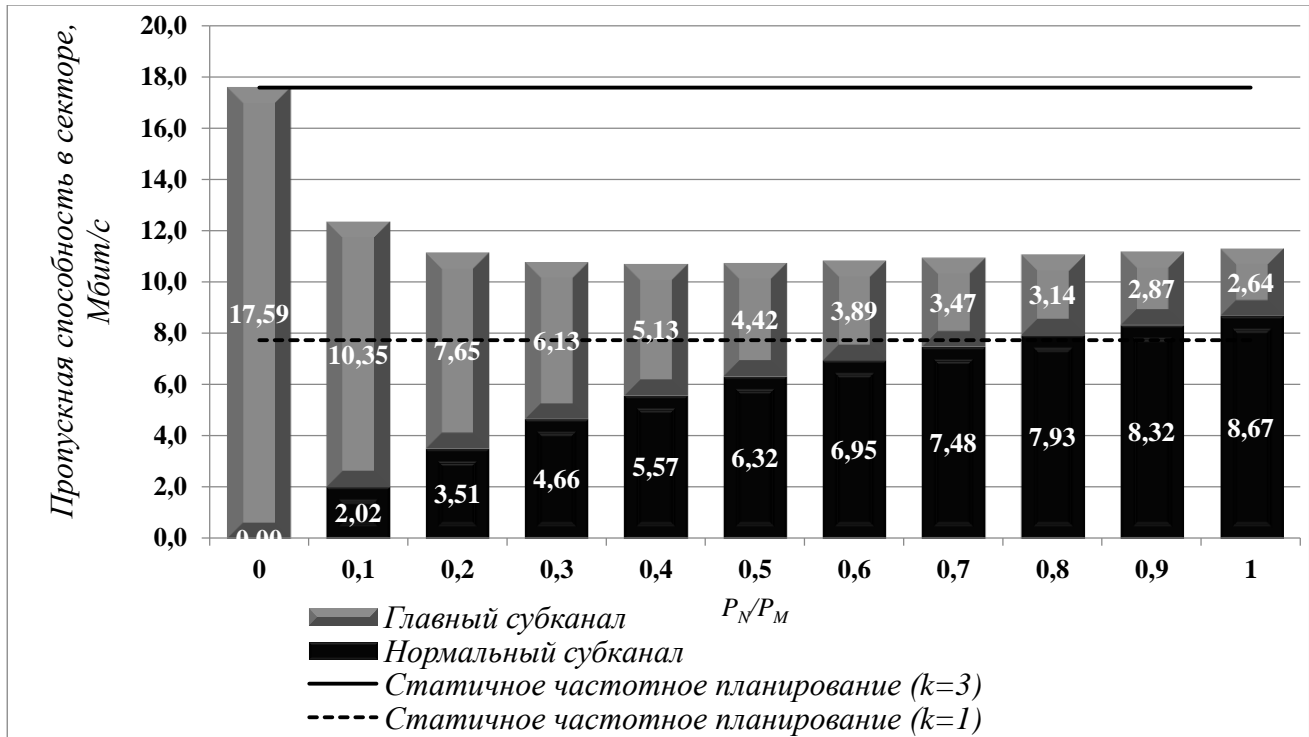


Рис. 2. Пропускная способность на краю ячейки в сети E-UTRA при использовании SFR и при статическом частотном переиспользовании

В случае  $P_N/P_M = 0$  схема SFR вырождается в схему статического переиспользования  $k = 3$ . Очевидно, что данная схема обеспечивает максимальное отношение SINR на краю ячейки, однако меньшую пропускную способность из-за использования только одной группы поднесущих из трех в секторе. При увеличении соотношения  $P_N/P_M$  несколько снижается пропускная способность на краю ячейки, однако общая пропускная способность остается выше, чем для системы с коэффициентом переиспользования  $k = 1$ .

Таким образом, можно сделать вывод, что при мягком частотном переиспользовании при изменении отношения мощности несущих главного и нормального подканалов можно обеспечить максимизацию пропускной способности, как на краю, так и в середине ячейки.

Поэтому представляют также интерес количественные оценки пропускной способности в середине ячейки, где преобладает нормальная группа поднесущих, а также усреднённой пропускной способности во всей соте.

### Литература

1. R1-050507, 'Soft Frequency Reuse Scheme for UTRAN LTE', Huawei. 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #41, Athens, Greece, May 2005.
2. Чернобай П.И. Анализ повышения пропускной способности при использовании SFR в сети E-UTRA / П.И. Чернобай, Д.А. Маковеев // Холодильная техника и технологии. – 2014. – № 1. – С. 76- 80.
3. G. Li. Downlink Radio Resource Allocation for Multi-Cell OFDMA System / G. Li, H. Liu // IEEE Tran. Wireless Commun. –2006. – Vol. 5. – No. 12. – P. 3451-3459.

**Марковский А.В.,** ЧАО «Датагруп»  
**Власенко Г.Н., к.т.н., доцент,**  
Государственный университет телекоммуникаций

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ДОСТУПА В ИНТЕРНЕТ: РЕАЛИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ И ТРУДНОСТИ**

*Доклад разбит на пять частей-вопросов, в нем раскрыты основные проблемы с использованием сетей 3G на примере Украины. Описаны способы доступа в Интернет вне зоны покрытия мобильной связи, а также особенности работы некоторых приложений в каналах с большой задержкой. Приведен приблизительный расчет стоимости покрытия спутниками типа Ka-Sat всей планеты. В заключительной части доклада освещены проекты иностранных компаний по решению проблемы высокоскоростного доступа к сети Интернет.*

Часть 1. Почему есть проблемы с равномерным покрытием 3G в Украине?

Карты покрытия трех основных операторов 3G в Украине: «Киевстар», «Водафон», и «Лайфсел» показывают нам слабое покрытие, но если взглянуть на цены за лицензии, то хочется поблагодарить их и за это покрытие. По информации с сайта «Экономическая правда», все три оператора признали, что высокая стоимость лицензии 3G и долларовые расходы на оборудование приведут к пересмотру тарифов. По оценкам представителя одного из операторов, окупаемость вложений превышает 15 лет. Мобильный оператор "Астелит" (бренд life:)) выиграл первый лот в торгах на лицензию 3G-связи (1920-1935, 2 110-2 125 МГц) с ценой в 3 355,4 млн. гривен. Второй лот (1950-1965, 2140-2165 МГц) приобрела компания "МТС-Украина", теперь «Водафон» за 2,715 млрд. гривен. Третий лот (1965-1980/2155-2170 МГц) по стартовой цене 2,70 млрд. гривен купил "Киевстар".

Победители тендера должны будут обеспечить показатели качества услуг мобильной связи, утвержденных НКРСИ, с использованием радиотехнологии UMTS на территории всех областных центров Украины в течение 18 месяцев с момента получения лицензии, и в течение двух-шести лет на территориях всех населенных пунктов с населением более 10 тыс. человек.

Такие серьезные суммы только на лицензию, с учетом затрат на расширение магистральных каналов, на модернизацию базовых станций о которых сложно догадываться, не имея информации по ценам на оборудование, можно понять почему так медленно идет развитие сетей 3G в нашей стране. Если еще учесть, что оборудование закупается в долларах, а оператор принимает оплату за услуги связи в гривне, то становится понятно, почему они повышают тарифы и почему им приходится развивать сеть только в регионах с большой плотностью населения.

Часть 2. Как получить доступ в Интернет с места, где нет G-покрытия?

Начнем с того, что при наличии у Вас оптического канала связи, задержка, показываемая с помощью утилиты ping до адреса 8.8.8.8, не будет превышать 10 миллисекунд. При подключении 3G эта задержка будет в районе 100-180 миллисекунд. Когда качество связи 3G не устраивает или его вообще нет, на помощь приходят спутниковые решения. Спутниковый терминал дешевле при подключении и в эксплуатации, но задержка до адреса 8.8.8.8 будет уже 750-780 миллисекунд, а то и выше и не все сервисы у клиентов смогут работать при таких параметрах. Особенность состоит в том, что геостационарный спутник находится на высоте очень близкой к 35786 км, и эта особенность увеличивает протяженность канала до расстояния  $35786*2+35786*2=143\ 144$  км, это без учета расстояния до самого сервера от центральной станции спутниковой связи.

Для устранения большой задержки при загрузке файлов, применяется специальный алгоритм под названием "Spoofing".

Спутник, находящийся на геостационарной орбите, неподвижен относительно поверхности Земли, поэтому его местоположение на орбите называется точкой стояния, хотя ему и мешает удерживать позицию притяжение Луны и Солнца. В результате, сориентированная на спутник и неподвижно закреплённая направленная антенна может сохранять постоянную связь с этим спутником длительное время.

Для обеспечения коррекции орбиты спутника на протяжении всего срока его эксплуатации (12-15 лет для современных спутников) требуется значительный запас топлива на борту (сотни килограммов, в случае применения химического двигателя).

Запас топлива является основным лимитирующим фактором срока службы спутника на геостационарной орбите.

После завершения активной эксплуатации на остатках топлива спутник должен быть переведён на орбиту захоронения, расположенную на 200-300 км выше ГСО.

Так как геостационарная орбита не видна с высоких широт (приблизительно от 81° до полюсов), а на широтах выше 75° наблюдается очень низко над горизонтом (в реальных условиях спутники просто скрываются выступающими объектами и рельефом местности) и виден лишь небольшой участок орбиты, то невозможна связь и телетрансляция с использованием ГСО в высокоширотных районах Крайнего Севера (Арктики) и Антарктиды. К примеру, американские полярники на станции «Амундсен-Скотт» для связи с внешним миром (телефония, интернет) используют оптоволоконный кабель длиной 1670 километров до расположенной на 75° ю.ш. французской станции «Конкордия», с которой уже видно несколько американских геостационарных спутников.

Еще одним недостатком геостационарной орбиты является уменьшение и полное отсутствие сигнала в ситуации, когда солнце и спутник-передатчик находятся на одной линии с приёмной антенной (положение «солнце за спутником»). Данное явление присуще и другим орбитам, но именно на геостационарной, когда спутник «неподвижен» на небе, проявляется особенно ярко. В средних широтах северного полушария солнечная интерференция проявляется в периоды с 22 февраля по 11 марта и с 3 по 21 октября, с максимальной длительностью до шести минут.

Также присутствует влияние погодных условий: при сильном дожде или снегопаде.

Длина волны становится соизмерима с каплей (~2,1 см).

Для устранения проблем с погодой применяются адаптивное кодирование и смена модуляции.

Это все ограничительные факторы, влияющие на доступность канала. При наличии необходимости за 1500 грн. (разово) в любой точке Украины у Вас будет канал 2 Мбит/с на передачу и 3 Мбит/с на прием с абонентской платой 250 грн. в месяц. Есть и другие проекты, реализованные с помощью спутниковой связи.

Часть 3. Что будет, если базовую станцию 3G подключить через спутниковый канал?

Берем максимальный пакет с параметрами 5/20 и подключаем к модему базовую станцию.

1. Пользователи смс-сервисов, WhatsApp, Viber если будут отправлять сообщения, то просто не заметят этой замены.

2. Пользователи телефонии не заметят этого подключения, только если будет настроена приоритезация для телефонного трафика (SIP-протокола порт 5060 TCP i UDP), если Viber, то это порты: TCP: 5242 и 4244 и UDP: 5243 и 9785. Если же не будет приоритезации, то при достаточно нагруженном канале абоненты просто не смогут разобрать слов.

3. Пользователи онлайн-игр, где нужен малый отклик от сервера, например Counter-Strike сразу занервничают, и не смогут поиграть, а шахматисты, опять-таки не заметят.

4. Рядовой интернет-пользователь, решивший почитать новости, заметит, что страница после запроса не сразу начинает загружаться, а сначала отображается пустой, а

потом в один момент загружается. Здесь начинает работать алгоритм “Spoofing”. При передаче IP-трафика через спутниковые системы связи очень часто используют ускорители TCP. Как известно, этот протокол транспортного уровня предусматривает подтверждение (квитирование) получателем корректного приема определенной порции пакетов («окна TCP»). Если такая квитанция не получена, отправитель снижает скорость передачи следующих блоков информации, полагая, что в сети возникла перегрузка. В системах спутниковой связи, в которых информационные потоки между ЦЗС и конечными пользователями преодолевают гигантское расстояние около 145 тыс. км, такой «интеллект» TCP приводит к уменьшению реальной пропускной способности канала и снижению надежности связи. Для их недопущения используется целый ряд мер. В первую очередь это алгоритм спуфинга (spoofing), когда квитанции формируются локально, эмулируя подтверждение о корректном принятии пакетов удаленной стороной. Кроме того, применяются «окна» TCP большего размера, механизмы ускоренного установления соединения, восстановления размеров «окна» и др.

5. Удаленный работник при создании VPN-соединения к серверу базы данных подключится к нему, но работать не сможет, т. к. протоколы обмена данными между сервером и клиентом создают множество пакетов-пар «запрос-ответ». Здесь не работает приоритезация и не помогает спуфинг, а есть только один метод – подключение по RDP к виртуальной машине и уже можно приемлемо работать с базой данных. К такому методу часто приходят наши клиенты, когда у бухгалтеров в удаленных филиалах нестабильно работает 3G.

Часть 4. Каковы затраты на организацию глобальной сети доступа в Интернет через спутники связи типа Ka-Sat?

Здесь я позволил себе немного помечтать и допустить небольшие округления, но все же:

По данным Eutelsat, KA-SAT потенциально способен обеспечить широкополосным доступом в Интернет более одного миллиона абонентов. Компания инвестировала в программу около € 350 млн, включая затраты на производство и запуск спутника. KA-SAT обеспечивает высокий уровень многоканального использования частот, позволяющий системе достичь общей ёмкости более 70 Гб/сек, что в 38 раз больше ёмкости стандартного телекоммуникационного спутника связи, вещающего в Ku-диапазоне. Его структуру образуют 82 луча, и каждый сфокусированный луч образует площадь шириной около 250 км, имея емкость 900 Мбит/сек.

Спутник работает в сочетании с десятью наземными телепортами (два из них — резервные), обеспечивающими предоставление услуг Интернет-шлюза, части сервиса двустороннего спутникового интернета Tooway, принадлежащего Eutelsat. Все они связаны между собой «KA-SAT кольцом», наземной телекоммуникационной сетью высокой пропускной способности. Сервис централизованно управляется с сетевого операционного центра Skylogic в Турине (Италия) (Skylogic является дочерней компанией Eutelsat).

Итак имеем 350 млн. евро и 250 км – это диаметр одного луча. Площадь круга  $S = \pi r^2$  и тогда имеем площадь примерно 49000 кв. км. на один луч. Таких лучей 82 шт. Значит мы покрыли 4 018 000 кв. км. за 350 млн. евро.

Площадь всей Земли согласно Wikipedia 510 072 000 кв. км.

Разделив площадь всей земли на площадь, покрываемую этим спутником, мы получим, что нам надо сделать и запустить 127 спутников и построить под них инфраструктуру.

0.350 млрд. евро теперь перемножим на 127 и получим 44,45 млрд. евро. Из второй части известно, что геостационарные спутники покрывают до 81 градуса, а мы посчитали площадь всего земного шара. Пусть там будут организованы другие типы ретрансляторов (низкоорбитальные спутники, аэростаты и прочее.)

Итак, сеть организовали, теперь надо подумать о клиентском оборудовании, стоимостью от 450\$ до 560\$.

По данным Евтелсат, один такой спутник сможет держать связь с миллионом абонентов, Поэтому только 127 миллионов терминалов смогут подключиться, потратив на это около 57,15 млрд. долларов.

Нас на Земле по данным той же Википедии 7,2 млрд. человек.

В итоге получим, 56 человек будут пользоваться одним терминалом.

Какую скорость получают люди при таком способе организации связи?

70Гб/сек разделив на миллион абонентов получим 70 кбит/с на один терминал.

Теперь делим 70кбит/с на 56 человек и получаем 1,25 кбит/с для каждого жителя планеты круглосуточно.

За сутки такой житель скачает аж 13,5 мегабайт. А если еще учесть неравномерность распределения людей по планете, то в Китае с доступом в Интернет будет вообще печаль...

С учетом роста графики на сайтах и разнообразной рекламы, посидеть в Интернете комфортно не получится. Поэтому многие с удовольствием пойдут в кафе с бесплатным Wi-Fi.

А турист где-нибудь на острове Пасхи в Тихом океане будет наслаждаться хорошими скоростями, потому что туземцы еще не знают про Интернет и не создают нагрузку на спутниковый канал.

Часть 5. Проекты Loon от компании Google и Internet.org от Facebook по обеспечению всемирного бесплатного доступа к Интернет.

Проект Loon (англ. Project Loon) — разрабатываемый в лабораториях Google X проект, целью которого является предоставление доступа в Интернет жителям сельской местности и удаленных регионов. В проекте планируется использовать высотные аэростаты, дрейфующие в стратосфере на высоте около 18 км, для создания беспроводной сети со скоростями вплоть до сравнимых с 4G и LTE.

Стратостаты будут использовать различные воздушные течения, присутствующие в стратосфере за счет изменения собственной высоты. Специальное программное обеспечение Google учитывающее текущие координаты аэростата получаемые по GPS и прогноз погоды от U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration с картой ветров пытается рассчитать как маневрируя за счет разных направлений ветра на разной высоте и в разных точках достигнуть желаемого для аэростата направления движения. Изменение высоты полета аэростата достигается за счет того, что он имеет вспомогательный баллон надуваемый гелием из основного баллона для подъема, а для спуска из вспомогательного баллона гелий перекачивается обратно в основной. Маневрирование настолько эффективно, что в 2015 году Loon смог совершить полет на 10.000 километров оказавшись в желаемой точке с точностью 500 метров.

Электроника аэростата питается от солнечных батарей. В случае аварии и разрушения баллона аппаратный модуль весом 15 кг спускается на аварийном парашюте.

Google удалось почти в 2 раза увеличить время непрерывного полета стратостата до его обслуживания до 100 дней, что совсем невероятно с учетом дешевой пластиковой оболочки как на метеозондах, которые обычно разрушаются течении нескольких дней или даже часов. Интересным фактом является то, что этого удалось достигнуть за счет обширных научных исследований заказанных производителями презервативов для повышения надежности их изделий. Махеш Кришнасвами, который заведует производственной деятельностью в Project Loon, решил использовать такой сверхнадежный гибкий пластик от производителей презервативов, что позволило избежать утечек гелия и повреждения баллона в условиях низких температур в стратосфере, где пластик становится жестким и поэтому утрачивает гибкость и становится хрупким и склонным к разрушениям.

Для подключения пользователей используется модернизированный WiFi-роутер, но пользователи должны будут использовать специальные направленные антенны для связи с



стратостатами. Возможна связь пользователя со стратостатом до 40 км от него. Данные будут передаваться между несколькими стратостатами, пока не достигнут области видимости наземной станции, подключенной к Интернету.

Internet.org — инициатива компании Facebook 2013 года, поддержанная компаниями Samsung, Ericsson, MediaTek, Opera Software, Nokia и Qualcomm, по предоставлению бесплатного доступа к некоторым интернет-ресурсам жителям наименее развитых стран.

Инициатива критиковалась за нарушение сетевого нейтралитета и уделения большего внимания собственным сервисам компании Facebook.

В частности, индийский журналист назвал Internet.org лишь прокси-сервером к Facebook, нацеленным на бедное население Индии. Вплоть до апреля 2015 года пользователи Internet.org могли бесплатно посещать лишь несколько интернет-сайтов, список которых определялся Facebook. Затем Facebook предоставил возможность доступа к платформе сторонним разработчикам, выполняющим определенные рекомендации к сайтам.

В сентябре 2015 приложение Internet.org для Android было переименовано в Free Basics

На 1 июля 2015 года уже полтора десятка стран и мобильных операторов, участвовали в предоставлении доступа Internet.org.

#### **Список литературы:**

1. [http://lb.ua/economics/2015/02/23/296433\\_life\\_kupil\\_litsenziyu\\_3g\\_336.html](http://lb.ua/economics/2015/02/23/296433_life_kupil_litsenziyu_3g_336.html)
2. <http://www.epravda.com.ua/publications/2015/02/23/529974/>
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
4. <https://support.viber.com/customer/ru/portal/articles/1506350->
5. <http://www.osp.ru/telecom/2012/04/13014750>

## **ПРИМЕНЕНИЕ METRO ETHERNET СЕТЕЙ КАК ТРАНСПОРТНЫХ В 4G/5G**

*Рассмотрены традиционные способы организации транспортных сетей для систем мобильной связи. Определены способы построения перспективных транспортных сетей для систем 4G/5G. Показана возможность построения унифицированной единой «общенациональной IP-MPLS сети» способной объединить системы TDM и IP существующих и новых мобильных сетей.*

**O. Nedashkivskyu**

## **APPLICATION OF METRO ETHERNET NETWORK AS TRANSPORT IN 4G/5G SYSTEMS**

*The traditional ways of organizing of transport networks for mobile communication systems are considered. Ways of building a promising transport networks for 4G / 5G systems are presents. The possibility of building a single unified "national IP-MPLS network" capable to combine TDM and IP systems of existing and new mobile networks are shown.*

Инфраструктура для систем сотовой связи была изначально предназначена для коммутации голосового трафика. Но услуги сегодня все больше ориентированы на данные и даже голос транспортируется по сетям передачи данных.

Мобильные приложения сегодня выставляют жесткие требования к параметрам качества услуг QoS (Quality Of Service) и поддержания соглашений об уровне услуг SLA (Service Level Agreement).

Чтобы интегрировать все эти услуги необходима экономически эффективная технология транзитной передачи. Выбор, который существует на данный момент, это сети TDM и ATM, которые уже сегодня не являются экономически эффективными.

Для того, чтобы развиваться в направлении All-IP сетей, необходимо найти эффективный способ построения транспортной сети операторского класса. При этом, сеть должна поддерживать надежность на уровне «пяти девяток». Покажем, почему Ethernet является наиболее подходящим решением для организации транспорта мобильного трафика в 4G и 5G.

Ethernet является преобладающей технологией, используемой в корпоративных локальных вычислительных сетях (ЛВС). Она проста в установке и обслуживании. Ethernet доказала свою эффективность и является недорогой технологией для передачи данных. Но в своем классическом виде она не подходит для мобильного транспорта, который требует строгого поддержания QoS и возможностей OAM.

Технология Ethernet операторского класса (CarrierEthernet), стандартизованная MEF 22 (MetroEthernetForum версия 22) [1], определяет различные сервисы локальных сетей такие, как E-Line (Ethernet Virtual Circuit: виртуальная выделенная линия с топологией точка-точка), E-LAN (Ethernet LAN: виртуальная выделенная ЛВС с топологией многоточка-многоточка) и E-TREE (EthernetTree: виртуальное выделенное дерево с топологией точка-многоточка), что делает обычный Ethernet чрезвычайно надежным, хорошо испытанным и проверенным решением с функциями Ethernet OAM, управления соединениями и отказами, сравнимыми с возможностями TDM, SDH/SONET в мире технологий операторского класса. Рассмотрим наиболее широко используемые способы развертывания транспортных Ethernet сетей для систем мобильной связи:

1) Микроволновый пакетный радиодоступ. Для удаленных узлов NodeBs/eNodeBs, где проводной или оптический доступ не представляется возможным, можно использовать микроволновый пакетный радиодоступ в качестве транспортной сети. Множественный VLAN трафик (Multiple VLAN - Multiple Virtual Local Area Network) от узлов NodeB/eNodeBs

доставляется на основе пакетной коммутации микроволновыми системами, которые могут осуществлять скорости передачи порядка 180-220 Мбит/с;

2) GPON / NG-PON / 10G-PON доступ. В густонаселенных территориях (как правило городах) пакетный радиодоступ уже не является хорошим. Таким образом, в больших городах высокая производительность, экономическая эффективность, высокое качество передачи может быть обеспечено при использовании технологий GPON. В стандарте ITU-T G.984.6 [2] определена пропускная способность системы GPON 2,488 Гбит/с для нисходящего направления и 1,244 Гбит/с для восходящего. Будущие сети PON такие как NG-PON и 10G-PON смогут поддерживать скорости до 10 Гбит/с;

3) Ethernet поверх SDH сетей доступа (EoSDH: Ethernet over SDH Access). Узлы NodeBs, которые располагаются за пределами дальности связи упомянутых выше технологий, могут использовать схему передачи Ethernet пакетов в составе SDH потоков (Ethernet over SDH) на участках предварительного агрегирования транзитных соединений. При этом кадры Ethernet прозрачно переносятся системами SDH/DWDM и доставляются к точке агрегации (Aggregation) Metro Ethernet сети.

Для построения унифицированной единой транспортной сети и сети ядра, работающей в гибридном окружении систем 2G, 2,5G, 3G, 4G на базе Metro Ethernet и IP-MPLS сети необходимо, чтобы транспортные сети уровня доступа, предварительной агрегации и агрегации строились на базе способов, описанных выше. Например, сети 2G и 2,5G ранних версий используют микроволновые системы PDH, SDH и IP-MPLS на уровнях доступа, узлы NodeB в 3G UMTS используют системы микроволнового пакетного радиодоступа, EoSDH и IP-MPLS или GPON-Metro Ethernet и IP-MPLS сети.

Возможно также создание единой общенациональной IP-MPLS сети, которая сыграет важную роль в объединении всех компонентов беспроводных сетей, включая и мобильные сети как 2G/2,5G/3G/4G, так и 5G. При этом традиционный TDM трафик сетей 2G/2,5G может передаваться с использованием таких механизмов как неструктурированная передача TDM-трафика в пакетных сетях (SAToP - Structure-Agnostic TDM over Packet) или эмуляция выделенных каналов в сетях с коммутацией пакетов (CESoPSN - Circuit Emulation Service over Packet Switched Network) по общенациональной IP-MPLS сети, если BSCs и BTSs расположены в разных городах.

Таким образом, будущее транспортных сетей на базе технологии Ethernet, кажется, очень перспективным. В настоящее время самая высокая скорость Ethernet уже достигла 100 Гбит/с, что является вполне достаточным для будущих поколений мобильных сетей 4G и 5G. Кроме того, уже сегодня, до того как линии 40G/100G широко стали применяться операторами связи, начались работы по стандартизации следующего более высокоскоростного интерфейса со скоростью 400 Гбит/с [3]. Это подтверждает, что транспортные сети на базе технологии Ethernet будут еще долго являться наиболее эффективным способом организации транспортных сетей, обеспечиваемым скорости в сотни гигабит в секунду, что является основным для повышения уровня удовлетворенности клиентов качеством предоставляемых услуг.

### Література

1. MEF 22 (MetroEthernetForum версия 22) [Электронный ресурс] // Режим доступу: [https://www.mef.net/Assets/Technical\\_Specifications/PDF/MEF\\_22.1.pdf](https://www.mef.net/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF_22.1.pdf) (08.11.2016р.).
2. ITU-T G.984.6: SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS Digital sections and digital line system – Optical line systems for local and access networks Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Reach extension [Электронный ресурс] // Режим доступу: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.6-200803-I/en> (08.11.2016р.).
3. IEEE P802.3bs Baseline Summary xtension [Электронный ресурс] // Режим доступу: [http://www.ieee802.org/3/bs/baseline\\_3bs\\_0715.pdf](http://www.ieee802.org/3/bs/baseline_3bs_0715.pdf) (08.11.2016р.).

## **ГЕНЕТИЧНІ АЛГОРИТМИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ**

*Одним з важливих призначень генетичних моделей є розв'язок з їх допомогою задач прогнозування значень параметрів ТКС та розв'язок задач прогнозування розвитку системи в цілому, що представляє собою розв'язок задачі еволюції ТКС*

Генетичні алгоритми відносяться до класу евристичних алгоритмів і є перспективним напрямком в області оптимізації та моделювання ТКС.

Бази прогнозованих даних є специфічними компонентами ТКС і їх необхідність в найбільшій мірі обумовлюється використанням генетичних структур для реалізації систем управління ТКС.

Очевидно, що на кожному окремому кроці функціонування генетичної моделі результати прогнозування, яке проводилось для різних періодів часу, повинні запам'ятовуватись в рамках системи, оскільки на основі використання цих даних розв'язується задача побудови еволюційного розвитку системи в цілому. Наявність таких даних дозволяє розв'язувати задачі адаптації еволюційних алгоритмів, тому що в кожному поточний момент функціонування ТКС існують реальні дані про поточний стан системи, в базі прогнозованих даних існують дані, що прогнозувались для поточного моменту та дані, що прогножуються на наступні моменти часу. При цьому сукупності таких даних зберігаються в базах для цілого ряду кроків функціонування системи. Еволюційне прогнозування здійснюється на основі минулих прогнозованих та минулих реальних даних, на основі даних, які зпрогнозовані для поточного моменту та реальних даних поточного моменту, а також на основі даних, зпрогнозованих для наступних моментів з різними інтервалами випередження. Тому бази даних *BBD* повинні взаємодіяти з еволюційними алгоритмами. Для реалізації такої взаємодії необхідно, щоб в склад бази прогнозованих даних входили системи управління даними, які орієнтовані на взаємодію з еволюційними алгоритмами.

В загальному випадку такі бази даних формально можна описати наступним співвідношенням:

$$BPD_i = \Phi_i[D_i, H_i, \psi_i(H_i, G_i)],$$

де  $D_i$  – дані різних груп, що зберігаються в  $BPD_i$ ,  $H_i$  – алгоритми аналізу даних  $D_i$ ,  $G_i$  – еволюційні алгоритми,  $\psi(H_i, G_i)$  – функція, що описує спосіб взаємодії алгоритмів аналізу  $H_i$  даних  $D_i$  з алгоритмами  $H_i$  та еволюційного прогнозування  $G_i$ ,  $\Phi_i$  – функція, що описує залежності між даними  $D_i$ , алгоритмами аналізу даних  $H_i$  та алгоритмами взаємодії  $H_i$  з зовнішніми алгоритмами прогнозування розвитку системи або алгоритмами еволюції  $G_i$ .

### **Література**

1. Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Теория и практика эволюционного моделирования. - М.: Физматгиз, 2003.
2. Батищев Д.А. Генетические алгоритмы решения экстремальных задач. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 1995.
3. Олешко Т.І. Дослідження взаємозв'язку між інформаційною моделлю та базами даних, що входять в склад інформаційної технології. Захист інформації – 2005. Спецвипуск, с.30-35.

*Онищенко В.В., зав. кафедры, к.ф.-м.н., доцент,  
Лучкань С.А., аспирант  
Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев*

### ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ LTE В УКРАИНЕ

*Рассмотрены этапы развития мобильной связи в Украине, особенности частотного диапазона и архитектуры сетей 4G.*

Этапы развития мобильной связи и экономический анализ внедрения.

На сегодняшний день принято разделять развития мобильной связи в мире на пять поколений, каждое из которых имеет свои особенности и определенный прогресс в развитии по сравнению с предыдущим.

Поколение	1G	2G	2,5G	3G	3,5G	4G	5G
Начало разработок	1970	1980	1985	1990	<2000	2000	2014
Реализация	1984	1991	1999	2002	2006-2007	2008-2010	разработка
Сервисы	Аналоговый стандарт, голосовые сообщения	Цифровой стандарт, поддержка коротких сообщений (SMS), скорость передачи данных до 9,6 кбит/сек	Большая емкость, пакетная передача данных, увеличение скорости	Еще большая емкость, скорость до 2 Мбит/с	Увеличение скоростей сетей третьего поколения	Наибольшая емкость, IP-ориентированная сеть, поддержка мультимедиа, скорость до сотень Мбайт/с	Увеличение емкости и расширение спектра, используемых частот
Скорость передачи	1,9 кбит/с	9,6-14,4 кбит/с	115 кбит/с (1 фаза) 384 кбит/с (2 фаза)	2 Мбит/с	3-14 Мбит/с	100 Мбит/с – 1 Гб/с	До 1 Тб/с
Стандарты	AMPS, TACS, NMT	TDMA, CDMA, GSM, PDC	GPRS, EDGE (2,75G), 1xRTT	WCDMA, CDMA2000, UMTS	HSDPA, HS UPA, HSPA, HSPA+	LTE-Advanced, WiMax Release 2 (IEEE 802.16 m), Wireless MAN-Advanced	AMPS, TACS, NMT
Сеть	PSTN	PSTN	PSTN, пакетная передача данных	Пакетная передача данных	Пакетная передача данных	Пакетная передача данных	Пакетная передача данных

Недостатки сети первого поколения привели к развитию следующего, второго поколения мобильной связи, так называемого GSM (от названия группы Groupe Spécial Mobile, позже переименован в Global System for Mobile Communications) - глобального стандарта цифровой мобильной сотовой связи, с использованием множественного доступа комбинированием технологий TDMA и FDMA. Разработан под эгидой Европейского института стандартизации электросвязи (ETSI) в конце 1980-х годов.

Диапазоны развертывания сети 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц, из них в Украине используется 900 МГц, 1800 МГц.

Диаметр соты от 400 м до 50 км. Максимальный теоретический радиус составляет 120 км.

GSM расширяет спектр предоставляемых услуг. Это уже не только голосовые звонки, а и: международный роуминг, передача факсов / данных, переадресация вызова, запрет вызова, SMS, голосовая почта, ожидание / удержание вызова, конференц связь, закрытая группа пользователей, советы по оплате.

Главной особенностью сети третьего поколения является обеспечение скорости передачи данных до 42 Мбит / с.

Технологическими особенностями 3G UMTS является то, что передатчик передает данные одновременно на несколько абонентов. А это значит, что мощность передатчика делится на количество абонентов, а также зависит от «помех», через которые проходит сигнал к мобильному терминалу. То есть, в UMTS не только емкость делится на количество абонентов, но и мощность. Основная суть UMTS - все взаимосвязано: покрытие, емкость и интерференция. Принцип сети UMTS: если увеличивать емкость - ухудшится покрытие и интерференция; если увеличивать покрытие - ухудшится емкость и интерференция; если увеличить интерференцию - ухудшится и емкость и покрытие.

В UMTS для решения проблем перегрузок можно добавлять передатчики. Единственный вариант увеличения емкости - строительство новых БС.

С учетом всех недостатков UMTS возникает вопрос почему же нельзя было улучшить GSM. Ответ на этот вопрос дал Клод Шеннон еще в далеком 1948 году. Он вывел формулу, по которой построен весь современный телекоммуникационный мир. Эта формула стала известной как «Граница Шеннона» и выглядит так:

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right),$$

где

$C$  - Пропускная способность канала, бит / с;

$B$  - Полоса пропускания канала, Гц.

$S$  - Полная мощность сигнала над полосой пропускания, Вт или  $B^2$

$N$  - Полная мощность шума над полосой пропускания, Вт или  $B^2$

$S/N$  - Отношение мощностей сигнала к шуму.

Таким образом, чтобы увеличить скорость передачи данных  $C$ , нужно увеличить полосу канала  $B$  и увеличить соотношение сигнал-шум.

Что Клод Шеннон в далеком 1948 не учел, так это технологии MIMO - использование нескольких антенн для передачи информации. MIMO - это сложный математический алгоритм, который требует больших вычислений. В далеком 1948 году это было очень сложно, сейчас процессоры в современных смартфонах могут легко справиться с этими задачами. Таким образом, формула выглядит так:

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) * \text{MIMO}$$

Международный Союз Связи выбирал технологию для сетей 3-го поколения, произошел отказ от GSM и остановили выбор на CDMA, а точнее WCDMA - Wide Band CDMA, так как только при использовании широких каналов можно достичь больших скоростей передачи данных.

В январе 2008 г. международное партнерское объединение Third Generation Partnership Project (3GPP), утвердил LTE (LTE Long Term Evolution) в качестве следующего после UMTS стандарта широкополосной сети мобильной связи.

*Для чего нужно LTE?*

Объем передаваемых данных в мобильных сетях увеличивается такими темпами, что через некоторое время существующие технологии не смогут обеспечить растущие требования.

LTE (Long Term Evolution), это эволюция идей, знаний и технологий. При разработке LTE были использованы знания о необходимости расширения полосы канала, использование MIMO и приближение абонентов к базовой станции. Казалось бы ничего нового, поэтому LTE - это эволюция, а не революция. Но именно в LTE эти знания были соединены и использованы на полную и результат был фантастическим.

Основной недостаток 3G по сравнению с LTE это то, что в 3G используется фиксированная ширина канала - 5 MHz и не используется технология MIMO.

В LTE же используется Scalable Bandwidth (можно организовать канал шириной 5, 10, 15 и 20 МГц) и поддержка технологии MIMO терминалами LTE является обязательным.

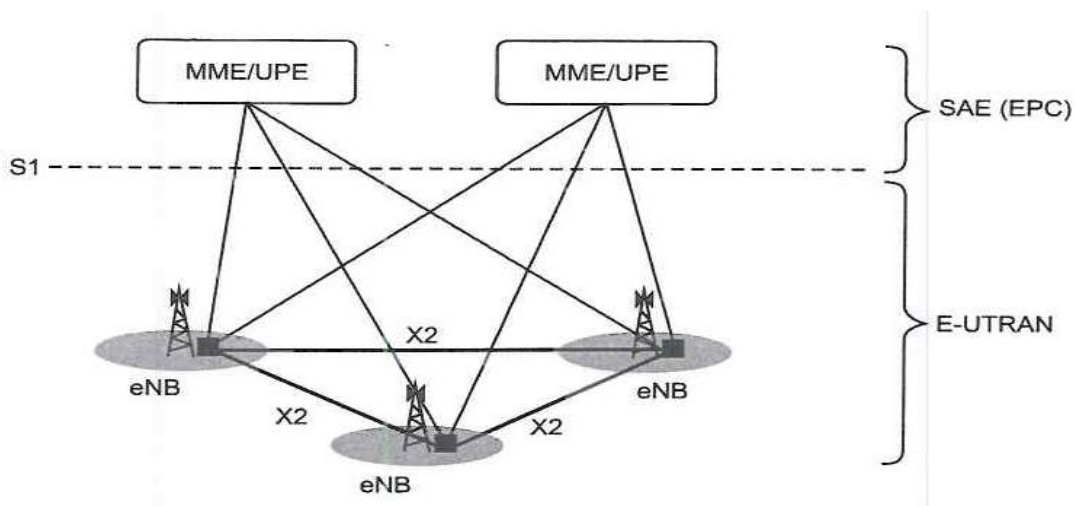
Поэтому и сама технология LTE и доступны на сегодняшний день терминалы позволяют достичь скоростей в разы больше чем в 3G.

Технологические особенности 4G LTE

- Flexible Bandwidth - гибкий выбор полосы канала 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 МГц.
- Более широкий выбор частотного диапазона для развертывания LTE 700, 800, 900, 1800, 2100, 2300, 2600, 3500 МГц и др.
- OFDMA технология радиодоступа.
- 3 схемы модуляции: QPSK, 16QAM, 64QAM. Выбор нужной схемы модуляции в зависимости от радио условий.
- Технология MIMO (Multiple Input Multiple Out) - использование нескольких антенн для передачи данных.
- Carrier Aggregation - технология агрегации частот для увеличения скорости передачи данных.
- All IP архитектура и отсутствие контроллера.

Несмотря на значительное преимущество LTE над 3G UMTS, LTE называют технологией 3.9G, к 4G стандарт LTE не дотягивает. Дело в том, что при разработке стандарта для 3G, требование было достичь скоростей 2 Мб / с. Это требование было выполнено и перевыполнено - на сегодняшний день сети 3G позволяют получить скорости до 42 Мб / с. При разработке стандарта 4G, требование уже было достичь скорости 1 Гб / с. Можно спорить, что 1 Гб / с это уже перебор, но факт есть факт, это требование для технологии 4G. LTE в своем чистом виде это требование не выполняет.

Соответственно, стандарт LTE нужно было дорабатывать, чтобы выйти на скорость 1 Гб / с. Известно, что для увеличения скорости, нужно расширять полосу канала. И вот тут появилась идея объединить куски частот из разных диапазонов в один для увеличения скорости передачи данных. Так родилась идея и технология Carrier Aggregation - агрегация частот. Данная технология была включена в новую версию стандарта LTE, который получил название LTE Advanced и который уже считается технологией 4-го поколения 4G.



Учитывая технологию Carrier Aggregation получит обновленную формулу Шеннона:

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) * \text{MIMO} * \text{CA}$$

Видение развития LTE в Украине основными вендорами:

**Актуальные вопросы развития сетей пост – NGN. Услуги и качество обслуживания.**  
**Планирование и оптимизация сетей мобильной связи**

<b>Nokia</b>	<b>Huawei</b>	<b>ZTE</b>
<p>Упрощенная архитектура радиосети, задержки 10 мс.                      Использование нелицензионного спектра 5ГГц                      LTE - только для передачи данных.                      Голос - через радиоподсистему 2G / 3G и голосовое ядро 2G / 3G                      LTE - для передачи данных и голоса.                      Голос - в режиме VoIP через радиоподсистему LTE и подсистему IMS                      Использование облачных технологий.</p>	<p>Использование TDD и FDD. В случае с TDD экономия спектра за счет одинакового uplink / downlink                      Полоса от 1,4 до 20 МГц (1,4, 3, 5, 10, 20) для (Rel8) и до 100 МГц (Rel10)                      LTE более эффективно использует спектр - более современная модуляция и более высокие схемы кодирования.                      Спектральная эффективность UMTS 2.44 бит на герц, в LTE 15 бит на герц, в LTE advanced 30 бит на герц.                      Технология MIMO (4x4 (Rel8) и 8x8 (Rel10))                      + Повышение помехоустойчивости / отказоустойчивости за счет разнесения</p>	<p>Агрегация частот (Carrier aggregation, Rel.10) позволяет более эффективно использовать существующий портфель частот. (Up to 5 carriers)                      3 схемы модуляции: QPSK, 16-QAM, 64-QAM позволяют eNB выбрать нужную, в зависимости от радиоумов                      Скорость 300/75 Mbps (Rel8) и 3 / 1,5 Gbps (Rel10)                      Технология MIMO 8x8 (Rel10)                      Задержка (Latency) 10 мс против 50с в UMTS</p>

При дальнейшем развитии мобильной индустрии необходимо учитывать экономическую составляющую внедрения новых технологий, которая заключается, прежде всего, в получении прибыли государством (за счет продажи лицензий на использование частотного ресурса и технологий), а также технологические возможности мобильных терминалов. Так, например, в странах, где уже развернута сеть, количество терминалов, поддерживающих данную технологию составляет лишь 25% от общего количества. Эти и ряд технических причин невозможным развертывание сети 5G без предварительного внедрения LTE.



## **ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА ПО ТЕХНОЛИГИИ G.FAST ПРИ РАБОТЕ ПО ОТЕЧЕСТВЕННЫМ АБОНЕНТСКИМ ЛИНИЯМ**

*Рассмотрены причины ограничения скорости передачи системы передачи (СП) по технологии G.fast при работе по отечественным телефонным многопарным кабелям. Определены максимально достижимые скорости передачи СП G.fast по отечественным многопарным кабелям типа ТП при отсутствии помех и искажений. Дана оценка влияния интерференционных и переходных помех на достижимую скорость передачи СП G.fast. Обоснована необходимость вариации длительности защитного интервала для максимизации скорости передачи с учетом интерференции. Оценена эффективность применения системы компенсации переходных помех «векторинг» в СП G.fast при работе по кабелям типа ТП.*

**V. Oreshkov**

## **POTENTIAL CHARACTERISTICS OF BROADBAND ACCESS BY G.FAST TECHNOLOGY AT WORK ON DOMESTIC SUBSCRIBER LINES**

*The reasons of G.fast technology transmission system transmission rate limitations when working on domestic telephone multi-pair cable are considered. The maximum G.fast system achievable transmission rate on domestic TP type multi-pair cables in the absence of noise and distortion is determined. The estimation of the influence of interference and crosstalk to the achievable G.fast system transmission rate is given. The necessity of the guard time interval length variation in order to maximize transmission rate in view of the interference is proved. The "vectoring" system application in G.fast system when working on TP type cables is estimated.*

Технология цифровых абонентских линий (АЛ) G.fast сетей широкополосного доступа (ШПД) предназначена для сохранения существующих телефонных кабелей внутри зданий при построении сетей ШПД FTTx, обеспечив при этом высокие скорости передачи, которые можно сравнить с полностью оптическими сетями ШПД FTTH.

Технология G.fast – это дальнейшее развитие технологии VDSL2, оптимизированная для коротких расстояний и предусматривает подключение по медному многопарному телефонному кабелю 10...30 абонентов со скоростью до 1 Гбит/с [1]. Такое увеличение скорости передачи по медным многопарным телефонным кабелям достигается за счет расширения частотного диапазона до 106 или 212 МГц [2]. При этом возникают определенные задачи, требующие решения.

Во-первых, увеличение собственного затухания телефонного кабеля на высоких частотах, соответственно уменьшение SNR, может приводить к ограничению длины АЛ, при которой целесообразно применение систем передачи (СП) G.fast, а потому, при определенном увеличении длины линии, СП G.fast теряет свои преимущества в скорости перед СП VDSL2.

Во-вторых, переходное затухание между парами многопарного телефонного кабеля, имеющее частотно-зависимый характер, будет приводить к значительным переходным помех на высоких частотах при параллельной работе таких СП. Причем, переходное затухание на дальнем конце имеет еще и зависимость от длины АЛ, поэтому уровень переходных помех на дальнем конце, будет увеличиваться с уменьшением длины линии. Следовательно, при

параллельной работе СП G.fast по многопарному телефонному кабелю будет наблюдаться значительное уменьшение скорости передачи по каждой из них.

В-третьих, широкая полоса частот обуславливает значительные линейные искажения сигнала и наличие интерференционных помех, а значительное количество каналов усугубляет эту проблему. Следовательно, при большой длине линии интерференционные помехи также могут приводить к уменьшению скорости передачи СП G.fast.

Для эффективного внедрения технологии G.fast на отечественных абонентских линиях необходимо определить: при каких предельных длинах АЛ целесообразно применять данную технологию (решение 1 задачи); на сколько переходные помехи ограничивают скорость передачи по отечественным кабелям и как при этом эффективно применение системы компенсации переходных помех «векторинг» (решение 2 задачи); как линейные искажения влияют на работу СП G.fast, и при каких параметрах группового сигнала достигается максимальная скорость передачи (решение 3 задачи).

Было проведено моделирование СП G.fast при работе по многопарным кабелям ТППЭп с диаметром жил 0,4 мм и количеством пар 10, 20 и 30. По методикам [3] и [4] были рассчитаны характеристики СП G.fast, соответственно, с учетом интерференционных и переходных (без применения и с применением векторинга) помех.

На рис.1 приведены результаты расчета скорости передачи без помех при уровне белого шума минус 140 дБм/Гц (уровень теплового шума), с учетом переходных помех без и с применением системы «векторинг» при разной загрузке кабеля системами передачи. А в табл. 1 приведены результаты расчета скорости передачи при вариации длительности защитного интервала с учетом интерференционных помех.

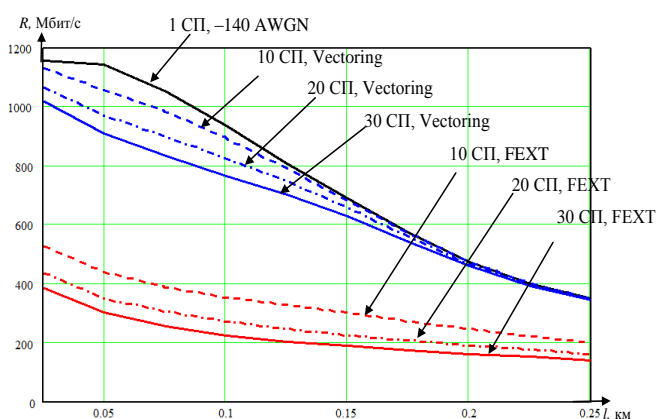


Рис. 1. Скорости передачи СП G.fast с учетом переходных помех (ТППЭп-0,4 мм, AWGM=-140 дБм/Гц)

Табл. 1. Скорость передачи СП G.fast с варьированным защитным интервалом (ТППЭп-0,4 мм, AWGN=-140 дБм/Гц), Мбит/с

L	без учета интерференции			с учетом интерференции		
	128	256	320	128	256	320
$f_{\text{эфф}}$ , кГц	50,1818	48,7059	48	50,1818	48,7059	48
$L_{\text{дл}}$ , м						
50	1192	1157	1141	1178	1151	1136
100	978	949,5	935,8	945,4	946	934,3
150	718	696,9	686,8	683	690,8	684,1
200	495,2	480,6	473,7	433	465,7	467,2
250	365,6	354,8	349,7	301,2	331,3	338,2

Результаты моделирования работы СП G.fast на отечественных кабелях типа ТП-0,4 показали, что:

- при отсутствии помех максимально достижимая скорость передачи 1140 Мбит/с обеспечивается при длине АЛ  $\approx 50$  м, а скорость 1 Гбит/с при длине  $\approx 85...90$  м;
- переходные помехи оказывают существенное влияние на достижимую скорость передачи, например, при полной загрузке 30-парного кабеля скорость передачи падает в 2...5 раз до 200...400 Мбит/с, в зависимости от длины АЛ;
- использование векторинга позволяет существенно повысить скорость передачи по сравнению с вариантом без компенсации переходных помех и падение скорости, по сравнению с вариантом без помех, не превышает 20%, а при длине линии больше 200м переходные помехи практически не сказываются на скорости передачи;
- интерференция также оказывает влияние на скорость передачи СП G.fast и падение скорости, в зависимости от параметров группового сигнала, может достигать 17%, поэтому

важно оптимизировать длительность посылки сигнала в зависимости от величины линейных искажений, например, варьируя длительностью защитного интервала.

### Литература

1. "G.Fast Delivers Gigabit Broadband Speeds To Customers Over Copper (FTTdp)" / [Электронный ресурс] / Tim Verry (2013-08-05) // PC Perspective. – Режим доступа: <http://www.pcper.com/news/General-Tech/GFast-Delivers-Gigabit-Broadband-Speeds-Customers-Over-Copper-FTTdp>. – Дата доступа: 29.08.2015. – Заголовок с экрана.
2. ITU-T. Recommendation G.9701 : Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Power spectral density specification. [Text]. – Appr. 2014-04-04. – Geneva, 2014. – 22 p.
3. Орешков В.І. Оптимізація параметрів групового сигналу систем передачі ортогональними гармонічними сигналами узагальненого класу / В.І. Орешков, І.Б. Барба, О.П. Єгунова // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2016. – № 1. – С. 122 – 129.
4. Орешков В.І. Оцінка ефективності застосування системи «векторинг» на вітчизняних телефонних багато парних кабелях / В.І. Орешков // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2016. – № 1. – С. 90 – 98.

*Отрох С.И., к. т.н., доцент,  
Ярош В.А., аспирант  
Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев*

## **ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ 4G И 5G В МИРЕ И УКРАИНЕ**

*Рассмотрены этапы развития технологий 4G и 5G в мире и Украине. Приведен анализ распределения абонентских устройств LTE производимых различными компаниями. Показаны проблемы внедрения технологий 4G и 5G в Украине и пути их решения.*

На начало 2012 года количество абонентов LTE в мире составляло 60 млн. пользователей, в конце 2015 года их количество перевалило за 1 млрд. На конец второго квартала 2016 года численность достигла 1,453 млрд., а это значит, что каждый пятый абонент мобильной связи в мире подключен к сети LTE. За год база LTE увеличилась на 684 млн. — это соответствует росту в 89%. GSA (The Global mobile Suppliers Association) [1] прогнозирует, что в 2019 году абонентов в сетях LTE станет больше, чем в 3G, а к 2020 году в мире их станет более 3,8 млрд, что составит 45% мировой базы абонентов мобильной связи.

По географическому признаку в 2015 году лидировала Южная Корея (97% территории), где одна из компаний (LGT) достигла показателя 99,6%, за ней следовали Япония и Гонконг (соответственно 90 и 86%), всего же рубеж в 80% покрытия преодолели пять стран. При этом в Корее и Японии уровень покрытия LTE превысил показатель 3G. Корейские и сингапурские компании оказались на первых местах по совокупности показателей покрытия и скорости передачи в направлении абонента. Самая высокая средняя скорость оказалась в Сингапуре — 37 Мбит/с, причем один из местных операторов показал 40 Мбит/с. Средняя скорость LTE в мире составила 13,5 Мбит/с, на целый мегабит больше по сравнению с прошлым исследованием. Скачок значительный: в 2014 году ни у одной компании средняя скорость не выходила за пределы 20 Мбит/с, а по миру едва превышала 9 Мбит/с. Рост объясняется инвестициями в инфраструктуру и развитие LTE-A в ряде стран, таких как Сингапур, Корея, Дания и Австралия, а также развертыванием новых сетей в различных регионах, хотя действует и обратный фактор: с увеличением числа абонентов скорости в этих новых сетях падают. В то же время страны LTE, такие как Швеция, Япония и США, начали отставать из-за отсутствия свободного спектра.

Таким образом, можно четко проследить всплеск подключений к услугам беспроводной сети четвертого поколения. С чем это связано? В первую очередь с тем, что пользователь хочет быть мобильным и не быть привязанным к одной географической точке. Во вторых, конечно, это возможность получить высокоскоростной доступ в сеть интернет и осуществлять обмен фото и видео файлами в реальном режиме времени. Ну и конечно же все это стало возможным с взрывом и разработкой абсолютно новых по своей функциональности и новым по возможностям абонентских устройств.

За 3 года с 2013 по 2016 год количество типов смартфонов увеличилось более чем в 10 раз, с 316 до 3580. На рис. 1 показано, что по состоянию на 2016 год насчитывается свыше 5,6 тыс. моделей абонентских устройств, поддерживающих LTE, что на 72% больше, чем за год до того. За тот же период количество компаний-производителей выросло почти на половину (сейчас их 455). Экосистема LTE почти на две трети состоит из смартфонов, почти все они (98,5%) также поддерживают те или иные технологии 3G. Растет и номенклатура планшетов с LTE. Более половины всех устройств (всего 2864) обеспечивающим передачу данных в сторону абонента с пиковой скоростью 150 Мбит/с.

К основным проблемам внедрения технологий 4G можно отнести наличие полосы частот для разворачивания сети, неравномерное распределение пользователей по

географическому признаку и нагрузки на сеть, экологической безопасности технологии и защиты информации, взрывной волны роста трафика и подключения новых абонентов, а также много других важных технических вопросов связанных с эксплуатацией сети. Все эти вопросы, по всей видимости, будут решены при внедрении и массовом разворачивании сети 5G, а на сегодня все же массово строятся сети 4G и число запущенных в коммерческую эксплуатацию сетей превысило 500.

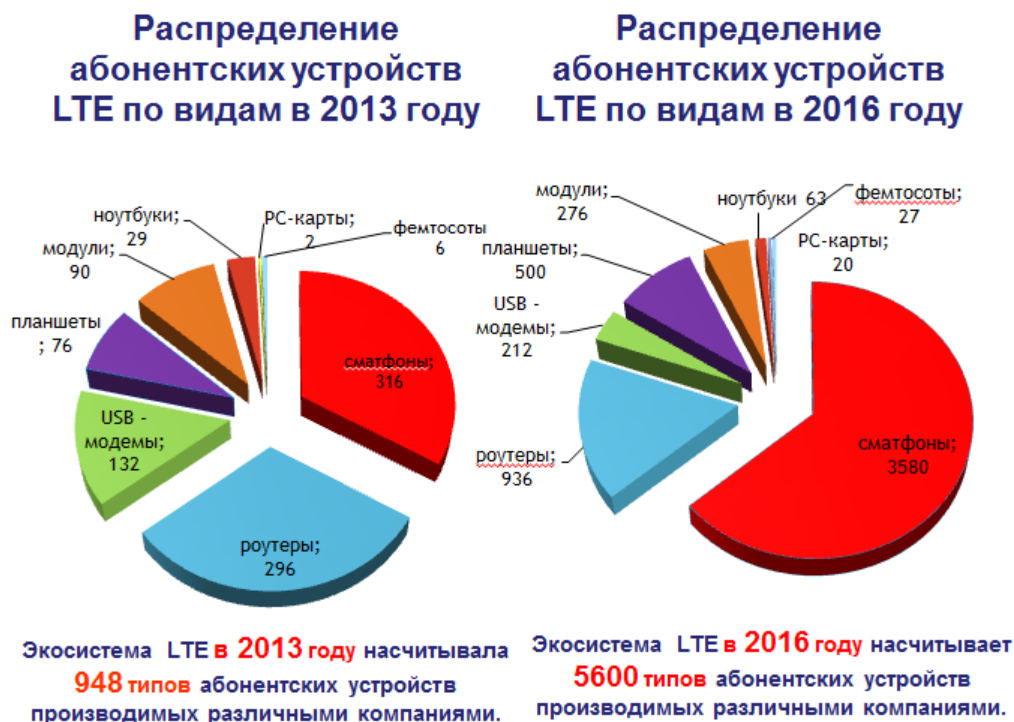


Рис. 1. Распределение абонентских устройств по видам

Четверть операторов уже внедрила следующую итерацию – LTE-A, а некоторые успели запустить технологию следующего поколения – LTE-Advanced Pro, которая обеспечивает пиковые скорости на уровне 1 Гбит/с и выше. Тем временем постепенно обретает очертания следующее поколение мобильной связи – 5G, первые внедрения которой планируются, начиная с 2020 года.

По оценкам международных экспертов технология 5G должна быть направлена на достижение следующих результатов:

- увеличение в разы максимальной скорости передачи данных;
- обеспечение доступа в сеть Интернет в любой точке на скорости 1 Гбит/с и значительно выше;
- переход на облачную инфраструктуру SDR и SDN;
- использование масштабируемой и экономичной транспортной сети;
- обеспечение гарантированного QoS для любых видов услуг.

В Украине отрабатывается нормативно-техническая база по внедрению LTE, план состоит в том, чтобы сначала провести расчистку и дефрагментацию спектра, а уже затем — аукцион. В конце июля оператор «Интеллектуальные коммуникации» [2], провел тест LTE в диапазоне 2,3 ГГц, который использует для предоставления услуг доступа по технологии WiMAX — однако, насколько известно, дальше тестов дело так и не пошло и попытка таким образом получить лицензию на LTE без конкурса ничего не дала.

В начале сентября в Верховную раду был внесен проект закона «О радиочастотном ресурсе» [3], который вводит принцип технологической нейтральности – в случае его принятия для использования технологии, согласование со стороны государства будет уже не нужно.

По оптимистичным оценкам, запуск LTE в Украине состоится где-то в 2018 году, но к тому времени можно будет думать о внедрении 5G, что значительно сократит инвестиционные затраты операторов телекоммуникаций на разворачивание сетей и повысит экономическую эффективность проекта. Но все же обязательно нужно отметить угрожающе низкий уровень ARPU (Aggregate Revenue per User) и увеличение средних объемов потребления трафика пользователями услуг. Соответственно, операторам придется для сохранения конкурентных позиций постоянно инвестировать как в наращивание пропускной способности радиосети так и собственной магистральной сети к которой будут подключены базовые станции при одновременном снижении цен на услуги доступа, который приводит к угрожающему снижению прибыльности.

На 2016 год пользователи услуг широкополосного доступа не хотят платить в месяц больше чем 3 евро, что негативно скажется на полном покрытии всей территории Украины. Операторы вынуждены будут разворачивать новые сети 5G, для того, чтобы предоставлять высшую скорость передачи данных и конвергентные услуги более эффективным способом и оказывать конечному пользователю несколько услуг, используя одну и ту же инфраструктуру.

### Литература

1. *The Global mobile Suppliers Association [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://gsacom.com/>.*
2. *Giraffe [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.giraffe.ua/>.*
3. *Информационное агентство ИНФОРМ-UA [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://inform-ua.info/>.*

**П'янтковська Н. О., студентка**  
Інституту телекомунікаційних систем,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,  
м. Київ

## **ОПТИМІЗАЦІЯ МЕРЕЖ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ТЕХНОЛОГІЇ 5G**

*Розглянуто технології побудови мереж 5G. Наведено основні завдання для оптимізації мереж для 5G та охарактеризовано ті зміни, що мають застосовуватись операторами для перепланування мереж мобільного зв'язку. Показано перспективні напрямки розвитку технології 5G для практичного застосування на території України.*

**N. Piantkovska**

## **OPTIMIZATION OF MOBILE NETWORK 5G TECHNOLOGY**

*We consider technology to build networks 5G. The basic tasks to optimize networks for 5G and characterized the changes that operators have to reschedule for application of mobile networks. The perspective directions of development of 5G technologies for practical application in Ukraine.*

В Україні мобільна технологія - "5G" експериментально може бути надана користувачам вже у 2020 року, яка допоможе безперешкодно людям встановлювати зв'язок з іншими користувачами, мобільними додатками та смарт-технологіями. У цьому контексті українські оператори та їх європейські партнери, згідно з стандартами Міжнародної системи мобільного телефонного зв'язку, починають підлаштовувати обладнання та мобільні пристрої в напрямку реалізації «5G» - майбутнього мобільного широкосмугового зв'язку.

Основним завданням перепланування мереж для 5G є необхідність реалізації методів "гібридного" використання спектра на основі доступу до смуг частот з різною формою авторизації прав операторів 5G - загального доступу (неліцензовані ділянки спектра), індивідуального доступу (ліцензований шерінг, які підлягають ліцензуванню смуги для індивідуального використання) з використанням механізмів управління «Spectrum Toolbox».

У іншому випадку, коли користувачі знаходяться близько один від одного, і в особливості, коли інформація специфічна для конкретного місця використання, має сенс організація обміну даними безпосередньо між пристроями по протоколу «Пристрій-пристрій» (D2D), ніж за допомогою інфраструктури мережі. Під управлінням мережевого протоколу, D2D запропонує локальним службам надійність класу операторам мобільного зв'язку, т. к. мережа зможе управляти трафіком D2D в ліцензованому діапазоні. В рамках стандартів LTE вже робляться перші кроки до інтеграції D2D в мережеві комунікаційні технології. Крім того, D2D зможе послужити важливим компонентом для додатків NSPS, оскільки дозволяє використовувати локальний зв'язок, навіть в разі пошкодження мережевої інфраструктури

Змінами в плануванні мереж 5G стане впровадження нових методів обробки сигналів COMP, модуляції 256QAM, технології NB-IoT з вузькосмуговими каналами (шириною 180 кГц) для обслуговування зон розміщення IoT – пристроїв з кількістю понад 50 тис. на соту, використання неліцензованих смуг частот діапазону 5 ГГц для каналів мереж LTE, розширення можливостей агрегації спектра з 5-ти до 32-х компонентних несучих.

Таким чином, можна зробити висновки, аби модель мобільної технології здобула практичного поширення на території України, має бути розроблені нові методики планування, що враховують інноваційні підходи до управління та використання радіочастотного спектру та оптимізовані методи обробки сигналів, що дозволить надавати повний спектр послуг мобільного зв'язку в стандарті 5G.

### Література

1. *Планирование и оптимизация сетей на пороге 5G / С. Попов. –М: Первая миля, 5/2016. – 35 с.*
2. *Palomar DP, Chiang M: A tutorial on decomposition methods for network utility maximization. IEEE J. Sel. Areas Commun 2006, 13 p.*
3. *Цифровые сотовые системы связи / А.И. Берлин. – М.: Эко-Трендз, 2007. – 296 с.*
4. *Shakil Akhtar, 2G-5G Networks: Evolution of Technologies, Standards, and Deployment. Encyclopedia of Multimedia Technology and Networking, Second Edition, 2009, 11 p.*



**Письменный І.С., студент**  
Інституту телекомунікаційних систем,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,  
м. Київ

## **АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ РОЗВИТКУ МЕРЕЖ ПОСТ-NGN**

*Розглянуто розвиток мереж пост-NGN на прикладі Інтернет речей (IoT). Наведено основні проблеми та методи вирішення їх в контексті співпраці транснаціональних корпорацій та удосконаленню компонентів мережі.*

**I. Pysmennyi**

### **CURRENT ISSUES OF NETWORKS POST-NGN**

*We consider the development of networks post-NGN for example Internet of Things (IoT). The basic problems and methods of solving them in the context of cooperation between transnational corporations and the improvement of network components.*

Інтернет речей в даний час охоплює практично всі аспекти людського життя і існування. Ці IoT є в наших тілах, спостерігаючи нашу діяльність, ведуть моніторинг та звітність роботи наших приладів, будинків, наших машин і навколишнього середовища, вони починають відігравати певну роль в нашому здоров'ї, фітнесі і благополуччя, є невід'ємною складовою нашого комфорту, розваг, нашої фінансової діяльності, а також багато інших аспектів нашого життя.

Темпи розробки нових типів датчиків і пристроїв набуває колосальних темпів. Дані, які створює IoT доступні через Інтернет. Зокрема, ми стикаємося з однією проблемою: “Чи є у нас можливість аналізувати всі ці дані одночасно, щоб визначити потрібні вони нам чи ні?” Згідно з оцінкою, лише 0,5 відсотка всіх отриманих даних аналізується сьогодні, і ця цифра невпинно падає.

В короткостроковій перспективі розглядають варіант сумісності програмного забезпечення пристроях, мережах і рівнях обміну даними. Ці питання можуть бути вирішені на основі нашого минулого досвіду. Наприклад, співпраця Samsung і Google започаткувала використання Bluetooth Smart для підключення одного пристрою до іншого. Samsung, Dell, Intel, Open Interconnect Consortium спільними зусиллями працюють над тим, щоб підключити будь-який пристрій з іншим, незалежно від операційної системи.

Проте, проблема інтеграції та взаємодії даних і інформації є більш важливим і складним завданням. З цією метою було введено використання так званого семантичного шлюзу в якості служби (SGS), протокол обміну повідомленнями (XMPP), протокол інтернет-додатків (COAP) і MQTT. Функціональна сумісність також забезпечується консорціумом World Wide Web за рахунок SSN-онтології. По-суті для забезпечення семантичної сумісності IoT-даних World Wide Web в парі з консорціумом Open Geospatial розробили міжнародний стандарт з SSN.

Сьогодні ми все частіше стикаємося з поняттям “розумний ” (smart). Ми всі чули про смарт-годинник, розумний будинок, розумну будівлю, розумний автомобіль, розумне місто, інтелектуальна мережа. Зрештою, як зазначає Тім О'Райлі: “IoT спроба подолати існуючі обмеження людського тіла через штучні засоби”.

Таким чином, IoT стає невід'ємною складовою комунікації, управління, а також у створенні знань з великими обсягами даних. Це призведе до якісно нового способу життя. Було б справедливо сказати, що ми не можемо передбачити, як життя зміниться. Ми не передбачали розвиток Інтернету, Web, соціальних мереж, Facebook, Twitter, мільйони додатків для смартфонів т.д., які змінили наш спосіб життя. Нові проблеми досліджень виникають у зв'язку з масштабністю пристроїв, підключенню фізичних та кібер-світів,

відкритість систем,. Хотілося б сподіватися на більш тісну співпрацю між науковими спільнотами для того, щоб вирішити безліч проблем раніше, ніж це доводиться зараз.

### Література

1. P. Desai, A. Sheth, and P. Anantharam, “Semantic Gateway as a Service Architecture for IoT Interoperability,” arxiv, 18 Oct. 2014 <http://xxx.tau.ac.il/abs/1410.4977>
2. M. Compton et. al., “The SSN Ontology of the W3C Semantic Sensor Network Incubator Group,” J. Web Semantics, Dec.2012, doi:10.1016/j.websem.2012.05.003
3. T. O’Reilly, “#IoT: The Internet of Things and Humans,” O’Reilly Radar, 16 Apr. 2014.
4. A. Sheth, “Computing for Human Experience: Semantics-Empowered Sensors, Services, and Social Computing on the Ubiquitous Web,” IEEE Internet Computing, vol. 14, no. 1, 2010; doi:10.1109/MIC.2010.4

**Порошин С. М., д.т.н., проф.,**  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков  
**Гаркуша С.В., д.т.н., доцент,**  
Полтавский университет экономики и торговли, г. Полтава  
**Можжаев А. Аю, д.т.н., проф.,**  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

## **КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРЕБОВАНИЙ К СОВРЕМЕННЫМ И ПЕРСПЕКТИВНЫМ БЕСПРОВОДНЫМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ**

*Проведен анализ требований к современным и перспективным беспроводным телекоммуникационным системам. Определено, что основной функцией беспроводных сетей является предоставление пользователям широкого спектра беспроводных услуг связи с обеспечением указанного уровня качества обслуживания. Определены основные требования к беспроводным сетям для обеспечения этой функции. Изучены факторы, которые сдерживают предоставление широкого спектра мультимедийных услуг потребителям. Для существенного повышения производительности существующих и перспективных беспроводных телекоммуникационных сетей предложено во-первых обеспечить оптимальное управление информационными потоками в сети, а во-вторых всемерно развивать и совершенствовать пост – NGN сети, в том числе 4G и 5G. В докладе обсуждаются перспективы развития и сложности их внедрения.*

**S. Poroshin, S. Garkusha, O.Mozhayev**

## **QUALITATIVE PERFORMANCE REQUIREMENTS FOR MODERN AND ADVANCED WIRELESS TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS**

*The analysis of the requirements for current and future wireless telecommunications systems. It was determined that the main function of wireless networks is to provide users with a wide range of wireless communication services to ensure the specified quality of service level. The basic requirements for wireless networks to provide this function. The factors that hinder the provision of a wide range of multimedia services to consumers. To significantly improve the performance of existing and future wireless telecommunications networks invited firstly to ensure optimal management of information flows in the network, and secondly fully develop and improve post - NGN network, including 4G and 5G. The report discusses the prospects for development and the complexity of their implementation.*

На сегодняшний день использование новых форм социальной и экономической деятельности, базирующихся на широком использовании информационных и телекоммуникационных технологий, определяет переход от индустриального к информационному обществу. Технологической основой такого общества является Глобальная информационная инфраструктура (Global Information Infrastructure, GII), которая должна обеспечить возможность свободного доступа пользователя к информационным ресурсам в любой точке земного шара. Системы телекоммуникаций являются материальной и системообразующей основой подобной инфраструктуры, что определяет необходимость создания высокоэффективной телекоммуникационной среды на уровне государства [1,2]. Основной функцией беспроводных ТКС является предоставление пользователям широкого спектра беспроводных услуг связи с обеспечением указанного уровня качества обслуживания

(Quality of Service, QoS) [3]. С целью выполнения указанной функции к беспроводным ТКС, по аналогии с [4], выдвигается ряд требований основными из которых являются: мультисервисность, под которой понимается способность предоставления как можно большего набора услуг и сервисов с обеспечением независимости технологий предоставления услуг технологий беспроводной связи; мультимедийность, под которой понимается способность беспроводной ТКС передавать многокомпонентную информацию (речь, данные, видео, аудио); мультипротокольность, под которой понимается свойство обеспечивать перенос (транспортировку) различных видов информации с использованием различных протоколов передачи и поддержки сервисов; обеспечение широкого спектра градаций качества обслуживания пользователей и поддержки классов обслуживания.

Однако сдерживающим фактором внедрения широкого набора мультимедийных услуг является невысокая производительность беспроводных телекоммуникационных систем. В ходе исследований был проведен анализ различных подходов, направленных на повышение производительности беспроводных телекоммуникационных систем. Среди них особого внимания заслуживают подходы, направленные на использование технологии интеллектуальных антенных решеток, разнесение сигнала по поляризации, разработку методов модуляции и кодирования сигнала, на использование технологии ММО и т.д. Однако в результате анализа было установлено, что наибольшую эффективность в повышении производительности обеспечивает оптимальное управление сетевыми ресурсами. Ввиду значимых различий между указанными видами сетевых ресурсов, принципы управления ими могут существенно отличаться.

Дальнейшие исследования были посвящены перспективам развития пост - NGN, 4G и 5G сетей, которые должны заменить существующие. Первые прототипы 5G уже появились Южной Кореи. Компания SK Telecom представила новую технологию на открытии исследовательского центра, который займётся её развитием. А к XXIII зимним Олимпийским играм 2018 г. в Южной Кореи компания планирует построить сеть 5G по всей стране, NTT DoCoMo тоже намерен запустить 5G-сеть в Японии к летним Олимпийским играм 2020 г. в Токио. Также быстрыми темпами идут работы по созданию 5G-сетей в США, ЕС, ряде стран северной Европы, в том числе Швеция и Эстония. В настоящее время идут работы по созданию технологии 4,5G LTE Advanced Pro, внедрение которой планируется в течение следующих четырёх лет. Благодаря этому компания Qualcomm сможет поддерживать как более широкий спектр частот, необходимых для стандарта 5G, так и ранее развёрнутые сети LTE, что уменьшит задержки и увеличит пропускную способность. Особенности предлагаемой сети является -высокая пропускная способность благодаря объединению спектров частот; -поддержка 32 операторов одновременно и увеличение пропускной способности благодаря объединению частот и распределению сетевого трафика между операторами; -10-кратное снижение задержки в сравнении с LTE Advanced при использовании существующих вышек и частот с 1 мс до 70 мкс; -использование ресурса входящей линии связи для нужд исходящей; -увеличение количества антенн на базовых станциях для увеличения зоны покрытия и мощности сигнала; -повышение энергосбережения IoT-устройств сужением диапазона до 1,4 МГц и 180 кГц (до 10 лет на одной батарее); -1 Гбит/с для обмена информацией между автомобилями, пешеходами и IoT-устройств; - сканирование окружения без включения Wi-Fi или GPS на мобильном устройстве. Таким образом, повсеместное внедрение в Украине сетей 4G , 5G или 4,5G позволит существенно повысить качество предоставляемых потребителю услуг.

### Література

1. Garkusha S.V. *The service required quality ensure model of LTE technology downlink* / S.V. Garkusha, A.K. Al-Dulaimi, K.H. Al-Janabi // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий «Информационно-управляющие системы»*. – 2013. – Вып. 4/9 (64). – С. 35-38.

Актуальные вопросы развития сетей пост – NGN. Услуги и качество обслуживания.  
Планирование и оптимизация сетей мобильной связи

2. Дубов Д.В. Широкополосный доступ до сети интернет как важная предпосылка инновационного развития Украины: аналит. доп. / Д.В. Дубов, М.А. Ожеван. – К.: НИСД, 2013. – 108 с.
3. Гаркуша С.В. Разработка и анализ модели распределения подканалов в сети стандарта IEEE 802.16 / С. В. Гаркуша // Вісник національного університету «Львівська політехніка»: Радіоелектроніка та телекомунікації. – 2012. – № 738. – С. 177–185.
4. Можаяв О.О. Оцінка інформаційної ємності мобільних інформаційних мереж / Можаяв О.О., Обод І.І., Яценко І.Л. // Системи обробки інформації Збірник наукових праць. – Харків: ХУПС. – 2014. – Вип.5(121). – С.136-138.

**Придибайло О.Б.,**  
ст. викладач кафедри  
Обчислювальної техніки ДУТ

## **ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНОЇ ПОХИБКИ ПРИ ПОДАЧІ НА ВХІД ДЕТЕРМІНОВАНОГО СИГНАЛУ З НАКЛАДЕНОЮ ЗАВАДОЮ**

*Рассмотрена дисперсия фазовой ошибки в системе фазовой автоподстройки с принципом управления по отклонению. За счёт выбора оптимальных параметров замкнутого контура управления она может быть уменьшена. Предложена методика синтеза оптимальных параметров МКУ из условия минимизации СКО. За счёт МКУ может быть дополнительно уменьшена дисперсия фазовой ошибки.*

В різних областях радіоелектроніки, телекомунікація та вимірювальних комплексах широко використовуються системи авторегулювання швидкості періодичних та квазіперіодичних процесів для отримання необхідних співвідношень між ними. Такі системи називаються системами (ФАП).

Основними показниками якості систем ФАП є точність в синхронних режимах при повільних змінах фази сигналу, що задає та швидкодію при ступінчатих змінах фази.

При використанні кільце ФАП повинне володіти такими параметрами, щоб при завданні будь-якої з частот, що входять в множину частот підсилювача, перетворювача частот та ін., у кільці встановлювався режим синхронізації. В цьому режимі значення частоти вихідного коливання кільця з точністю, що визначається відносною нестабільністю частоти еталонного генератора, дорівнювало б заданому значенню частоти вихідного коливання синтезатора.

Дисперсія фазової помилки в системі ФАП з принципом управління по відхиленню може бути зменшена за рахунок вибору оптимальних параметрів замкнутого контуру управління. Однак, вибір параметрів замкнутого контуру пов'язаний з необхідністю розв'язання проблеми стійкості. Цей недолік властивий системам ФАП з управлінням по відхиленню, повністю усувається в системах ФАП з МКП(масштабуючими коригуючими пристроями). За рахунок МКП може бути додатково зменшена дисперсія фазової помилки. На вхід системи ФАН поступає корисний сигнал  $\alpha(t) = \alpha_0 + \alpha_1 t$  з накладеною завадою зі спектральною густиною  $S_n(w) = N_0 = const$ . Передаточна функція системи ФАН в розімкненому стані визначається виразом

$$W_p = \frac{K_p}{S(1 + T_\phi S)},$$

а передаточна функція системи ФАН відносно похибки визначається виразом

$$W_{\Delta\varphi_\alpha} = \frac{\Delta\varphi_\alpha(t)}{\alpha(t)} = \frac{(T_\phi p + 1)p}{(T_\phi p + 1)p + K_p}$$

Розкладаючи  $W_{\Delta\varphi_\alpha}(S)$  в ряд за коефіцієнтами похибки, одержуємо

$$W_{\Delta\varphi_\alpha}(S) = K_0 + K_1 S + K_2 S^2 + \dots,$$

де

$$K_0 = 0; K_1 = \frac{1}{K_p};$$

Тоді, маємо

$$\Delta\varphi_\alpha(t) = K_0(\alpha_0 + \alpha_1 t) + K_1 \frac{d\alpha(t)}{dt} = K_1 \alpha_1 = \frac{\alpha_1}{K_p}.$$

Дисперсія похибки відпрацювання корисного сигналу

$$\overline{\Delta\varphi_\alpha}^2 = D_\alpha = K_1^2 D_{\alpha_1} = \frac{D_{\alpha_1}}{K_p^2},$$

де  $D_\alpha$  – дисперсія швидкості зміни корисного сигналу  $\alpha_1$ .

Дисперсія фазової похибки, що зумовлена завадою, визначається за формулою

$$\overline{\Delta\varphi_n}^2 = D_n = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty W_s(jw)^2 S_n(w) dw = \frac{N_0}{\pi} \int_0^\infty \frac{K_p^2}{T_\phi(jw)^2 + jw + K_p} dw.$$

У відповідності з табличним інтегралом одержуємо

$$D_n = \frac{N_0 K_p}{\pi} \frac{a_0 b_1}{a_2} - b_0 \quad 2a_0 a_2 = \frac{N_0 K_p}{2\pi},$$

де  $b_0 = 0$ ;  $b_1 = 1$ ;  $a_0 = T_\phi$ ;  $a_1 = 1$ .

З врахуванням виразів (1.3) та (1.4) сумарна дисперсія фазової похибки системи ФАН визначається виразом

$$D_\Sigma = D_\alpha + D_n = \overline{\Delta\varphi_\alpha}^2 + \overline{\Delta\varphi_n}^2 = \frac{D_{\alpha_1}}{K_p^2} + \frac{N_0 K_p}{2\pi}.$$

Аналіз виразу (1.5) дозволяє зробити висновок: щоб зменшити дисперсію сумарної похибки, необхідно в складовій похибці від корисного сигналу збільшувати коефіцієнт передачі  $K_p$  системи ФАН, а в складовій завади необхідно коефіцієнт  $K_p$  зменшувати. Для визначення оптимального значення  $K_p$  візьмемо часткову похідну  $\partial D_\Sigma / \partial K_p$  та прирівняємо її до нуля:

$$\frac{\partial D_\Sigma}{\partial K_p} = -\frac{2K_p D_{\alpha_1}}{K_p^4} + \frac{N_0}{2\pi} = 0$$

З рівняння (1.6) отримуємо

$$K_p = K_{p_{\text{опт}}} = \frac{\sqrt{2D_{\alpha_1}\pi}}{N_0}.$$

Тоді сумарна дисперсія з врахуванням виразу (1.7) визначається

$$D_\Sigma = D_{\Sigma \text{min}} = \frac{D_{\alpha_1}}{K_{p_{\text{опт}}}^2} + \frac{N_0 K_{p_{\text{опт}}}}{2\pi}.$$

Таким чином, складова дисперсії  $D_\alpha$  зменшується за рахунок коефіцієнта підсилювання  $K_p$ , а складова  $D_n$  збільшується. Тому задача синтезу системи ФАН складається з того, щоб вибрати такі параметри (зокрема коефіцієнта передачі  $K_p$ ), при яких забезпечується мінімум сумарної дисперсії.

### Література

1. Шахтарин Б.И. Анализ систем синхронизации при наличии помех. – М.: ИПРЖР, 2-е изд., перераб. и доп. – 2016. – 360 с.
2. Вагапов В.Б. Радиоавтоматика радиолоэлектронных систем. – К.: Вища школа, 1988. – 351 с.

*Примаченко В. І., аспірант,  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ*

## **НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДУЛЯЦІЇ МЕРЕЖ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ П'ЯТОГО ПОКОЛІННЯ**

*У даній роботі описано основні методи перспективних технологій UF-OFDM, FBMC, і GFDM, які є логічним продовженням розвитку OFDM-модуляції. Багато в чому FBMC має багато спільного з CP-OFDM та OFDM, які використовують циклічний префікс в якості захисного сигналу. UFMC можна розглядати як розширення CP-OFDM. GFDM являється гнучким методом передачі з декількома несучими, який багато в чому схожий з OFDM. UF-OFDM використовує фільтрацію, щоб забезпечити свої унікальні характеристики.*

*V. Prymachenko*

## **NEW TECHNOLOGIES MODULATION MOBILE NETWORK FIFTH GENERATION**

*In the given work describes the basic methods of advanced technology UF-OFDM, FBMC, and GFDM, which is a logical extension of OFDM-modulation. Largely FBMC has much in common with the CP-OFDM and OFDM, using cyclic prefix as a protective signal. UFMC be regarded as an extension of the CP-OFDM. GFDM is a flexible method of transmission with multiple carriers, which in many ways similar to OFDM. UF-OFDM uses filtering to provide their unique characteristics.*

Історично склалося, що нові покоління технологій радіодоступу впроваджуються з інтервалом приблизно десять років, щоб впоратися з ростом мобільного Інтернет-трафіка. Це дозволяє в повній мірі скористатися еволюцією технологічні компоненти без яких-небудь застарілого тягаря.

В 2010 р. завершено розробку специфікацій технології Long Term Evolution - Advanced (LTE-A), яка відноситься до 4-го покоління (4G) технологій мобільного зв'язку. Технології радіодоступу 5-го покоління (5G), як очікується, стануть доступні для комерційного запуску близько 2020 р. [1]. Їх розвиток триватиме до 2030, після чого ми зможемо отримати потенційний досвід користування технологіями 6-го покоління (6G).

Оскільки на даний час виконується стандартизація технологій мобільного зв'язку, щоб закласти фундамент безпроводових мереж 5G, існує загальна думка про необхідність заміни фундаментальної технології OFDM за рахунок більш ефективних, які здатні краще функціонувати в умовах 5G. З цією метою, в 2015-2016 рр., були введені ряд нових форм модуляції. Варто відзначити, що в той же час, ці методи мають основний принцип технології OFDM. Основна ідея технології OFDM полягає в тому, щоб розділити частотно-вибірковий канал на низку вузькосмугових підканалів. По цих підканалах або піднесучим ортогональні вузькосмугові сигнали передаються паралельно. Оскільки кожен з цих сигналів зазнає неглибоке завмирання, то досить простої скалярної корекції каналу.

Є кілька нових технологій модуляції 5G, які розглядаються [2]:

FBMC (Filter Bank Multi-Carrier). Багато в чому FBMC має багато спільного з CP-OFDM та OFDM, які використовують циклічний префікс в якості захисного сигналу 4G. Замість того, щоб фільтрувати всю смугу, як у випадку OFDM, FBMC фільтрує кожну піднесучу індивідуально. FBMC не має циклічного префікса, і в результаті він здатний забезпечити дуже високий рівень спектральної ефективності.

Фільтри піднесучих мають дуже вузьку смугу і вимагають тривалих постійних часу фільтра. Зазвичай постійна часу в чотири рази більше, ніж основна довжини символу з



великою кількістю піднесучих, і в результаті, поодинокі символи перекриваються в часі. Для досягнення ортогональності використовується QAM в якості схеми модуляції, так як FBMC не ортогональна, щодо комплексної площини.

UFMC (Universal Filtered MultiCarrier). Цей метод модуляції 5G можна розглядати як розширення CP-OFDM. Вона відрізняється від FBMC в тому, що замість того, щоб фільтрувати кожен піднесучу окремо, UFMC розділяє сигнал на деяку кількість піддіапазонів, які потім фільтруються.

UFMC не має використовувати циклічний префікс, хоча його можна використовувати для поліпшення захисту від перешкод між символами.

GFDM (Generalised Frequency Division Multiplexing). GFDM являється гнучким методом передачі з декількома несучими, який багато в чому схожий з OFDM. Основна відмінність полягає в тому, що піднесучі не є ортогональними один до одного. GFDM забезпечує краще управління позасмуговою емісією та зменшення піку потужності в співвідношенні з середньою потужністю. Обидві ці проблеми є основними недоліками технології OFDM.

UF-OFDM (Universal Filtered OFDM). Як видно з назви цей вид OFDM використовує фільтрацію, щоб забезпечити свої унікальні характеристики. При використанні UF-OFDM, смуга частот каналу, по якому сигнал має бути переданий, розділена на кілька піддіапазонів. Різні типи послуг розміщені в різних піддіапазонах з найбільш придатною формою сигналу. Це дозволяє набагато краще використовувати спектр для різноманітності послуг.

## Література

1. Mogensen Preben, Pajukoski Kari, Tiirola E. *5G small cell optimized radio design* [Електронний ресурс] Preben Mogensen, Kari Pajukoski, E. Tiirola // Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/269304509\\_5G\\_small\\_cell\\_optimized\\_radio\\_design](https://www.researchgate.net/publication/269304509_5G_small_cell_optimized_radio_design)
2. Poole Ian *5G technology tutorial includes* [Електронний ресурс] Ian Poole // Режим доступу: <http://www.radio-electronics.com>

**Пшонник В.А., аспирант**  
Государственный университет телекоммуникаций,  
г. Киев

## **MESH-СЕТИ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНДАРТОВ 4G LTE**

*Рассмотрены перспективы использования стандартов 4G LTE в Mesh-сетях при условиях агрессивного воздействия*

**V. Pshonnik**

## **MESH-NETWORK: PROSPECTS FOR THE USE 4G LTE STANDARDS**

*It were reviewed the perspectives of 4G LTE standarts in mesh-networks under conditions of aggressive impacts*

Mesh-сети – сетевая топология, в которой беспроводные устройства объединяются многочисленными (часто избыточными) соединениями, вводимыми по стратегическим соображениям. Идея самоорганизующейся сети, имеющей децентрализованное управление и обладающей высокой степенью надежности, была предложена давно, но эффективная реализация подобной технологии стала возможной в результате быстрого развития беспроводных технологий.

В последнее время получили распространение телекоммуникационные сети передачи данных, организованные в соответствии с топологией Mesh. Масштабы проектов увеличились до десятков тысяч точек доступа и сотен тысяч пользователей по всему миру. Mesh-сети предоставляют наиболее интересные решения, интегрирующие различные технологии беспроводного доступа. Возможность организации с помощью Mesh-топологии локальных (LAN) и городских (MAN) сетей, легко интегрируемых в глобальные сети (WAN), является положительным фактором для операторов связи, разворачивающих свои сети в мегаполисах.

Топология MESH-сетей основана на децентрализованной схеме организации связи между активными узлами сети. Узлы доступа, используемые в Mesh-сетях, не только предоставляют услуги абонентского доступа, но и выполняют функции маршрутизаторов (ретрансляторов) для других узлов той же сети. За счет этого появляется возможность создания больших зон покрытия сети с взаимозаменяемыми активными узлами, а также возможность масштабирования (в этом случае новые узлы добавляются в сеть автоматически).

Mesh-сеть имеет следующие возможности:

- создание зон сплошного информационного покрытия большой площади;
- масштабируемость сети (увеличение площади зоны покрытия и плотности информационного обеспечения) в режиме самоорганизации;
- использование беспроводных транспортных каналов (backhaul) для связи точек доступа в режиме “каждый с каждым”;
- устойчивость сети к потере отдельных элементов.

Mesh-сети строятся как совокупность кластеров. Территория покрытия разделяется на кластерные зоны, число которых теоретически не ограничено. В одном кластере размещается от 8 до 16 точек доступа. Одна из таких точек является узловой (gateway) и подключается к магистральному информационному каналу с помощью кабеля (оптического либо электрического) или по радиоканалу (с использованием систем широкополосного доступа). Узловые точки доступа, так же как и остальные точки доступа (nodes) в кластере, соединяются между собой (с ближайшими соседями) по транспортному радиоканалу. В зависимости от конкретного решения точки доступа могут выполнять функции

ретранслятора (транспортный канал) либо функции ретранслятора и абонентской точки доступа.

Особенностью Mesh является использование специальных протоколов, позволяющих каждой точке доступа создавать таблицы абонентов сети с контролем состояния транспортного канала и поддержкой динамической маршрутизации трафика по оптимальному маршруту между соседними точками. При отказе какой-либо из них происходит автоматическое перенаправление трафика по другому маршруту, что гарантирует не просто доставку трафика адресату, а доставку за минимальное время. Процедура расширения сети в пределах кластера ограничивается установкой новых точек доступа, интеграция которых в существующую сеть происходит автоматически. Недостаток подобных сетей заключается в том, что они используют промежуточные пункты для передачи данных; это может вызвать задержку при пересылке информации и, как следствие, снизить качество трафика реального времени (например, речи или видео). В связи с этим существуют ограничения на количество точек доступа в одном кластере.

Помимо этого в последнее время повышенное внимание следует уделить агрессивным воздействиям на каналы передачи данных. В стандартных системах, злоумышленники могут не только нарушить систему управления понижая скорость и качество передачи данных, а и полноценное выведение из строя целого кластера и всех точек доступа. Для решения данной проблемы должны быть оптимизированы протоколы построений маршрутов для более ускоренной реакции на негативное влияние. А также увеличение мощности приемопередающего оборудования узловых точек с многократным перекрытием зоны их действия. Необходимость получения технологических решений, обеспечивающих приемлемые характеристики передачи данных в MESH-сетях, требует выполнения соответствующих научных исследований.

Учитывая преимущества Wi-Max и сетей LTE, следует ожидать, что при создании Mesh-сетей этот стандарт будет активно конкурировать с Wi-Fi, но не ранее появления дешевых абонентских устройств. При этом вряд ли произойдет полное замещение технологий вследствие ограничений Wi-Max на производительность (Мбит/с), заложенных в стандарт 802.16. В таких условиях неизбежны совместное существование и взаимная интеграция сетей.

Усложнение Mesh-систем по мере увеличения их масштаба и необходимость объединения с альтернативными сетями (GSM, 3G, Wi-Max, LTE и т. д.) потребуют создания более сложных систем управления, основанных на централизованных унифицированных решениях.

Наибольшей эффективности такого рода сетей следует ожидать при реализации Mesh-сетей в масштабах города (MAN). Особенности организации и использования подобных сетей определяются социальной и коммерческой целесообразностью, при этом сети могут либо строиться только как корпоративные или абонентские, либо решать обе задачи одновременно.

## Литература

1. Осипов И.Е. *Mesh сети: технологии, приложения, оборудование // Технологии и средства связи. – № 4. – 2006.*
2. Попков Г.В. *Mesh-сети: перспективы развития, возможные применения. Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН 8.06.12.*

**Руденко Н. В.,**  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ

## МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

*Ефективність телекомунікаційної мережі є характеристикою, яка відображатиме ступінь відповідності мережі своєму призначенню, технічна досконалість і економічну доцільність. Поняття ефективності пов'язано з отриманням деякого корисного результату - ефекту використання мереж. Ефект досягається ціною витрат певних ресурсів, тому ефективність мережі часто розглядається у вигляді співвідношення між корисністю та витратами. Показник ефективності мережі - кількісна характеристика телекомунікаційної мережі, то розглядається відповідно до певних умов її функціонування. При оцінці ефективності мережі необхідно враховувати характеристики трудової діяльності людини, що взаємодіє з ЕОМ і іншими технічними засобами мережі. Розглянемо які на даний момент ефективні методи телекомунікаційних мереж.*

**Ключові слова:** телекомунікаційні мережі, клієнт-сервер, ефективність, цикл, процеси, математичне моделювання, ЕВМ.

Ефективність телекомунікаційної мережі оцінюється на різних стадіях життєвого циклу мережі - від етапу її проектування і вирішення питання про доцільність реалізації проекту, коли проводиться оцінка з метою визначення фактичної ефективності, яка підтверджує або в якійсь мірі спростовує прогнози. Оцінка, яка отримана після конкретного досвіду, зазвичай відбувається за допомогою засобів прямого рахунку з використанням аналітичних співвідношень, що характеризують вплив різних чинників і параметрів на показники ефективності.

Набагато складніша і трудомістким дати оцінку до проведення досвіду, яка, як правило, здійснюється за допомогою методів математичною моделювання. Як ми знаємо телекомунікаційні мережі відносяться до математичних моделей складних кібернетичних людино-машинних систем, які працюють в діалоговому режимі. Мається на увазі це коли необхідно враховувати характеристики людини, тобто користувача, оператора, адміністратора мережі, які пред'являють ряд вимог. Основні з них такі:

- модель повинна відображати роль і місце людини в системі, оскільки саме вона є предметом досліджень при оцінці ефективності системи;
- модель повинна адекватно відображати діяльність операторів системи (користувачів мережі), в ній повинні бути ідентифіковані їх відмінності і особливості;
- модель повинна охоплювати основний і допоміжний процеси функціонування системи;
- в моделі системи повинна бути передбачена можливість відображення паралельно протікають процесів;
- в моделі повинні поєднуватися властивості описовості і оцінюваності процесів функціонування;
- мова моделі повинен бути доступний людині і ЕОМ, оскільки експериментальне дослідження моделі проводиться на ЕОМ;
- час, що витрачається на експериментальне дослідження математичної моделі системи, має бути в межах допустимого.

Існують два класи математичних моделей - аналітичні і імітаційні, що відрізняються принципами побудови і методами дослідження. В аналітичних моделях весь процес функціонування досліджуваної системи і окремі його частини представляються аналітично, у вигляді функціональних залежностей (алгебраїчних і логічних співвідношень, інтегрально-диференціальних рівнянь). Використовується для наступних цілей: отримання інформації,

зменшення обсягу імітаційного моделювання. В імітаційних моделях процес функціонування описується (відображається) алгоритмічно.

Про переваги і недоліки аналітичних і імітаційних моделей нам давно відомо. Завдання полягає в тому, щоб при дослідженні ефективності системи використовувати ті і інші моделі комплексно, в раціональному поєднанні. Імітаційне моделювання дозволяє провести дослідження системи більш повно і глибоко, хоча його використання пов'язане з більшою трудомісткістю і значними витратами машинного часу ЕОМ.

### Література

1. Стеценко І.В. *Моделювання систем.* – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 399 с.
2. Петухов О.А., Морозов А.В., Петухова Е.А. *Моделирование: системное, имитационное, аналитическое.* – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 288 с.
3. Петухов Г.Б. *Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем / Г.Б. Петухов, В.И. Якунин.* – М.: АСТ, 2006. – 504 с.
4. Самарский А.А., Михайлов А.П. *Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры.* – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 320 с
5. Лугачев М.И., Скрипкин К.Г. и др. *Экономическая информатика: Введение в экономический анализ информационных систем: Учебник.* – М.: ИНФРА-М, 2005.

Савченко В.И. к.п.н., доцент,  
Бласенко В.М. к.т.н.,  
Иваниченко Е.В., ст. преподаватель,  
Государственный университет телекоммуникаций,  
г. Киев

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНВАРИАНТНЫХ УСИЛИТЕЛЬНО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Рассматриваются принципы организации инвариантных усилительно-преобразовательных систем с многократной модуляцией и прогнозированием.*

*The work is devoted to the construction theory invariant systems of conversion of electric power parameters a multiple modulation and extrapolation.*

Современный уровень развития аппаратных средств телекоммуникационного оборудования (ТКО), постоянно возрастающие требования, предъявляемые к ним, обуславливают необходимость разработки усилительно-преобразовательных систем (УПС), которые сочетали бы в себе функции формирования высококачественного выходного сигнала и широкодиапазонного регулирования (стабилизации) его параметров, обеспечивая при этом высокие энергетические и динамические показатели [1, 2]. При этом особое значение имеет не только улучшение массогабаритных показателей УПС, но и обеспечение заданных характеристик их функционирования, в том числе вопросы, связанные с восстановлением аппроксимацией выходного сигнала УПС [4].

Задачу аппроксимации сигнала произвольной формы можно трактовать как проблему синтеза сигнала по заданному критерию. В этом случае целесообразно рассматривать и задачу оптимизации сигнала по некоторому критерию качества. Такой подход к задаче аппроксимации по существу является задачей оптимального синтеза [2]. Другими словами, речь идет о задаче оптимизации (это может быть минимизация или максимизация), в которой мера качества является функцией конечного числа переменных. Таким образом, задача оптимизации в этом случае формулируется в виде задачи математического программирования, которая включает в себя, во-первых, нахождение вектора варьируемых параметров  $\bar{X} = \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle$  удовлетворяющего заданным ограничениям, и во-вторых, минимизацию заданной функции  $\hat{O}(\bar{X}, y)$  в соответствии с необходимым критерием качества (параметр  $y$  описывает неварьируемые параметры). Задача оптимизации в общем виде содержит два важнейших аспекта. Первый заключается в выборе критерия оптимизации, математическая формулировка которого представляет собой функцию  $\hat{O}(\bar{X}, y)$  варьируемых параметров, т.е. целевую функцию. Критерий оптимизации должен отвечать следующим основным требованиям: он должен быть представительным, критичным к исследуемым параметрам, по возможности простым, а также единственным [2]. Выбор целевой функции определяется постановкой задачи, то есть оптимизируемой характеристикой.

Методы оптимизации базируются на численных методах нахождения экстремумов целевой функции. Многообразие численных методов оптимизации обуславливает второй аспект задачи оптимизации; выбор метода и алгоритма оптимизации по заданному критерию. Выбор того или иного метода определяется практической необходимостью, эффективностью метода в конкретной ситуации.

В настоящее время все многочисленные методы оптимизации можно классифицировать, по трем группам: методы, использующие только значения функций, называемые прямыми методами или методами нулевого порядка; методы, использующие, кроме того, первые производные (методы первого порядка); методы, которые дополнительно к этому требуют знания вторых производных (методы второго порядка) [2].

Методы нулевого порядка, использующие только значения целевой функции для

определения релаксационной последовательности векторов  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_n$  удовлетворяющих условию, позволяют эффективнее решать задачи оптимизации при относительно большом количестве варьируемых параметров. Среди методов нулевого порядка широкое распространение получили метод Пауэлла и его различные модификации, метод Дэвиса, Сванна, Кэмпи.

При оптимальном синтезе для устранения выхода варьируемого параметра за пределы области определения целевой функции вводится штрафная функция  $\rho(x)$ . Метод штрафных функций относится к весьма мощным вычислительным средствам теории оптимизации. Идея метода состоит в том, что исходная задача минимизации функции при наличии ограничений сводится к последовательному решению задач минимизации без ограничений, причем решения безусловных задач образуют последовательность, сходящуюся к решению исходной задачи. Выбор целевой функции и метода оптимизации взаимообусловлены. Исходя из требований, предъявляемых к целевой функции, в качестве критерия оптимизации при синтезе сигнала произвольной формы целесообразно выбрать нормированную величину квадратичного отклонения. В этом случае величина квадратичного отклонения однозначно соответствует величине коэффициента искажения  $k_n$  [4]. Целесообразность выбора коэффициента  $k_n$  в качестве критерия оптимизации при синтезе сигнала обуславливается, кроме того тем, что данные коэффициента содержит информацию об относительном содержании высших гармоник в спектре сигнала. Это обстоятельство необходимо учитывать в процессе оптимизации. Однако обычная математическая формулировка этого критерия в виде бесконечных рядов Фурье нерациональна, т.к. приводит к неоправданному увеличению объема вычислений.

В качестве математического обеспечения для оптимального синтеза принципиально возможно использование ортогональной системы функций Хаара, а также системы функций Уолша, которые представляют собой линейные комбинации функции Хаара [4]. Это объясняется более быстрой сходимостью этих систем функций по сравнению с системой функций Фурье. Однако наличие весьма мощного математического аппарата Фурье, в частности, достаточно простых и хорошо известных методов по улучшению сходимости рядов Фурье обуславливают предпочтительное использование данной системы по сравнению с другими ортогональными системами функций. Кроме того, использование метода гармонического синтеза и возможности приведения рядов Фурье к замкнутому (каноническому) виду обеспечивает не только высокую точность аппроксимации, но и значительно сокращает объем вычислительных процедур при оптимизации.

Значительный интерес представляет собой о целесообразности использования оптимизационного подхода при построении и структурно-алгоритмической оптимизации структур ключевых инвариантных УПС [3].

Основной задачей теории инвариантности является отыскание таких условий структурного построения преобразовательной системы, при выполнении которых движение одной или нескольких координат системы не зависит от одного или большего числа входных воздействий.

В структурной схеме адаптивной системы координатно-параметрического управления достаточно четко выделяются два уровня иерархической структуры; первый - включающий объект управления ОУ и регулятор координатного управления, второй уровень включает блок адаптации для регулятора координатного управления (РКУ) и регулятор параметрического управления (РПУ).

Основной контур с блоком адаптации представляет структуру самонастраивающейся системы - адаптивной системы координатного управления, регулятор параметрического управления изменяет параметры объекта, которые являются коэффициентами математической модели объекта.

Задача второго уровня иерархической структуры системы сводится к обеспечению условий, при которых основной контур способен обеспечить выполнение объектом его функциональной задачи при широком диапазоне изменения динамических свойств объекта.

Средством решения задачи является изменение параметров, а возможно, и структура регулятора координатного управления, а также взаимоизменение самого объекта управления в процессе работы с помощью изменения его параметров [5].

Однако и в случае определенной системы уравнений требуется иметь информацию о возмущениях (в том числе и параметрических) в течении всего такта преобразования. Если принять в качестве исходного предположения о произвольном характере возмущений, то есть считать их неизвестными функциями времени (пусть даже ограниченными по модулю), то решить задачу инвариантности относительно этих возмущений в общем случае нельзя. Решить задачу исходных уравнений можно только при известном законе возмущений (что бывает крайне редко), либо с помощью экстраполяции возмущений на весь такт управления.

От точности экстраполяции зависит точность реализации условий инвариантности. Точность прогноза при этом возрастает за счет уменьшения интервала дискретизации.

В процессе выработки управляющего воздействия существует необходимость в цифровой обработке сигналом (ЦОС) в реальном масштабе времени. Представление сигналов в цифровой форме осуществляется с помощью ИКМ для дельта-модуляции (ДМ). Многочисленные виды ДМ – представления основываются на дискретизации во времени

Э квантованию по уровню и кодированию разности между отсчетами входного и аппроксимирующего сигналов. Результат – дельта-код, связанного с шагами квантования. Дельта-модуляция характеризуется связью между шагами квантования и является более помехоустойчивой, чем ИКМ: при пропадании или трансформации кодовых значений катастрофического сбоя, как при ИКМ, не происходят.

В адаптивной ДМ (АДМ) аппроксимирующий сигнал  $\{x\}$  формируется в процессе предсказания размера шага квантования на основе анализа нескольких предыдущих. АДМ обладает свойством компрессии, благодаря которому кодер изменяет структуру выходной кодовой последовательности таким образом, что при ее декодировании поддерживалась минимальная ошибка [6].

Метод основывается на том, что росту или уменьшению сигнала способствует не менее двух следующих подряд групп 01 или 10 на соответствующем интервале.

Такой метод, позволяет осуществить не только анализ-экстраполяцию входного сигнала, но и его сжатие.

Функциональная организация, многооперационных структурно-инвариантных УПС позволяет осуществить как воспроизведение, так и глубокое регулирование параметров выходного сигнала в условиях компенсации координатных и параметрических возмущений, причем использование дельта-модуляции с целью экстраполяции воздействующей функции позволяет существенно повысить точность компенсации возмущений, при этом применение формата ДМ-кодов одинаковой рядности с ИКМ обеспечивает более высокую разрешающую способность и точность экстраполяции.

### Литература

1. Кобакин В.М. Основы ключевых методов усиления / Кобакин В.М. – М: Энерги, 1980. – 232 с.
2. Кадель В.И. Силовые электронные системы автономных объектов. Теория и практика автоматизированной динамической оптимизации. – М.: Радио и связь, 1990. – 224 с.
3. Смирнов В.С. Инвариантная структура полупроводниковых преобразователей // Техн. электродинамика. – 1998. – Т.1, спец. вып. №2. – С.17-20.
4. Директор С., Рорер Р. Введение в теорию систем. – М.: Мир, 1974. – 464с
5. Алиев Р.А. Принцип инвариантности и его применение для проектирования промышленных систем управления. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 128с.
6. Адаптивные системы автоматического управления / В.Н. Антонов, А.М. Пришвин, В.А. Терехов, А.Э. Янчевский. Под ред. В.Б. Яковлева. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 204 с.



**Сайко В. Г., д.т.н., проф.,**  
Государственный университет телекоммуникаций,  
г. Киев

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА В РАМКАХ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ 4G И 5G**

*Рассмотрены особенности технических аспектов построения сетей связи 4-го и 5-го поколений и проблемы их внедрения. Приведены результаты исследования и разработки использования телекоммуникационных систем радиосвязи терагерцового диапазона в транспортных сетях нового поколения.*

**V. Saiko**

### **RESULTS OF MAJOR TRENDS AND OPPORTUNITIES FOR USE OF RADIO terahertz UNDER CONSTRUCTION NETWORKS MOBILE 4G and 5G**

*The features of technical aspects of networking of 4th and 5th generations and the problems of their implementation are considered. The results of the research and development of radio telecommunication systems of terahertz band in the transport networks of new generation are quoted.*

*Сети LTE-Advanced.* Мобильная связь 4-го поколения развивает идеи и технологии, которые уже применяются в стандартах 3-го поколения. Вместе с тем, с развитием технологий нашли свое воплощение и ряд новых оригинальных идей. Основное отличие технологий 4-го поколения - это скорость передачи данных от базовой станции свыше 100 Мбит/с. Следует также отметить, что у LTE-Advanced есть только одна альтернатива, а именно, новые версии WiMAX, но большинство операторов во всём мире выбрали LTE/LTE-Advanced. Этот выбор объясняется возможностью сосуществования системы LTE с системами двух предшествующих поколений - 3G и 2G, подобно сосуществованию системы 3G с сетями сотовой связи второго поколения (2G) для образования интегрированных сетей. Многомодовые устройства могут работать как в сетях LTE, так и в сетях 3G, или иметь набор режимов LTE/3G/2G в зависимости от конъюнктуры рынка. С разработкой стандарта LongTermEvolution (LTE) появилась новая технологическая платформа радиосвязи, которая позволяет операторам достигать еще более высоких значений пиковой пропускной способности, чем у стандарта HSPA+, используя для этого более широкие полосы пропускания.

Главная цель LTE состоит в том, чтобы обеспечить предоставление абонентам услуг радиодоступа исключительно высокой производительности с одновременным обеспечением полной мобильности абонента при его передвижении со скоростью автомобиля. В соответствии с концепцией дальнейшего развития технологий, с течением времени операторы смогут легко переводить свои сети и своих пользователей с платформы HSPA на стандарт LTE. По сути, стандарт LTE представляет собой очередной этап эволюционного развития сотовой технологии, берущей свое начало от GSM и имеющей ключевые пункты EDGE, UMTS, HSPA и "HSPA+". Архитектура сети LTE/LTE-Advanced полностью соответствует сети IP и также предназначена для обеспечения голосовой связи в режиме коммутации пакетов.

Стандарт LTE базируется на трех основных технологиях[1]:

- Метод мультиплексирования с ортогональным разделением частот (OFDM);

- Антенные системы с разнесенным приемом и разнесенной передачей (MultipleInput, MultipleOutput (MIMO));
- Особая архитектура ядра сети, разработанная консорциумом 3GPP для стандарта LTE и получившая название SystemArchitectureEvolution (SAE) - Эволюционной архитектуры системы).

В качестве базовых преимуществ нового стандарта заявлены:

- скорости передачи данных в LTE составляют - до 50 Мбит/с для линии вверх (от абонента до базовой станции) и до 100 Мбит/с для линии вниз (от базовой станции к абоненту);
- при этом должна обеспечиваться поддержка соединений для абонентов, движущихся со скоростью до 300 км/ч;
- зона покрытия одной БС - до 30 км в штатном режиме, но в более низких частотных диапазонах возможна работа с сотами радиусом более 100 км;
- технология LTE поддерживает рабочие каналы шириной 1,4 МГц, 3 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц и 20 МГц;

*Сети сотовой связи 5 поколения.* Четвертое поколение сотовой связи ещё только набирает обороты, а ученые и разработчики телекоммуникационного оборудования уже активно приступили к работе над пятым поколением сотовой связи. Разработка концепции системы 5G находится на начальной стадии, но уже сегодня ясно, что создание такой системы должно осуществляться в рамках естественного развития предыдущих систем и разработке новых технологий беспроводной связи.

По оценкам экспертов поколение 5G должно стать ответом на вызовы будущего:

- значительный рост пропускной способности (более чем в 1000 раз);
- значительный рост скорости передачи данных (минимальная скорость - 1 Гбит/с);
- возможность подключения к сети значительно большего количества разнообразных оконечных устройств (увеличение в 10–100 раз);
- резкое снижение энергопотребления устройств (до 10 раз);

Для достижения этих целей потребуются:

- разработать новые подходы к использованию радиочастотного спектра;
- создать принципиально новое радиочастотное и коммутационное оборудование;
- реализовать новые принципы построения архитектуры и организации сетей;
- найти новые подходы к управлению трафиком;

Сотовая связь возникла в ответ на пожелание пользователей освободиться от зависимости, от жесткой привязки терминала пользователя к конкретной точке. Если в первых поколениях сотовой связи доминировал голосовой трафик, то затем его всё больше и больше стал вытеснять трафик данных. На смену обмену информацией между людьми пришел обмен информацией между человеком и машиной, и это потребовало создание сотовых сетей новых поколений. Человечество движется к информационному обществу, где основным будет межмашинный обмен, и сотовые сети связи пятого поколения должны отвечать этой новой исторической парадигме.

Сектор стандартизации Международного союза электросвязи в начале 2011 года рассматривал возможность замены концепции NGN концепцией умных всепроникающих сетей SUN (SmartUbiquitousNetworks), включающей в себя Интернет вещей IoT, сеть NGN, модернизированная до уровня поддержки межмашинных коммуникаций МОС (MachineOrientedCommunications), наносети, транспортные сети VANET, и сети машина - машина M2M (Machine-to-Machine).

В общем случае под *Интернетом вещей* понимается совокупность разнообразных приборов, датчиков, устройств, объединённых в сеть посредством любых доступных каналов связи, использующих различные протоколы взаимодействия между собой и единственный протокол доступа к глобальной сети. В роли глобальной сети для Интернет-вещей в настоящий момент используется сеть Интернет. Иными словами Интернет вещей можно

рассматривать как сеть сетей, в которой небольшие малосвязанные сети образуют более крупные.

*Проблемы внедрения IoT.* Широкому внедрению Интернета вещей препятствуют сложные технические и организационные проблемы, в частности, связанные со стандартизацией. Единых стандартов для интернета вещей пока нет, что затрудняет возможность интеграции предлагаемых на рынке решений и во многом сдерживает появление новых. К факторам, замедляющим развитие Интернета вещей, следует отнести сложности перехода существующего Интернета к новой, 6-й версии сетевого протокола IP, прежде всего необходимость больших финансовых затрат со стороны телекоммуникационных операторов и провайдеров услуг на модернизацию своего сетевого оборудования.

*Основные тенденции развития сетей сотовой связи нового поколения в Украине.* В Украине быстрыми темпами внедряется мобильная связь по стандарту UMTS HSPA+, относящаяся не просто к третьему поколению, а к т.н. "3.75G". Соответственно, логично встает вопрос о последующем переходе на 4G. Однако некоторые эксперты предлагают сразу перейти на 5G, т.е. «перепрыгнув» 4G. По этому поводу необходимо отметить следующее. Ведь сети LTE еще далеко не исчерпала свой ресурс. Именно сейчас наступает "расцвет" данной технологии, когда производители устройств начинают включать ее поддержку не только во флагманские, но и бюджетные устройства. Согласно прогнозу EricssonMobilityReport по развитию мобильных технологий в мире, ожидается, что количество абонентов, использующих LTE, сравняется с количеством 3G-пользователей в мире только в 2020-м.

Выход же новых стандартов планирует глобальная общественная организация 3GPP (The 3rd GenerationPartnershipProject). Согласно ее дорожной карте, появление 5G ожидается в 14-м релизе 3GPP к концу 2016 г.и полноценно заработает только в 2017-м, а 15-й релиз ожидается, скорее всего, ближе к 2020 г. Первым мобильным оператором, который уже в этом году запустит тестовую 5G-сеть, является американский Verizon. Первые же полноценные коммерческие сети 5G появятся только в 2019 г. Таким образом, 5G получит серьезную долю на рынке лет через пять. А в 2017-м еще явно не будет наблюдаться избытка устройств, поддерживающих 5G. Поэтому логично было бы запускать в Украине LTE, тем более что для этого есть все предпосылки. Еще один важный аспект проблемы — сложность в охвате больших территорий 5G-связью. Для значительного увеличения скорости передачи данных потребуются гораздо большие диапазоны частот.Логичным выходом из данной ситуации является переход в область десятков ГГц, т.е. в т.н. терагерцовый диапазон.

*Результаты исследования и разработки использования телекоммуникационных систем радиосвязи терагерцового диапазона в транспортных сетях 4-го и 5-го поколений.* Учитывая данные тенденции развития современных широкополосных сетей мобильной связи 4G и 5G кафедра «Мобильных и видеоинформационных технологий» активно проводит НИР с учеными НТТУ «КПИ» и Института электроники и связи УАН по исследованию основных тенденций и перспектив развития транспортных распределительных сетей (Mobilebackhaul) и возможностей использования телекоммуникационных систем фиксированной радиосвязи терагерцового диапазона в рамках построения сетей мобильной связи 5G [2].

При переходе к высокоскоростным сетям HSPA + и 4G / LTE распределительные транспортные сети (MobileBackhaul) часто становятся "слабым звеном" сетевой инфраструктуры.Поэтому был спроектирован и экспериментально исследован радиоканал связи терагерцового диапазона (130-134ГГц) с возможностью применения для построения высокоскоростных (более 1 Гбит / с) транспортных распределительных сетей.Получены следующие результаты: пропускная канальная способностью до 1200 Мбит / спири значении вероятных битовых ошибок BER не более 10<sup>-6</sup>, дальность связи в нормальных условиях в пределах 1 км, коэффициент усиления системы на уровне 50 дБ. Таким образом, впервые в

практическом плане изготовлено и проведены экспериментальные исследования лабораторного образца цифровой симплексной радиорелейной системы терагерцового диапазона в составе приемный и передающий радиотракта в диапазоне частот 130-134 ГГц для возможного дальнейшего использования в гетерогенной транспортной сети мобильной связи нового поколения.

### Литература

1. Сайко В.Г. Системи бездротового цифрового радіозв'язку нового покоління: Монографія. – К.: ПП «Золоті ворота», 2011. – 300 с.
2. Патент на корисну модель 104299 Україна, Н 04 В 7/165. Канал безпроводного широкопугового абонентського доступу до інформаційних ресурсів із використанням каналу терагерцового діапазону / Сайко В.Г., Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Лутчак О.В. Заявник і патентовласник НТУУ «КПІ»; заявл.25.06.2015; опубл. 25.01.2016 // Бюл. № 2.ПП «Золоті ворота», 2011. – 300 с.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ РАДІОМЕРЕЖ ІЗ СКЛАДНИМИ СИГНАЛАМИ ЗА РАХУНОК БЛОКОВОСТІ КОДУВАННЯ**

*Приведено результати дослідження структур складених сигналів в яких завдяки раціональному вибору параметрів складових частин пристрою обробки та застосуванню блоковості кодування забезпечує підвищення завадозахищеності радіомереж. Виконано вибір місця застосування кодування складених структур пристроїв обробки сигналів, отримано вирази для оцінки імовірності помилки ППРЧ ФМ ШПС при застосуванні блоковості кодування проміжних складених структур. Їхній аналіз дозволяє по-перше визначити додатковий рівень підвищення завадостійкості сигналу, за рахунок раціоналізації що очікується, а по-друге визначити його зв'язок з параметрами сигналів ППРЧ та ФМ ШПС для удосконалення режиму адаптації до умов дії завад.*

**S. Serikh**

## **INCREASE HURT SECURITY RADIO NETWORKS WITH COMPLEX SIGNALS BY ALIGNMENT ENCODE**

*The results of the study of structures of composite signals in rational choice options through parts processing device and application alignment coding enhances hurt security radio. Completed application choice of location coding composite structures device processing signals received expressions of probability for errors pseudorandom realignment of operating frequencies and when using FM ESS coding alignment intermediate composite structures. Their analysis allows firstly identify additional level increase immunity signal through the rationalization expected, and secondly to determine its relationship with the signal, and FHSS mode FM ESS regime to improve adaptation to the disturbance.*

Дослідження можливостей використання навмисних завад та засобів їх постанови [1] з метою перешкоджання роботі радіомереж вказують на необхідність удосконалення способів боротьби з ними та застосування нових нетрадиційних мір протидії. Одним із дієвих неенергетичних напрямків протидії потужним прицільним завадам, що впроваджується в радіоелектронні засоби (РЕЗ), є використання складних сигналів із базою  $B_c$  [2], які досягають значень  $10^6 \dots 10^7$  одиниць.

На шляху реалізації пристрою обробки (ПО) таких сигналів виникають складнощі, які зростають [3] пропорційно до збільшення  $B_c$ . Скориставшись особливостями складних сигналів, а саме їх складеною структурою можливо досягти істотного спрощення реалізації ПО, забезпечивши раціоналізм у співвідношенні ускладненість–ефективність.

Так найбільший вигравш щодо співвідношенні ускладненість–ефективність [4] забезпечують складені структури фазоманіпульованих шумоподібних (ФМ ШПС) сигналів, які для досягнення найбільшої бази додатково використовують псевдовипадкову перебудову робочої частоти (ППРЧ) із кількістю частот  $M_f$ . При цьому їхня ефективність залишається пропорційною до розміру  $B_c$ , а спрощення підвищується на три–чотири порядки. Річ у тім, що база складового складного сигналу дорівнює добутку баз  $B_n$  несучої та  $B_m$  моделюючої послідовностей, які формують сигнал, а потім здійснюється перенесення на одну із робочих частот. Через це база кожної складової на три–чотири порядки менша за кількість елементів, що накопичуються, наприклад у регістрах зсуву пристроїв їх обробки.

Разом з тим, при застосуванні в РЕЗ складених сигналів та доцільності зміни структур формуючих послідовностей, що обумовлено необхідністю підвищення завадостійкості за рахунок збільшення структурної скритності, виникають складнощі у виборі значень  $B_n$  та  $B_m$  при  $B_c = const$ . В [4] показано, що найкращими кореляційними властивостями володіють складені сигнали при  $B_n \approx B_m$ . У випадку вибору значень баз, коли вони відповідають цій вимозі забезпечити необхідне постійне  $B_c$  стає неможливим. Крім того проявляються недоліки у виборі структур сигналів із загального ансамблю, що у найкращій спосіб забезпечують високий рівень завадостійкості радіомереж.

Застосування блоковості кодування при формуванні складеного сигналу, коли одна несуча структура відповідає 3, 5, 7 і далі елементам моделюючої послідовності, що у загальному вигляді позначається як  $k$  та  $j$  елементам несучої послідовності відповідає одна із  $M_f$  частот.

Проведені дослідження, результати яких надано в [4] показали, що ймовірність помилкового прийому ППРЧ-ФМС ШПС з блоковим кодуванням має вигляд:

$$Q_{\Pi} P_{\Sigma} = \prod_{m=0}^{N_c} \left[ C_{N_c}^m \frac{n}{M_f} \right]^m \left[ 1 - \frac{n}{M_f} \right]^{N_c \cdot j} \prod_{k=\frac{N_c-1}{2}}^{N_c} \left[ \prod_{j=0}^k C_m^j C_{N_c-m}^{k-j} Q_1^j (1-Q_1)^{N_c-1} Q_2^{k-j} (1-Q_2)^{N_c-m-k+J} \right],$$

де  $P_{\Sigma}$  - сумісна потужність завади та шуму, що впливають на складений сигнал;

$n$  – кількість частотних позицій уражених завадами;

$N_c$  – загальна кількість елементів ФМ ШПС.

Аналіз цього виразу свідчить, що знаходження  $Q_{\Pi}$  трудомісткий процес, що потребує перебору великої кількості комбінацій і обліку багатьох доданків, а з пошуком  $n$   $M_f$   $_{\Pi}$  – він стає ще й багатократним. Тому розрахунок  $Q_{\Pi} P_{\Sigma}$  за виконувались при обмеженні вхідних параметрів ППРЧ. Цікавість представляє: наскільки доцільне використання блокового кодування; як воно залежить від зменшення вимог до вірності приймання повідомлення для одного типу сигналів та структур формуючих послідовностей. Пошук екстремумів функції  $Q_{\Pi} P_{\Sigma}$  та розрахунки дозволили визначити раціональну кількість блоків, яка визначена як 7 елементів при  $B_c \geq 10^6$ .

Підвищення структурної ефективності сигналів за рахунок переобладнання блоків їх формування та обробки – підхід раціональний і найменш витратний, оскільки він слабо впливає на енергетичний компонент і, відповідно, не потребує кардинальної зміни характеристик передавачів РЕЗ. Застосування блоковості кодування сигналів дає вищий ефект, аніж збільшення М-ічності сигналів ( $M > 2$ ), бо таке збільшення впливає на зміну модуляції сигналів, а отже, і на реконструкцію енергетичного блока РЕЗ.

### Література

1. Серых С.А. К вопросу о влиянии радиоэлектронных помех на современные и перспективные радиоэлектронные системы связи/ Серых С.А., Соловьев В.Р., Богуш В.В. // ЗВ'ЯЗОК.— 2008.— № 2.- С. 69–73.
2. Серых С.А. Анализ спектров составных фазоманипулированных сигналов и условия их применения в телекоммуникационных системах/ С.А. Серых, В.Р. Соловьев, О.В. Кокотов, П.М. Скачков // ЗВ'ЯЗОК.- 2002.- № 6.- С. 48-51.
3. Серих С.О. Скритність повідомлень в мережах із радіодоступом та напрямки її підвищенн / С.О. Серих // Сучасний захист інформації. – 2015. – № 2. – С.77-83.
4. Вишнівський В.В. Підвищення завадостійкості радіоліній за рахунок блочності кодування складних сигналів в умовах активізації навмисних завад/ В.В. Вишнівський, С.О. Серих // ЗВ'ЯЗОК.—2014.-- № 6.- С. 31-36.

**Сікач Т. О. , студент**  
Інститут телекомунікаційних систем  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»  
м. Київ

## ТЕХНОЛОГІЇ МНОЖИННОГО ДОСТУПУ В LTE

Низхідні і висхідні лінії зв'язку в LTE базуються на використанні декількох технологій доступу: зокрема, ортогональний множинний доступ з частотним поділом каналів (OFDMA), для низхідних ліній зв'язку, і з однією несучою множинного доступу з частотним поділом каналів (SC-FDMA) для висхідних ліній зв'язку.

**T. Sikach**

## MULTIPLE ACCESS TECHNOLOGY IN LTE

*Downlink and uplink transmission in LTE are constituted on the use of multiple access technologies: particularly, orthogonal frequency division multiple access (OFDMA) for the downlink, and single-carrier frequency division multiple access (SC-FDMA) for the uplink.*

Orthogonal Frequency-Division Multiple Access (OFDMA) - це варіант з ортогональним частотним розділенням (OFDM), схема цифрової модуляції з безліччю несучих, яка широко використовується в бездротових системах, але є відносно новою для стільникового зв'язку. Замість того, щоб передавати потік даних з високою швидкістю однією несучою, OFDM використовує велику кількість близько розташованих ортогональних піднесучих, які передаються паралельно одна одній.

Кожна піднесуча модулюється за звичайною схемою модуляції, при низькій швидкості передачі символів. Поєднання сотень або тисячі піднесучих, дозволяє показувати аналогічну швидкість передачі даних, відносно звичайних схем модуляції однієї несучою в тій же ширині смуги частот.

Хоча OFDM використовується протягом багатьох років в системах зв'язку, її використання в мобільних пристроях відносно нове. Проте, OFDM має деякі недоліки.

Піднесучі розташовані близько одна до одної, що робить OFDM чутливим до помилок частотної і фазового шумів. З тих самих причин, OFDM також чутливий до доплерівського зсуву, який викликає перешкоди між піднесучими.

SC-FDMA - це метод множинного доступу, який використовує модуляцію однієї несучої, DFT поширення ортогональне частотне мультиплексування, і корекцію в частотній області.

Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) є перспективним підходом для високошвидкісної передачі даних по висхідній лінії зв'язку і він був прийнятий 3GPP для систем стільникового зв'язку наступного покоління (LTE).

SC-FDMA це модифікована форма OFDM з аналогічною продуктивністю смуги пропускання і складності. Її часто розглядають як DFT-кодовану OFDM, де символи даних в тимчасовій області перетворюються в частотні області за допомогою дискретного перетворення Фур'є (Discrete Fourier Transform), перш ніж символи пройдуть стандартну модуляцію OFDM.

Таким чином, SC-FDMA успадковує всі переваги OFDM в порівнянні з іншими відомими методами, такими як TDMA і CDMA. Основною проблемою в розширенні GSM і TDMA і широкосмугового CDMA для широкосмугових систем є збільшення складності з прийомом багатопроменевого сигналу поширення. Основною перевагою OFDM, як для SC-

FDMA, є стійкість проти поширення багатопроменевого поширення сигналу, що робить його придатним для широкосмугових систем. SC-FDMA приносить додаткову перевагу у відношенні пікової потужності до середньої потужності сигналу, що передається (Peak-to-Average Power Ratio) в порівнянні з OFDM, що робить його більш вигідним для передачі по висхідних лініях зв'язку.

Основна відмінність між передачею OFDM і SC-FDMA це DFT відображення. Після відображення бітів даних в символи модуляції, групи символів модуляції передаються, в блок N символів. N-точкове DFT перетворює ці символи з тимчасової області в частотну область. Зразки частотної області потім відображаються на підмножину M піднесучих, де M зазвичай більше N. Схоже до OFDM, M-точка IFFT(Inverse Fast Fourier Transformation) використовується для генерації відліків в часовій області цих піднесучих, який слідує циклічному префіксу паралельно-послідовному перетворювачу, ЦАП і РЧ підсистем.

### Література

1. Hyung G. Myung, Junsung Lim, and David J. Goodman. *Single Carrier FDMA for Uplink Wireless Transmission*. *IEEE Vehicular Technology*, Sept 2006.
2. M. Danish Nisar, Hans Nottensteiner, and Thomas Hindelang, "On Performance Limits of DFT-Spread OFDM Systems", in *Sixteenth IST Mobile Summit, July 2007 in Budapest, Hungary*
3. B.E. Priyanto, H. Codina, S. Rene, T.B. Sorensen, P. Mogensen, "Initial Performance Evaluation of DFT-Spread OFDM Based SC-FDMA for UTRA LTE Uplink", *IEEE Vehicular Technology Conference (VTC) 2007 Spring, Dublin, Ireland, Apr. 2007*.



**Солодкий В.Д.,**  
**інженер I-ої категорії,**  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ

## **ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ OPENFLOW**

*Виконано аналіз побудови сучасної інфокомунікаційної мережі з використанням концепції побудови програмно-орієнтованих мереж ( SDN ). Розглянуто методи передачі інформації в мережах SDN. Досліджено властивості OpenFlow - протоколу управління мережевими пристроями SDN. Проведений огляд ключових проблем, що виникають при переході на стандарт OpenFlow. Описано основні функції контролера OpenFlow. Вирішені проблеми вибору контролера OpenFlow, а також проблеми сумісності пристроїв, які працюють в системі SDN.*

OpenFlow відкритий стандарт, що дозволяє працювати з експериментальними протоколами в рамках існуючих мереж. Даний стандарт є розширенням для комерційних маршрутизаторів, комутаторів і навіть побутових роутерів [1], а його впровадження не вимагає ніяких дій з боку постачальника мережеских пристроїв. Стандарт є основоположним елементом концепції Software defined network (SDN).

Не дивлячись на вік OpenFlow, це досить перспективна розробка в області мережеских технологій, але саме з цієї причини виникає питання - чи необхідна така технологія в наш час? У класичних маршрутизаторах або комутаторах, передача пакета і маршрутизація на високому рівні виконується на одному пристрої, тоді як при використанні OpenFlow ці дії розділяються [2].

Контролер SDN в концепції мереж SDN є мозком всієї мережі, передаючи дані до комутаторів і маршрутизаторів «по низу», через southboundAPIs, а до програмних додатків «по верху», через northboundAPIs [3]. Для організації роботи між декількома SDN мереж, контролери повинні бути об'єднані між собою, для цього і використовується протокол OpenFlow. Для роботи в такій мережі пристрій-контролер повинен повністю відповідати всім вимогам, які необхідні для роботи з інтерфейсом OpenFlow. Через цей інтерфейс, контролер SDN записує зміни в таблицю правил дозволяючи адміністратору мережі розділяти трафік для збільшення продуктивності мережі і приступати до тестування нових додатків, пристроїв і конфігурацій [4].

В свою чергу, контролер OpenFlow є різновидом звичайного SDN контролера. Контролер OpenFlow використовує однойменний протокол для з'єднання і конфігурації мережеских пристроїв [3], таких як маршрутизатори і комутатори для визначення кращого шляху по якому буде переданий трафік додатку. Контролери SDN спрощують управління мережею, зосереджуючи весь процес комунікації між додатками і пристроями для ефективного регулювання мережі і її модифікації [4] (якщо, звичайно, вона потрібна). У разі того, що управління мережею здійснюється програмними методами, адміністратори можуть працювати з трафіком більш ефективно, тим самим підвищуючи продуктивність мережі. Узагальнюючи, можна сказати, що контролери OpenFlow створюють центральну точку для управління сумісними пристроями в мережі [2].

## Література

1. Смелянский Р. Программно-конфигурируемые сети / Открытые системы. СУБД. // Открытые системы. – 2012. – №9. – С. 15.
2. Autenrieth A. et al. Cloud orchestration with SDN/OpenFlow in carrier transport networks // Transparent Optical Networks (ICTON), 2013 15th International Conference on. – IEEE, 2013. – С. 1-4.
3. Kogan K. et al. Towards efficient implementation of packet classifiers in SDN/OpenFlow // Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Hot topics in software defined networking. – ACM, 2013. – С. 153-154.
4. Красотин А.А., Алексеев И.В. Программно-конфигурируемые сети как этап эволюции сетевых технологий // Моделирование и анализ информационных систем. – 2013. – Т. 20. – №. 4. – С. 110-124.

Ткаченко О.М., к.т.н., доц.,  
Перепелиця Н.Л.,  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ

## **ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ В ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНИХ МЕРЕЖАХ (SDN)**

*Проаналізовано сутність програмно-конфігурованої мережі (SDN) і показано, що завдяки динамічному управлінню можливо підвищити відсоток використання ресурсів мережі. Розглядається динамічний розподіл потоків інформації як один з ефективних способів підвищення використання ресурсів на телекомунікаційних мережах в умовах, що змінюються. Динамічний розподіл потоків інформації дозволяє мінімізувати затримку при передачі повідомлень або пакетів. Виконано порівняння динамічного і статичного розподілів потоків пакетів.*

*O. Tkachenko, N. Perepelitca*

## **APPLICATION OF DYNAMIC MANAGEMENT IN SOFTWARE-DEFINED NETWORKING**

*Essence of the Software-defined Networking (SDN) is analysed and shown that due to a dynamic management it maybe to promote the percent of the use of resources of network. Dynamic allocation of streams of information as one of effective methods of increase of the use of resources is examined on telecommunication networks in terms that change. Dynamic allocation of streams of information allows to minimize a delay at passing of messages or packages. Comparison of dynamic and static allocations of streams of packages is executed.*

Програмно-конфігурована мережа (SDN) - мережа передачі даних, в якій рівень управління мережею відділений від пристроїв передачі даних і реалізується програмно.

Програмно-конфігуровані мережі ефективні для побудови інфраструктурних хмарних сервісів, в умовах коли за запитом від споживачів послуг необхідно автоматично і в найкоротші терміни створювати віртуальні вузли і виділяти віртуальні мережеві ресурси для них.

Також програмно-конфігуровані мережі доцільні в умовах великих центрів обробки даних, дозволяючи скоротити витрати на супровід мережі за рахунок централізації управління на програмному контролері і підвищити відсоток використання ресурсів мережі завдяки динамічному управлінню.

Одним з ефективних способів підвищення використання ресурсів мереж в умовах, що змінюються, є динамічний розподіл потоків інформації.

Динамічний розподіл потоків інформації, забезпечуючи адаптацію плану розподілу шляхів передачі інформації, тобто порядку їхнього вибору при встановленні зв'язку між кореспондуючими вузлами комутації (ВК), до умов, що змінюються на мережі, дозволяє найбільш ефективно використовувати наявні на даний момент ресурси і тим самим мінімізувати затримку при передачі повідомлень або пакетів.

Для забезпечення динамічного розподілу потоків інформації на мережі повинна бути використана система динамічного управління розподілом потоків, що є підсистемою загальної системи динамічного управління потоками (СДУП).

Передача пакетів при динамічному управлінні потоків пакетів забезпечується не тільки по прямому шляху, а й по будь-якому з наявних обхідних шляхів в залежності від ситуації на мережі.

Середній час затримки повідомлення в мережі, включаючи очікування на передачу по каналах за умови статичного розподілу шляхів передачі пакетів, пуассоновських потоків, експонентного розподілу довжин повідомлень із середнім числом пакетів  $L$ , і нормалізованого одиничного часу передачі пакета по каналу,

$$\tau_{cm} = HL / (1 - \rho), \quad (1)$$

де  $H$  - середня кількість транзитних ділянок в обраному шляху передачі пакетів.

При динамічному розподілі потоків пакетів можливі два варіанти: або пакети одного повідомлення очікують звільнення каналу в спочатку обраному шляху для даного повідомлення (мережа віртуальних каналів), або передаються по кожному з обхідних шляхів (дейтаграмний режим).

У першому випадку

$$\tau_{d1} = HL / (1 - \rho(1 + \alpha)), \quad (2)$$

де  $(1 + \alpha)$  враховує той факт, що частина навантаження при динамічному управлінні розподілом потоків пакетів буде передана по більш довгих шляхах.

В другому випадку за умови відсутності очікування передачі по каналах час затримки повідомлення в мережі складається з часу, необхідного для передачі  $L$  пакетів з першого (вихідного) ВК, і часу передачі кожного пакета з  $H(1 + \alpha) - 1$  інших (транзитних) ВК. Вважаючи, що час, що витрачається на передачу одного пакета, дорівнює одиниці, загальний час, необхідний для передачі з вихідного вузла  $L$  пакетів, дорівнює  $L$  одиниць.

Оскільки при дейтаграмному режимі всі пакети одного повідомлення передаються по мережі паралельно по різних шляхах, то можна прийняти, що час передачі всіх пакетів через транзитні ВК чисельно дорівнює часу передачі по мережі одного пакета. Таким чином, при дейтаграмному режимі передача пакетів через транзитні ВК займає  $H(1 + \alpha) - 1$  одиниць часу. Отже,

$$\tau_{d2} = L + H(1 + \alpha) - 1. \quad (3)$$

Враховуючи (1) для основного шляху і (3) для обхідних шляхів, знаходимо сумарний середній час затримки повідомлень у мережі при динамічному розподілі потоків пакетів

$$\tau_d = (1 - P)H / (1 - \rho) + P(L - 1 + H(1 + \alpha)) \quad (4)$$

На рис.1 зображені графіки залежності середнього часу затримки в мережі від використання каналів у випадку статичного (постійних маршрутів) - крива  $\tau_1(\rho)$  - і динамічного (динамічної маршрутизації) розподілів пакетів при  $\alpha = 20\%$  і наявності двох ( $N=2$ ) - крива  $\tau_2(\rho)$  - і чотирьох ( $N=4$ ) - крива  $\tau_3(\rho)$  - допустимих шляхів передачі пакетів. Як видно з рисунку, динамічна маршрутизація ефективна тільки при середньому використанні каналів.

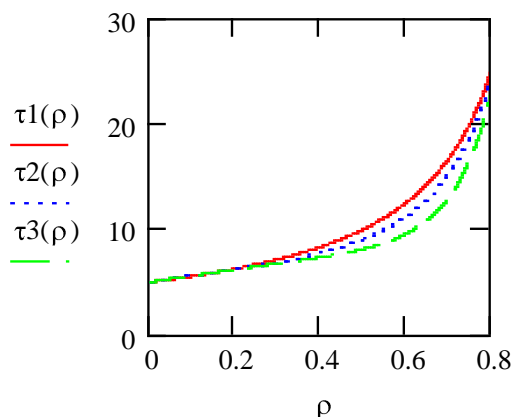


Рис. 1. Графіки залежності середнього часу затримки в мережі від використання каналів

Однак варто зауважити, що дане порівняння динамічного і статичного розподілів потоків пакетів проведено для рівномірного розподілу навантаження по абсолютно надійній

мережі. При перекосах навантажень і/або виникненні будь-яких пошкоджень на мережі (каналів або ВК) динамічний розподіл потоків пакетів приводить до істотно більшого ефекту.

Таким чином, динамічне управління розподілом потоків інформації найбільш ефективно в умовах тяжінь, що змінюються, і/або можливих пошкоджень на мережі.

### Література

1. *Architecture SDN [Electronic resource] // Open Networking Foundation. – [2014]. – Mode of access:*

*<https://www.opennetworking.org/>.*

2. *Гольдштейн Б.С., Кучерявый А. Е. Сети связи пост-NGN. – СПб: БХВ-Петербург, 2013. – 160 с. ISBN978-5-9775-0900-8.*

3. *Атцик А., Бакин С., Феноменов М. Управление транспортными сетями. Единое и программно-конфигурируемое? – "Мобильные телекоммуникации". –№ 3. – 2014.*

4. *Ткаченко О.М. Динамічний розподіл потоків інформації на телекомунікаційних мережах // Сучасні інформаційно-комунікаційні технології /COMINFO'2007/: III Міжнар. наук.-техн. конференція. Київ, 24-28 вересня 2007 р. – К., 2007. – С. 114-116.*

*Толубко В. Б., д.т.н., проф.,  
Беркман Л. Н., д.т.н., проф.,  
Крючкова Л. П., к.т.н., доц.,  
Государственный университет телекоммуникаций,  
г. Киев*

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ В МОБИЛЬНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЯХ**

*Рассмотрена математическая модель мобильной самоорганизующейся сети на основе векторной функции информационного потока.*

*V. Tolubko, L. Berkman, L. Kryuchkova*

### **ENERGY EFFICIENT ROUTING IN THE SELF-ORGANIZING MOBILE NETWORKS**

*The mathematical model of mobile self-organizing networks based on vector function of information flow is considered.*

Одним из ключевых направлений развития современного общества является формирование интегрированного информационного пространства на основе новейших информационных технологий. На сегодняшний день большое развитие в области передачи данных получили сети радиосвязи, что объясняется удобством их использования, дешевизной и приемлемой пропускной способностью. Возможности, которые открывают мобильные технологии сегодня, уже давно вышли за рамки голосовых услуг, создавая новые способы общения, обмена данными и бизнес модели.

Динамично развивающееся направление сетей радиосвязи – беспроводные сети ячеистой топологии, в которых передача информации осуществляется посредством множественных ретрансляций. К таковым относятся:

- сети связи, способные функционировать в условиях отсутствия инфраструктуры (базовых станций);
- сенсорные сети, осуществляющие мониторинг различных параметров окружающей среды или отслеживающие различные явления и события.

При создании таких сетей важной проблемой является построение маршрутов между источниками и получателями информации, обеспечивающих приемлемую задержку информации при передаче, достаточную степень надёжности и не создающих избыточной нагрузки на сеть за счёт объёма служебной информации.

Классические алгоритмы строят маршрут на основе таблиц маршрутизации, составляемых посредством периодического опроса всех узлов сети или путём лавинной рассылки запросов на поиск узла назначения. При значительном увеличении количества узлов в сети или их высокой мобильности оба способа перегружают сеть служебной информацией.

Если сеть, состоящая из нескольких приемо-передатчиков, функционирует на единой частоте – связь осуществляется через общую электромагнитную среду, разделяемую несколькими узлами. При этом информация, передаваемая узлом, является полезной, как правило, только для одного узла, а для всех остальных, находящихся в зоне радиовидимости передатчика, она является помехой, мешающей осуществлять приём собственной полезной информации. Соответственно, работа на передачу любого другого узла в зоне радиовидимости создает помехи приёмнику. Здесь же возникает известная проблема скрытого терминала, когда один и тот же узел оказывается адресатом передачи одновременно двух других узлов, которые не «слышат» друг друга. С точки зрения маршрутизации здесь важно отметить изменчивость параметров беспроводного соединения между узлами, существенно зависящих от естественных и искусственных помех.

В сенсорных сетях, узлы которых обладают ограниченными ресурсами энергии, существует проблема максимизации времени работы сети. Срок службы сенсорного узла сильно зависит от срока службы элементов питания, в виде которых достаточно часто выступают обычные батареи. Энергия, расходуемая во время передачи сообщений, может составить до 75% доступного энергетического ресурса. Поэтому, выбор способа организации передачи информации между сенсорным узлом и шлюзами или базовыми станциями является одной из основных научных проблем при создании беспроводных сенсорных сетей. При этом должны быть решены задачи как по отправке сообщений, так и по их маршрутизации. В этом случае целесообразно отказаться от использования кратчайших маршрутов и распределить энергетическую нагрузку по всей области, занимаемой сетью.

Это обуславливает актуальность задачи моделирования таких сетей, в том числе методами, отличными от имитационного моделирования, которое также осложняется при наличии в сети большого количества узлов.

Одним из вариантов решения этой задачи является метод маршрутизации на основе силовых линий потенциального поля, предложенный в работах М. Kalantari, М. Shayman [1], S. Toumpis, Tassiulas [2] и Nam T. Nguyen, An-I A. Wang [3]: маршрутизация в беспроводной сети описывается через «макроскопические» характеристики, характеризующие сеть не дискретными параметрами, описывающими состояние каждого узла в отдельности, а интегральными функциями, непрерывными в области развертывания сети.

Рассматривая источник и получателя информации как источник и сток соответственно, можно определить векторную функцию информационного потока, линии тока которой будут являться маршрутами, а величина будет определять интенсивность передачи информации [4]. Используя функцию информационного потока, можно построить набор из нескольких непересекающихся или ветвящихся маршрутов от источника к получателю информации.

В сенсорной сети такой подход позволит сформировать набор маршрутов, распределенных по области, занимаемой сетью, что обеспечит равномерное расходование энергии, а в высокомобильной сети позволит реализовать резервирование и автоматическую привязку ретранслятора к маршруту.

В сети связи в сообщения, ретранслируемые по определенному маршруту, можно включить данные о расположении источника и получателя информации. Тогда предварительное построение маршрутов или таблиц маршрутизации не требуется, а любой узел сети, зная свои координаты, сможет рассчитать, принадлежит он данному маршруту или нет.

Рассмотренный метод маршрутизации может быть использован в беспроводных сетях с изменяющейся структурой, функционирующих в условиях интенсивных деструктивных воздействий.

## Литература

1. Kalantari M. *Energy efficient routing in wireless sensor networks* / Kalantari, M. Shayman // *Proc. Conference on Information Sciences and Systems, Princeton University, NJ, Mar. 2004.*
2. Toumpis S. *Packetostatics: Deployment of massively dense sensor networks as an electrostatics problem* / S. Toumpis, L. Tassiulas // *Proc. IEEE INFOCOM, Miami, FL, Mar. 2005.*
3. Nguyen Nam T. *Electric-Field-Based Routing: A Reliable Framework for Routing in MANETs* / Nam T. Nguyen, An-I A. Wang, Peter Reiher, Geoff. Kuenning // *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev., Vol. 8, No. 2. (April 2004).* – P. 35-49.
4. Стромов А.В. *Моделирование маршрутизации в беспроводной ячеистой сети, использующей простейшие адаптивные антенны* / А.В. Стромов, Ю.Б. Нечаев, А.Д. Баев // *Теория и техника радиосвязи, 2013. – Вып. 4. – С. 57-63.*

**Федорова Н.В., к.т.н.,**  
**Бышовец Б.М., аспирант,**  
Государственный университет телекоммуникаций,  
ПАТ Укртелеком, г. Киев

## **ПАРАМЕТРЫ СТАБИЛЬНОСТИ СИГНАЛОВ СИНХРОНИЗАЦИИ В ТРАНСПОРТНОМ ОКРУЖЕНИИ IP/MPLS**

*Приведены параметры стабильности сигналов синхронизации в “классической” сети синхронизации (СЦИ - синхронная цифровая иерархия) согласно [1]. Рассмотрены параметры стабильности сигналов синхронизации в пакетных сетях IP/MPLS согласно [2]. Показаны особенности, связанные с аналогией и различием вычислений параметров стабильности сигналов синхронизации в “классической” сети и сетях IP/MPLS.*

**Введение.** Поскольку проблемы синхронизации имеют решающее значение для IP/MPLS современных транспортных сетей, усиление роли сети синхронизации является современной тенденцией в развитии первичной сети, и эта тенденция сохранится и в ближайшем будущем. Кроме того, проблемы синхронизации связаны не только с первичной сетью, но имеют важное значение при разработке сетей доступа с учетом различных технологий и протоколов, воплощенных в отдельных IP/MPLS сетях.

Измерение параметров сигналов синхронизации является необходимым условием для решения задач синхронизации в электронных сетях связи.

В настоящее время в сетях операторов связи, все больше и больше сегментов сети разворачиваются для обмена данными только через IP/MPLS. Однако, с увеличением количества устройств (например, базовых станций мобильной связи) проблемы синхронизации следует рассматривать на системном уровне, а не на индивидуальной основе. Чтобы это связать с местной революцией в подходе: прибытия некоторой «критической» массы пользователей сигналов синхронизации в IP/MPLS сети приводит к требованиям для рассмотрения системы синхронизации в качестве отдельного компонента системы электронной связи.

С дальнейшим увеличением количества цифровых устройств, концепции развития и принципов управления пуском сети синхронизации подвергаются изменениям. Такой подход на основе системы может быть обеспечен путем измерения параметров сети синхронизации.

В «Определении и терминологии сетей синхронизации» TIE (Time Interval Error - погрешность интервала времени), MTIE (Maximum Time Interval Error - погрешность интервала максимального времени) и TDEV (Time Deviation - отклонение времени) являются тремя параметрами, которые используются как основные критерии для оценки качества сигналов синхронизации, но только функция TIE (погрешность интервала времени) непосредственно измеряется.

Разница измерения интервала времени обеспечивается с помощью часов и измерением того же самого временного интервала предполагается эталонной тактовой частотой.

Величина TIE, как правило, не имеет значения и, условно, TIE устанавливаются на ноль на начале измерения. Затем он отслеживает изменение фазы от начала измерения (см. Рис.1)/



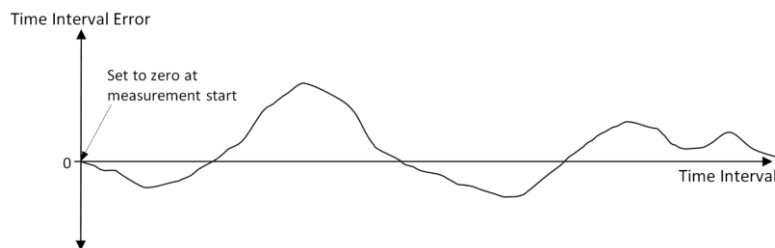


Рис. 1

Затем, на основе полученного массива TIE можно произвести расчет максимальной ошибки временного интервала - (Maximum Time Interval Error - MTIE): максимальное значение размаха изменения задержки данного сигнала тактовой синхронизации по отношению к идеальному сигналу тактовой синхронизации в течение времени наблюдения для всех значений времени наблюдения, длительность которых находится в пределах периода измерения. Кроме того, производится расчет девиации временного интервала (Time Deviation - TDEV): измеренное значение ожидаемого изменения временного интервала сигнала, как функция времени интеграции. TDEV может также обеспечивать информацией о спектральных составляющих фазового (или временного) шума сигнала [3]. MTIE - показатель, который позволяет обнаруживать скачки фазы в сигнале синхронизации, так как по определению равен размаху изменений фазы в течение определенного периода времени. Однако из-за своей чувствительности к скачкам фазы он не адекватен для оценки “фонового” шума сигнала синхронизации. TDEV - показатель, который позволяет оценить средний квадрат мощности, поэтому при вычислении TDEV скачки фазы в сигнале синхронизации скрадываются и фактически получают оценку “фонового” шума сигнала синхронизации.

Следует также упомянуть еще один параметр, оценивающий качество синхронизации. Девиация задержки пакетов (Packet Delay Variation - PDV): характеризует уровень загрузки IP/MPLS-сети в зависимости от задержки пакетов. В классической цифровой сети этот параметр отсутствует в силу ее природы. PDV не должен превышать 50мс, в противном случае параметры стабильности сигналов синхронизации выйдут за нормы, которые определены масками согласно [4]. Этот факт подтверждается измерениями MTIE и TDEV на пилотном участке сети синхронизации на IP/MPLS- сети. PDV также измеряется упомянутыми выше измерительными приборами и может быть эксплуатационным параметром в проектируемой системе мониторинга сети синхронизации в транспортной IP/MPLS-сети.

**Вывод.** Единственной возможностью адекватно оценить сигнал синхронизации является измерение параметров стабильности, причем измеряется только функция ошибки временного интервала (Time Interval Error – TIE) или параметр, оценивающий качество синхронизации по задержкам пакетов (Packet Delay Variation - PDV): характеризует уровень загрузки IP/MPLS-сети в зависимости от задержки пакетов. В процессе развертывания и эксплуатации сети синхронизации на транспортной сети IP/MPLS возникает необходимость в создании системы мониторинга сигналов синхронизации. Эта система не должна зависеть от количества поставщиков оборудования и количества источников сигнала синхронизации.

### Литература

1. Рекомендации G.810 Definitions and terminology for synchronization networks.
2. Рекомендации G.8260 Definitions and terminology for synchronization in packet networks.
3. Вакась В.И., Федорова Н.В. Практическая реализация синхронизации на сетях IP/MPLS. // Зв'язок. – 2013 р., №1. – С.23-276.
4. Рекомендации G.811 Timing characteristics of primary reference clocks.

*Федорова Н.В., к.т.н.,  
Пирогова Н.В.,  
Государственный университет телекоммуникаций,  
ПрАТ Киевстар, г. Киев*

## **МАКРОСЕТЬ КАК ОБЪЕДИНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 2G, 3G, 4G И 5G**

*Кратко рассмотрены перспективы создания макросети на базе технологий 2G, 3G, 4G и 5G. Указаны основные требования к макросети, подразумевающей интеграцию существующих и новых технологий. Обозначены актуальные вопросы и задачи при внедрении и функционировании интегрированной сети. А также представлена разработка одного из вариантов схемы макросети с элементами сети синхронизации.*

**Введение.** С развитием мобильных сетей и их адаптацией к новым типам устройств и услуг – от интеллектуальных электросчетчиков, автомобилей и подключенных бытовых приборов до промышленных объектов – к ним выдвигаются новые и самые разнообразные требования. В этой связи, подход «одна технология для всех» вряд ли может быть эффективным для обеспечения растущего числа разнообразных потребностей со стороны бизнеса, общества и отдельных пользователей. Технологии продолжают свое развитие в направлении к более высокой производительности и всё большему числу возможностей. В дополнение к существующим технологиям радиодоступа, появятся также новые технологии, которые позволят решать те задачи, которые решить с помощью 2G/3G/4G невозможно [1].

В скорой перспективе такого развития появится то, что называют 5G [2], т.е. набор органически интегрированных технологий радиодоступа. Технология 4G – это эволюционный шаг в развитии технологий мобильной связи, также как, и развитие HSPA и WI-Fi. Даже GSM будет играть важную роль, продолжая оставаться доминирующей технологией во многих уголках земного шара и после 2020 года. Поэтому речь идет не о замене существующих технологий на 5G, а, скорее, об их развитии и дополнении новыми технологиями радиодоступа, предназначенными для конкретных сценариев и определенных целей.

Прозрачная интеграция существующих и новых технологий будет способствовать повышению качества пользовательского опыта и появлению целого ряда новых услуг. Активное развитие и функционирование технологий, соединяющих общество в едином пространстве, способствует и ведет к созданию макросети оператора.

Основные требования к макросети, направленные на достижение следующих целей:

- увеличение в разы максимальной скорости передачи данных;
- обеспечение доступа в сеть Интернет в любой точке;
- переход на облачную инфраструктуру;
- использование масштабируемой и экономичной транспортной сети;
- обеспечение гарантированного качества (QoS) для любых видов услуг.

Так как в макросети подразумевается функционирование разных устройств, у которых скорости передачи разные, а также разные и запросы на качество сети. Сегодня таким запросам удовлетворяют только проводные сети. В сотовых сетях на данный момент пока нет гарантии заявленного качества сети. В макросетях будут работать в 10-15 раз больше конечных устройств, не являющихся сотовыми телефонами. И “четкое” функционирование макросети будет зависеть от возможности работать со столь разными устройствами в едином времени. Поэтому при внедрении новых цифровых технологий с коммутацией пакетов на первый план выходит **задача** создания распределительных сетей для передачи сигналов единого точного времени (ЕТВ) в единой макросети (рис.1).

При функционировании макросети не теряют своей актуальности вопросы, относящиеся к разделу частотно-временного обеспечения сеансов связи, а также проблемы

согласования шкал местных хранителей точного времени в территориально разнесенной инфраструктуре электросвязи. В то время, когда одни технологии динамично сменяют другие, в условиях активного перехода к сетям нового поколения, вопросы синхронизации становятся для специалистов все более актуальными, так как точное следование всемирному универсальному времени, в конечном счете, приводит к повышению доступности и качества предоставляемых услуг [3].

Стремясь достичь в сетях связи идеально точного отсчета времени, специалисты службы единого времени и стандартных частот разрабатывают и предлагают разнообразные варианты компьютерного моделирования технических решений в области временной синхронизации [4].

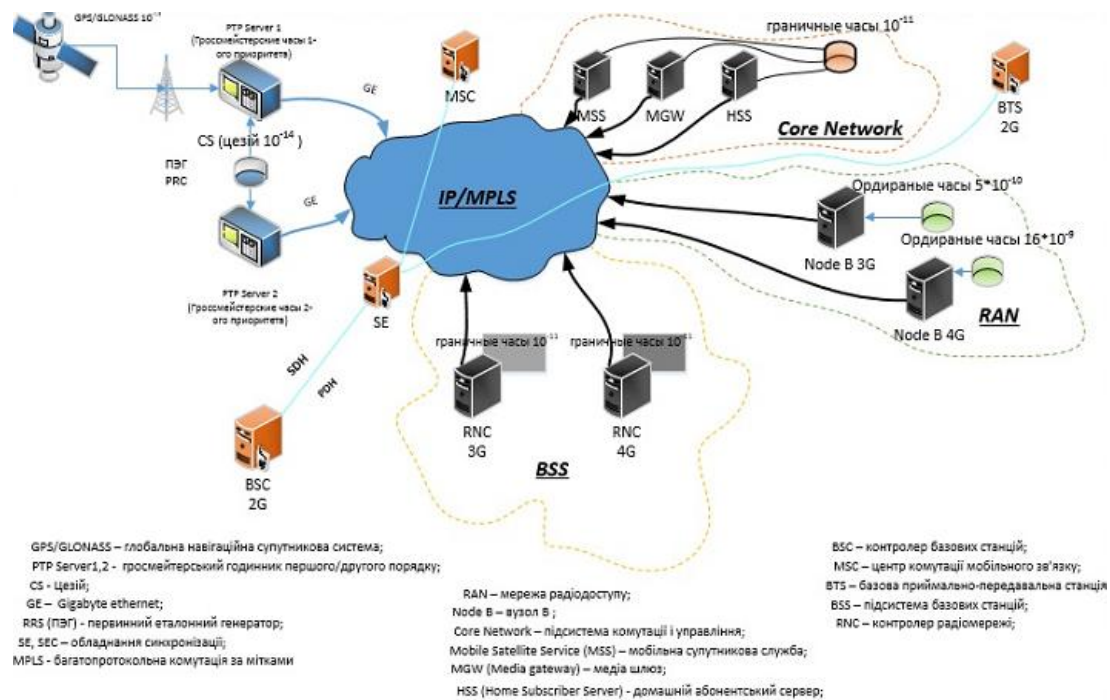


Рис. 1. Макросеть с элементами сети синхронизации

**Вывод.** Активное эволюционное развитие технологий в скорой перспективе приведет к созданию макросетей, целью которых станет решение принципиально новых задач. Появятся новые требования и задачи, которые уже сейчас можно определить и обозначить. Первоочередной среди них становится создание распределительных сетей для передачи сигналов точного времени, так как именно от ее успешного решения будет зависеть “четкое” функционирование единой макросети.

### Литература

1. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE: технология и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010.
2. Технологии мобильной связи пятого поколения (5G). White Paper. – Ericsson, Сентябрь 2013: [http://ericsson.com/kz/news/130919\\_wp\\_5g\\_254740124](http://ericsson.com/kz/news/130919_wp_5g_254740124)
3. Вакась В.И., Федорова Н.В. Распространение опорных сигналов синхронизации в IP-сетях. Реализация по протоколу PTP // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава. – 2014. – №1. – С. 91-96.
4. Вакась В.И., Федорова Н.В., Д.А. Демин. Измерения параметров стабильности сигналов синхронизации в пакетных сетях // Зв'язок. – 2016 р., №1. – С.40-43.

Хлапонін Ю. І., к.т.н., с.н.с.,  
 Національний авіаційний університет, м. Київ  
 Жиров Г.Б., к.т.н., с.н.с.,  
 Військовий інститут Київського  
 національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ

## МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ У НИЗХІДНОМУ КАНАЛІ ЗВ'ЯЗКУ LTE МЕРЕЖІ

Розроблено метод пріоритетного розподілу пропускної здатності у низхідному каналі зв'язку в технології LTE мережі, який на відміну від відомих, спрямований на забезпечення гарантованої якості обслуговування користувачів бездротової мережі шляхом виділення призначеним для користувача станціям необхідної пропускної здатності в низхідному каналі зв'язку.

Всі різновиди технології MIMO спрямовані на збільшення швидкості передачі даних і пропускної здатності LTE мережі за рахунок покращення завадостійкості. Переваги технології MIMO пов'язані з використанням декількох антен. В MIMO відбувається взаємне збільшення результуючої амплітуди двох або кількох когерентних сигналів при їх накладенні один на одного. Процес супроводжується чергуванням максимумів і мінімумів інтенсивності в просторі. Інтерференційна картина залежить від різниці фаз сигналів, які накладаються. Стійка інтерференційна картина буде спостерігатися тільки в тому випадку, коли хвилі мають однакову частоту і коливання в них не ортогональні. При інтерференції енергія хвиль перерозподіляється в просторі. Це не суперечить закону збереження енергії тому, що в середньому, для великої області простору, енергія результуючої хвилі дорівнює сумі енергій інтерферуючих хвиль.

У запропонованому методі процес формування діаграми спрямованості об'єднує сигнал від кожного антенного елемента, помножений на комплексний ваговий вектор  $\omega$ .

На виході вузькополосного формувача променя отримуємо результат шляхом знаходження суми з кожного антенного виходу.

$$y(t) = \sum_{p=1}^{M_r} \omega_p^* y_i(n) = \omega^H y(n),$$

де  $y(n)$  – вектор прийнятого сигналу,  $p$  – індекс антени.

Тоді вираз для результуючої діаграми спрямованості має вигляд:

$$F(\Theta) = \sum_{p=1}^{M_r} \omega_p^* e^{-j \frac{2\pi}{\lambda} (p-1) d \sin \theta}.$$

Рис. 1 показує принцип MIMO формування діаграми спрямованості.

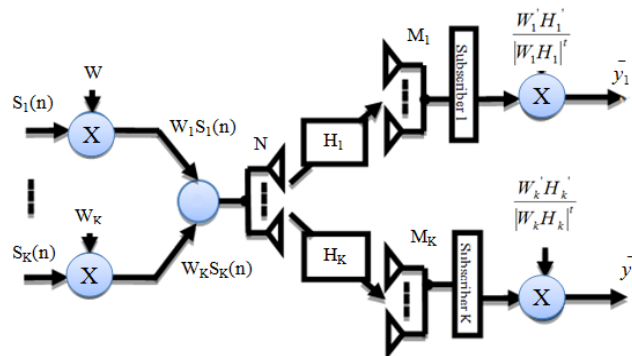


Рис. 1. Блок-схема формування діаграми спрямованості багатокористувачевої системи де  $M_i$  – це число антен приймача для  $i$ -го абонента

$S_i$  – потік даних від абонента в момент  $(t)$

$W_i$  – це вектор діаграми спрямованості перед передачею каналом.

Комплексні вагові коефіцієнти обчислюються за допомогою алгоритму оптимізації, який максимізує деяку функцію вартості. При формуванні діаграми спрямованості променя, який є несучим щодо сигналу необхідно оцінити напрям приходу Direction of Arrival (DOA) із застосуванням вагових коефіцієнтів:

$$w_p = |w| e^{\left[ -j \frac{2\pi}{\lambda} (p-1) d \sin \theta \right]}.$$

Для знаходження оптимального рішення були запропоновані адаптивні алгоритми. Перевагою таких алгоритмів є те, що вони особливо підходять, коли мобільне середовище є змінним в часі, а вагові коефіцієнти повинні періодично оновлюватися. Так як напрямок випромінювання антенної системи залежить від співвідношення фаз сигналів на її антенних елементах, то напрямок сумарного випромінювання сигналів в різні моменти часу буде відрізнятися. Ця властивість може покращити проходження сигналу при складних умовах розповсюдження за відсутності прямої видимості.

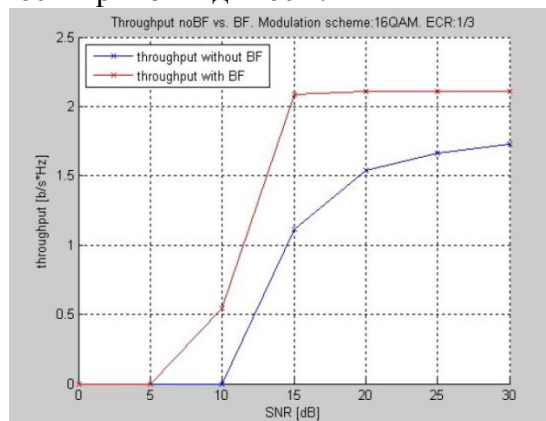


Рис. 2. Пропускна здатність з застосуванням методу (with BF) в порівнянні з відсутністю (without BF) з QPSK модуляцією

Ефективність методу формування діаграми спрямованості була проаналізована за допомогою програми Matlab за критерієм ефективність/вартість. Для розрахунку пропускної здатності з формуванням діаграми спрямованості антени (BF) та без нього (without-BF). Аналіз показав, що пропускна здатність каналу передачі з формуванням MIMO-діаграми спрямованості на 30% вище, ніж без застосування даного методу.

### Література

1. *MIMO and Smart Antennas for Mobile Systems // 4G Americas White Papers.* – 2013. – 42 p.
2. *Farooq Khan LTE for 4G Mobile Broadband. Air Interface Technologies and Performance // Farooq Khan / Cambridge University Press 2009.*
3. *Khlaponin Y. Proportional allocation method of the required bandwidth capacity for the user stations using the LTE technology / Khlaponin Y., Al-Zayadi Haider, Al-Sharify Mushtaq Talib, Al-Sharify Talib, Mikolaj Karpinski // Technical Transactions: Automatic Control (Czasopisma Technicznego: Automatyka).* – 2015. – № 5-AC – P. 103–108. – ISSN 2305-9397.
4. *Хлапонін Ю.І. Improving throughput network using mimo- beamforming (Підвищення пропускної спроможності мережі за допомогою MIMO-формування діаграми спрямованості) (англійською мовою) / Ю.І. Хлапонін, М.Т. Аль-шурайфі, Х.Х. Аль-заяді, М.І. Резніков // Безпека інформації.* – 2014. – № 1 – С. 12–16.

**Хохотва И. И.,**  
директор Департамента связи,  
Национальная комиссия, осуществляющая государственное  
регулирование в сфере связи и информатизации,  
г. Киев

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОМЕРНОГО РЕСУРСА ПЛАНА МЕЖДУНАРОДНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ СЕТЕЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ И АБОНЕНТОВ (ITU-T E.212) ПРИ ПРЕДОСТАВЛЕНИИ УСЛУГ МЕЖМАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ (M2M).**

*Показаны темпы развития технологий M2M в силу все более широкого распространения электронных устройств, прогноз развития беспроводных систем M2M. Рассмотрены существующий План международной идентификации для сетей общего пользования и абонентов (ITU-T E.212), распределение международного номерного ресурса. Предоставлены законодательные инициативы НКРСИ, в частности установление порядка распределения и учета номерного ресурса, пути усовершенствования Государственного регулирования номерного ресурса.*

В настоящее время в мире насчитывается значительно больше машин, чем людей. И все больше и больше машин поддерживают сетевые соединения. Основная идея M2M: машина (устройство) приносит больше пользы, когда она подключена к сети, а полезность сети растет по мере увеличения числа машин, подключенных к ней. Это дало основу для широкого развития M2M.

Разработано много технологий межмашинного взаимодействия систем M2M. По оценкам экспертов, преимущественное развитие имеет передача данных M2M по беспроводным сетям. Это наиболее выгодный способ развертывания распределенных систем. В первую очередь – использование сетей мобильной связи. Сети мобильных операторов обладают значительной зоной покрытия, что является главным требованием при выборе (предпочтении) сотовой связи для M2M. Особенно с использованием технологий, которые на данный момент обеспечивают максимальное покрытие: 2G (GPRS, EDGE), 3G, 4G. Это быстрорастущая ниша на рынке услуг мобильной связи.

Рост доли рынка услуг M2M, как и числа терминалов, отмечают все операторы сотовой связи. Наблюдается экспоненциальный рост числа мобильных подключений SIM-карт для обслуживания текущих внедрений IoT: 2009 г. – 127 млн.; 2014 г. – 370 млн.; 2019 г. – 599,7 млн. (Источник: Harbor Research, Berg Insight.)

Одной из проблем построения M2M решений и поддержки быстрого темпа развития рынка этих услуг есть необходимость внедрения перспективных радиотехнологий и обеспечения их функционирования.

Вместе с тем анализ существующего порядка присвоения, распределения и возврата международного номерного ресурса Плана международной идентификации для сетей общего пользования и абонентов ITU-T E.212 (05/2008), а именно кодов MNC под кодом MCC «255», который выделен ITU для Украины, и кодов MNC диапазона 901U1U2 требует изменения в национальной законодательной базе.

На данный момент намечены пути усовершенствования Государственного регулирования номерного ресурса:

1. Разработка нового Национального плана нумерации Украины с учетом потребностей рынка, в частности для обеспечения внедрения услуг M2M (после вступления в силу Закона Украины «Об электронных коммуникациях» согласно которому национальный регулятор изменяет структуру номерного ресурса, устанавливает порядок распределения и учета номерного ресурса).

2. Законодательно урегулировать деятельность субъектов хозяйствования, которые будут иметь право эксплуатировать телекоммуникационные сети подвижной (мобильной) связи других операторов при осуществлении деятельности по предоставлению электронных коммуникационных услуг с использованием номерного ресурса и без получения и использования радиочастотного ресурса (в Верховной Раде Украины 11.12.2015 зарегистрирован законопроект «Об электронных коммуникациях» под № 3549-1, которым предусмотрено введение определения термина «оператор виртуальной сети» и установление условий осуществления ими деятельности).

**Таким образом,** можно сделать вывод, что особенностью современного этапа развития есть необходимость предоставления полного спектра телекоммуникационных услуг для создания глобальных информационных инфраструктур, в том числе для M2M решений на основе инновационных технологий.

### Література

1. *Рекомендация ITU-T E.101 (11/2009) Определения терминов, используемых в Рекомендациях серии E для идентификаторов (наименований, номеров, адресов и других идентификаторов) служб и сетей электросвязи общего пользования.*
2. *Рекомендация ITU-T E.164 (11/2010) Международный план нумерации электросвязи общего пользования.*
3. *Рекомендация ITU-T E.212 (05/2008) План международной идентификации для сетей общего пользования и абонентов.*
4. *Приказ Министерства транспорта и связи Украины № 1105 от 23.11.2006 «Об утверждении Национального плану нумерации Украины».*
5. *Market Overview M2M & Smart Systems: Machine-to-Machine (M2M) Smart Systems Market Opportunity 2010-2014. Harbor Research, Inc.*

## **ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ МЕТОДАМИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ**

*Наводиться математична модель вибору оптимальних проектних варіантів системи з урахуванням сукупності показників якості на основі багатокритеріального підходу. Дається опис програми, що реалізує цю методологію. Наводяться приклади їх застосування при виборі оптимальних варіантів різних типів засобів зв'язку.*

Аналіз сучасного стану у галузі планування засобів зв'язку (ЗЗ) показує, що ці задачі не ставляться та не вирішуються як багатокритеріальні оптимізаційні задачі зі строгим урахуванням сукупності показників якості [1, 2] і тому отримані проектні варіанти ЗЗ не є оптимальними за сукупністю показників якості. Це зумовлює потребу подальшого перепланування за результатами моніторингу цих засобів та введення їх в експлуатацію. Це визначає необхідність використання методів багатокритеріальної оптимізації при плануванні ЗЗ з метою вибору оптимальних проектних варіантів [2]. При цьому з'являється можливість врахувати на формалізованому рівні суперечливі вимоги до ЗЗ і виключити безумовно гірші проектні варіанти їх побудови.

Математична модель багатокритеріального вибору варіантів системи, оптимальних за сукупністю показників якості, включає наступні процедури: формування множини допустимих варіантів системи, визначення сукупності показників якості та критерію оптимальності системи, а також знаходження оптимальних варіантів системи за обраним критерієм.

Множина допустимих варіантів системи формується на основі морфологічного підходу з урахуванням того, що кожний варіант системи  $\phi = (s, \vec{\beta})$  визначається структурою  $s$  (сукупністю елементів і зв'язків між ними) та вектором параметрів  $\vec{\beta}$ . Обмеження, що задаються на умови роботи, структуру, параметри, визначають множину допустимих проектних варіантів  $\Phi_0$ .

Задання критерію оптимальності для вибору оптимального варіанту на множині припустимих проектних рішень мережі пов'язане з формалізацією уявлень замовника системи про її оптимальність. Через недостатню визначеність уявлень замовника про оптимальність системи спочатку не вдається у формалізованому вигляді задати скалярний критерій оптимальності. Тому на початкових етапах систему характеризують сукупністю показників якості. При цьому для вибору оптимальних проектних рішень необхідно застосовувати методи багатокритеріальної оптимізації. Спочатку слід використовувати ординалістичний підхід до вибору оптимальних проектних рішень за безумовним критерієм переваги, що базується на введенні бінарних відношень переваги між проектними рішеннями. Зокрема, при введенні відношення строгої переваги  $\succ$  на множині  $\Phi_0$  знаходиться підмножина Парето-оптимальних проектних варіантів. Потім використовується кардиналістичний підхід, оснований на введенні умовного критерію переваги, який дає можливість звузити підмножини Парето до єдиного переважного варіанту системи.

Знаходження Парето-оптимальних проектних рішень може бути проведено як безпосередньо на множині допустимих рішень  $\Phi_0$  із застосуванням введених бінарних відношень переваги, так і в критеріальному просторі оцінок вектора показників якості. При цьому кожний варіант системи  $\phi$  відображається із множини  $\Phi_0$  у критеріальний простір  $V \in R^m$ . Оптимальним варіантам системи за безумовним критерієм переваги у критеріальному просторі відповідає підмножина Парето-оптимальних оцінок  $P(V) = opt_{\succeq} V$ . Ці оцінки



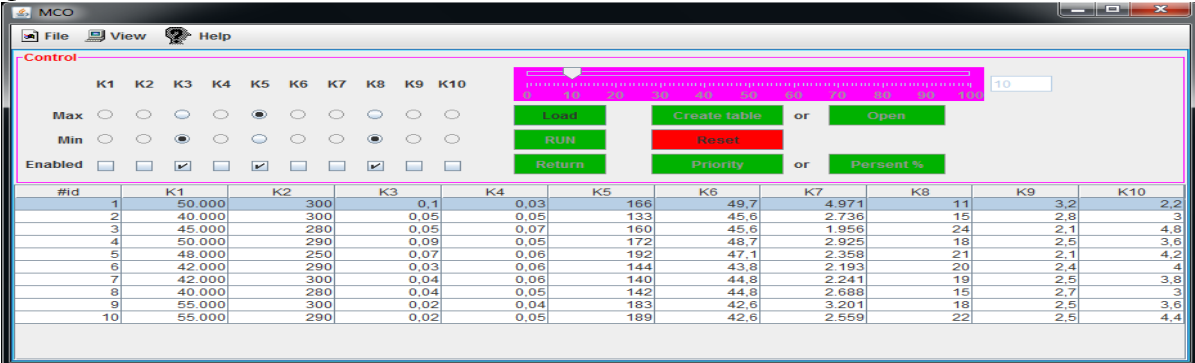
відповідають варіантам системи, що не домінуються за відношенням  $\succ$ . Варіант системи  $\phi^o$  включається у підмножину Парето-оптимальних рішень (відповідних для них Парето-оптимальних оцінок  $\bar{k}(\phi^o) \in P(V)$ ), якщо на множині допустимих варіантів  $\Phi_\delta$  не існують інші варіанти системи  $\phi$ , для яких виконується векторна нерівність  $\bar{k}(\phi) \geq \bar{k}(\phi^o)$ . Інші варіанти системи є безумовно гіршими. При знаходженні Парето-оптимальних проектних варіантів також оцінюються багатомірні потенціальні характеристики (БПХ) системи, що визначають потенційно найкращі значення кожного із показників якості при фіксованих значеннях інших показників якості. Окрім того, отримуються багатомірні діаграми обміну (БДО) показників якості, що показують як потенційні значення одних показників залежать від значень інших показників якості.

Звуження підмножини Парето до єдиного варіанта системи. З метою вибору єдиного переважного варіанта системи серед Парето-оптимальних вводиться умовний критерій переваги із залученням додаткової інформації, що з'являється в результаті аналізу Парето-оптимальних варіантів та отриманих БПХ і БДО показників якості системи. Ця інформація використовується для побудови деякої скалярної цільової функції, оптимізація якої приводить до вибору єдиного переважного варіанта системи. Розглянуто різні методи звуження підмножини Парето-оптимальних рішень на основі теорії цінності, теорії розмитих множин, теорії лексикографічних відношень та методу аналізу ієрархій.

Для вибору оптимальних проектних варіантів систем на основі теорії багато-критеріальної оптимізації розроблена програма МСО, інтерфейс якої наведено на рис. 1.

Програма МСО реалізована на мові Java. Ця програма вирішує наступні задачі:

- вибір і задання значень показників якості для допустимих проектних варіантів систем,
- нормування і приведення показників якості до співставного виду,
- вибір підмножини Парето-оптимальних варіантів систем з використанням методу дискретного вибору за безумовним критерієм переваги Парето,
- звуження підмножини Парето до єдиного переважного проектного варіанту системи з використанням умовних критеріїв переваги на основі функції цінності або лексикографічних відношень.



The screenshot shows the MCO software interface. At the top, there is a menu bar with 'File', 'View', and 'Help'. Below it is a 'Control' panel with radio buttons for 'Max' and 'Min', and checkboxes for 'Enabled' for each of the ten quality indicators (K1-K10). There are also buttons for 'Run', 'Return', 'Create table', 'Reset', 'Priority', 'Open', and 'Percent %'. A table below the control panel displays the results for 10 different system variants (#id 1-10) across the ten quality indicators (K1-K10).

#id	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
1	50.000	300	0.1	0.03	166	49.7	4.971	11	3.2	2.2
2	40.000	300	0.05	0.05	133	45.6	2.736	15	2.8	3
3	45.000	280	0.05	0.07	160	45.6	1.956	24	2.1	4.8
4	50.000	290	0.09	0.05	172	48.7	2.925	18	2.5	3.6
5	48.000	250	0.07	0.06	192	47.1	2.358	21	2.1	4.2
6	42.000	290	0.03	0.06	144	43.8	2.193	20	2.4	4
7	42.000	300	0.04	0.06	140	44.8	2.241	19	2.5	3.8
8	40.000	280	0.04	0.05	142	44.8	2.688	15	2.7	3
9	55.000	300	0.02	0.04	183	42.6	3.201	18	2.5	3.6
10	55.000	290	0.02	0.05	189	42.6	2.559	22	2.5	4.4

Рис. 1

Розглянуті методи формування множини допустимих варіантів побудови ЗЗ, знаходження Парето-оптимальних проектних рішень та звуження підмножини Парето до єдиного проектного рішення використані при вирішенні задач вибору оптимальних проектних варіантів на етапі номінального планування систем мобільного зв'язку 2-го, 3-го та 4-го покоління та планування транспортної мережі мобільного зв'язку.

Результати роботи можуть бути використані для автоматизації проектування різних типів систем, що дає можливість скоротити терміни та витрати на їх проектування.

### Література

1. Mishra A.R. *Advanced Cellular Network Planning and Optimisation. 2G/2.5G/3G Evolution TO 4G.* /Edited by Ajay R. Mishra. – John Wiley & Sons Ltd, 2007. – 542 p.
2. Чеботарёва Д.В., Безрук В.М. *Многокритериальная оптимизация проектных решений при планировании сотовых сетей мобильной связи.* – Харьков.: СМИТ, 2013.– 148 с.

## **4G и 5G**

Собственно, а зачем нам нужен новый мир, если и в старом неплохо? Проблема в том, что устройств вокруг стало слишком много. Все они полезные, все обладают массой функций, но их много. Настраивать и обслуживать каждое — еще полбеды, но когда нужно наладить взаимодействие между всеми, чтобы помогали и дополняли друг друга — вот это сложно и неудобно. И ладно еще смартфон с планшетом связать — а десяток датчиков, разбросанных по дому заставить отдавать им информацию? Именно поэтому нужно единое и удобное решение и новые сети для передачи информации. Ориентированные даже не на пользователя, а на устройства.

В частности, в предыдущих поколениях сотовых сетей (вплоть до 4G) устройства связывались исключительно и непосредственно с базовыми станциями. Это вызывало серьезную проблему: при работе на низких частотах можно было легко обеспечить хорошее покрытие, но «впихнуть» в узкий частотный диапазон много не получалось, а увеличение частот приводит к резкому снижению эффективной дальности работы. Замкнутый круг. Но теперь вспоминаем, что одной из основных задач внедрения сетей пятого поколения является помощь в связи непосредственно между устройствами. Значит, нет необходимости поддерживать канал между каждым из них и базовой станцией, а можно использовать ретрансляцию сигналов. Собственно, это мы и получим: если LTE в дальнейшем будет работать с полосами частот до 6 ГГц, то *cmWave* — от 6 до 30 ГГц, *mmWave* — с еще более широкими, вплоть до 100 ГГц. Это позволит на небольших расстояниях поддерживать скорости до нескольких гигабит в секунду, что, в принципе, обычно не требуется «одиночным» устройствам, зато может быть легко утилизировано сетью из последних, активно обменивающейся информацией. Ну а для «дальней» связи можно спокойно использовать как ретрансляцию сигналов, так и привычные узкие частотные диапазоны — им хватит.

Во всем мире самый популярный диапазон под LTE — это 1800 МГц. В Украине эти частоты использованы под мобильную связь GSM, заняты голосовым и мобильным трафиком GPRS и EDGE. После слияния с Beeline около половины этого лицензированного диапазона сосредоточил в своих руках «Киевстар», который после внедрения технологической нейтральности и обновления плана по использованию РЧР вполне мог бы использоваться эти частоты для развертывания сетей LTE.

Эксперты считают, что сменять покрытия с 2G на 4G позволило устранить преграды в информационных обменах. А внедрение 5G технологии является фундаментом концепции Internet of things. Благодаря новому формату будет создан новый мир, полностью цифровой и взаимосвязанный.

Высочайшая скорость 5G (до 10 Гбит/сек при передаче данных) станет сильнейшей движущей силой для развития индустрии VR, «виртуальной реальности». Это созданный техническими средствами новый мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, обоняние, осязание и т.д. Как полагают эксперты, в ближайшем будущем именно 5G технология сделает виртуальную реальность повсеместно доступной. Ведь мобильные устройства с поддержкой 5G смогут подключаться к сети Интернет с физически максимальной скоростью. Что это означает? То, что ёмкость 5G-сетей позволит обслуживать более миллиона устройств «Интернета вещей» на площади в 1 кв. км со скоростью свыше 100 Мбит/с. Внедрение стандарта 5G позволит снизить нагрузку и задержки передачи сигнала в сети. В результате скорость мобильного Интернета вырастет многократно, уменьшатся задержки. Например, видео будет проигрываться с первой секунды, без

ожидания загрузки. Большая емкость, высокая скорость и плотность 5G технологии передадут пользователям устройств виртуальной реальности максимально идеальные и комфортные физические ощущения.

Но мечтая о том, что может ожидать украинскую телеком-отрасль в среднесрочной перспективе, не следует бежать впереди паровоза. Прежде чем говорить о внедрении в Украине 5G-технологии, необходимо внедрить стандарт LTE, который уже успешно функционирует во всех ведущих странах мира. Только слаженный, поэтапный и обдуманный подход к вопросам внедрения новых технологий связи сможет обеспечить максимально качественное и надежное покрытие. К тому же он является наиболее оправданным как с технологической, так и с социально-экономической точек зрения.

**План внедрения такой:**

1. Внести изменения в законы касательно технологической нейтральности.
2. Провести рефарминг частотных диапазонов.
3. Полноценно развернуть UMTS (3G).
4. Доразворачивать цифровое ТВ.
5. Свернуть аналоговое ТВ.
6. Провести тендер на освободившийся диапазон 800 МГц.
7. В других диапазонах проводить тендеры не нужно — операторы развернут LTE сами.

**Литература:**

1. <http://russian.cri.cn/3069/2016/10/18/1s590920.htm>
2. <http://www.ixbt.com/mobile/mtk-lteworld-2015.shtml>
3. <http://interfax.com.ua/news/economic/347529.html>

Ярцев В.П., к.т.н.,  
Котомчак О.Ю.,

Государственный университет телекоммуникаций,  
г. Киев, Украина

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ СИГНАЛОВ С КВАДРАТУРНОЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Предложен алгоритм формирования и имитационного моделирования обучающей последовательности КАМ-сигналов, реализуемой сигнальным процессором, для обеспечения оптимальных начальных условий работы средств синхронизации телекоммуникационных систем и снижения влияния межсимвольной интерференции на качество информационных сообщений.

Для передачи цифровой информации по узкополосному коммутируемому каналу связи используется квадратурная амплитудная модуляция (КАМ), обеспечивающая расширение спектра передаваемого сигнала. При КАМ-модуляции происходит дискретное изменение значения амплитуды и начальной фазы каждого канального символа. Ширина спектра КАМ - сигнала соизмерима спектром N-ичного ФМ сигнала, имеет малое значение вероятности ошибки на бит передаваемой информации и поэтому более предпочтительна, чем другие виды модуляции. Так как КАМ - сигнал не имеет постоянной амплитуды, то применение такой модуляции повышает требования к линейности канала передачи. Для передачи информации по телефонному каналу длительность сигнала, соответствующая каждому символу, должна многократно превышать длительность символьного интервала, при этом спектры сигналы соседних символов накладываются друг на друга, вызывая межсимвольную интерференцию (МСИ), что снижает достоверность приема передаваемого сообщения. Для снижения МСИ квадратурным сигналам придают специальную форму, обеспечивая нулевые значения сигнала в моменты времени  $T$ , равные интервалу, выделяемого для передачи одного символа. Это достигается путем использования фильтров нижних частот (ФНЧ) с косинусоидальным сглаживанием АЧХ  $A(f)$  - фильтр Найквиста. Так как фильтрация нижних частот применяется на передающей и на приемной стороне системы связи, используется фильтр АЧХ которого равна корню квадратному АЧХ фильтра Найквиста  $^2 \overline{A(f)}$  [1,2].

При увеличении скорости передачи сообщений за счет использования большего числа символов  $n$  при фиксированной символьной частоте  $f_s = 1/T$ , число точек в сигнальном созвездии увеличивается в  $2^n$  раз, а расстояние между ними уменьшается. Это вызывает необходимость повысить качество демодуляции сигнала в приемнике за счет увеличения точности синхронизации несущей частоты и точности формирования отсчетных моментов времени  $T$ , а также компенсации искажений КАМ - сигнала в канале связи. Эти операции (carrier recovery, timing recovery, equalization) решаются схемотехнически или алгоритмически в блоках приемника, реализующих методы автоматического регулирования с обратными связями. Поэтому для повышения эффективности и устойчивости системы управления необходимо до выполнения этих операций обеспечить предварительную частотную и временную синхронизацию приемника, получить информацию о параметрах искажений сигнала.

Формирование КАМ – сигнала  $S(nT)$  в передающей части системы связи выполняется путем перемножения квадратурных составляющих информационного сигнала  $R(nT)$  и  $I(nT)$  на ортогональные сигналы несущей частоты с последующим суммированием:

$$S(nT) = \sum_{m=0}^{N-1} R(mT) \cos(\omega_0 mT + \varphi_0) - I(mT) \sin(\omega_0 mT + \varphi_0),$$

где  $\omega_0$  – круговая частота несущей,  $\varphi_0$  – начальная фаза сигнала.

Для настройки приемника КАМ - сигнала предлагается использовать 4 серии обучающей псевдослучайной последовательностей символов, состоящих из повторяющихся комбинаций используемых символов с длиной в пределах от  $n=256T$  до  $n=1280T$ . Проведённое имитационное моделирование в системе Mathcad 14 показало, что синхронизация приемника определяется величиной сдвига нулевого отсчета дискретного сигнала относительно опорного момента времени. При моделировании фазовая структура принятого сигнала, оценивалась для трех его спектральных составляющих и вычислялась выполнена с помощью дискретного преобразования Фурье и с использованием алгоритма Герцеля. Результаты моделирования подтвердили, что использование предложенной структуры обучающей псевдослучайной последовательности символов с их последующей демодуляцией и сопоставление с априорной известными значениями позволяет адаптировать приемное устройство канала связи к текущим условиям передачи, уменьшить меж-символьную интерференцию КАМ – сигналов цифрового информационного сообщения [3].

### Литература

1. Скляр Бернад. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. 2-е изд.: пер. с англ. – М: Вильямс.2003. –1104 с.
2. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб: Питер. 2003. – 604 с.
3. Миленький А.В., Сундучков А.К. Оптимизация начального этапа синхронизации приемника КАМ – сигналов /Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. 2004. Том2,№4. – С.186-191.
4. Jablon N.K. Carrier recovery for blind equalization // Proc. IEEE Int. Conf. Acoust. Speech.Signal Processing. May 23-26.1999. – P. 1211-1214.

## **POST-NGN: UBIQUITOUS SENSOR NETWORKS**

USN (Ubiquitous Sensor Networks) are one of the most promising technologies of the XXI century.

Network USN, depending on the type of sensors may be deployed on land, in air, under and above the water in the buildings and, finally, on the skin and inside living organisms, particularly humans. They also are widely used in important areas such as the military, crisis management and emergencies, terrorism, etc.

Cheap and "smart" sensors, in fairly large quantities combined in a wireless network connected to a public telecommunications network, today provides an unprecedented wide range of bodies for monitoring and control services, homes, businesses, cars, etc.

To support each sensor set characteristics to be built in accordance with a particular architecture, which includes as major elements: the sensor device itself directly, memory, antenna, power supply.

Basic requirements for USN can be summarized as follows:

- Integration of a large number of sensors in the network.
- Low power consumption.
- Self-organizing network.

The sensor network is a relatively large set of wireless sensors, distributed in a region with a sufficiently high density. The radio coverage area of each of the sensors must be at least one sensor, in which case the sensor will be referred to nearby. The larger the "neighbors" of each of the sensors, the more accurate and reliable sensor network has - evident that a separate sensor has a limited perception region, computing power, memory and power. radio access technology used in sensors and based on the IEEE 802.15.4 standard, can transmit data over a distance of up to several tens of meters.

The sensor network consisting of a large number of sensors to be structured, since a large amount of information transmitted can reduce the reliability of the units, which are in close proximity to the Gateway - the constant transfer of transit data could lead to failure of the power supply and the high volume of traffic - receiving buffer overflow. Cluster organization is scalable and is considered to be effective for solving such problems, but only if a rational choice of the head node in a clustered network and at the appropriate time

Sensor as any telecommunications unit and / or terminal is composed of hardware and software. In general, the sensor consists of the following subsystems: perception and monitoring, data processing and communication subsystem and the power source.

The subsystem monitoring and perception allows the sensor to collect such data on environment such as temperature, light intensity, vibration, acceleration, magnetic field, the chemical composition of air, acoustics, etc. It is this subsystem determines the area or application in which the sensor can be used. The sensor can optionally be added, and other subsystems such as, for example, positioning a power generator, etc. Perception and monitoring subsystem includes analog device directly relieves certain statistics, and analog-to-digital converter that converts analog data into digital for further processing.

In addition to considering the classical architecture of the sensor assembly may be other, which is associated, for example, to the need not only to monitor or control the measured characteristics, but also the impact on the measurement object. This element has the ability to impact on the object, called the actor and his architecture shows

Actor sensor node architecture is similar to the architecture and characterized in that the active element interacts, for example, insulin diabetes patient input device with the external

environment. In addition, the actor controller architecture separately allocated deciding effects on the environment.

The natural look of the actor and the possibility of merging into a single sensor node, which is represented by architecture

### **Routing algorithms USN**

In the development of routing algorithms in wireless sensor networks, the following factors should be considered:

- ✓  Self-organization
- ✓  Energy Efficiency
- ✓  Flexibility
- ✓  Scalability
- ✓  Tolerance to failures
- ✓  Accuracy and quality

Algorithms selecting parent node cluster rotation and provide remapping cluster head node periodically depending on the load distribution in the whole wireless sensor network, and other factors such as power consumption, coating etc.

One of the most popular mechanisms for the operation of sensor networks and headends selection is an algorithm LEACH (Low Energy Adaptive Cluster Hierarchy). LEACH algorithm provides a probabilistic selection of the sensor assembly to the role of the brain in the early functioning of the sensor network, and then the rotation based on the energy characteristics of other sensor nodes. This decision, of course, increases the duration of operation of sensor nodes and networks in general, but as will be shown below, does not solve the problem of providing better coverage for a sufficiently long time. And that, in general, of course, because when you create LEACH this problem and is not intended. For example, HEED algorithm (Hybrid Energy - Efficient Distribution) uses hybrid selection criterion for the head node based on analysis of the residual energy and the location of nearby nodes.

### **Mobile Sensor Networks**

In recent years a new type of sensor networks - a mobile sensor network MSN (Mobile Sensor Networks). These networks have retained all the features of Wireless Sensor Networks USN and in addition to these features, the added mobility.

*For touch mobile network type, it is necessary to develop a separate routing algorithm, it became LEACH-M*

In LEACH algorithm - M mobile sensor node declares itself a cluster member when it is in motion, and then confirms its availability to the implementation of a communication session (TDMA-based) cluster head node.

**Development IMT-2020 (5G)** Undoubtedly the development of technology IMT-20 requires a well-developed MSN on the territory of Ukraine, their number should increase interaction with each other and will organize the work of the new network, without human intervention.

As a result, during the gradual transition to 5G networks will improve the following main parameters:

- 1) An increase network capacity;
- 2) Increasing the data rate;
- 3) Reduction of data transmission delay.

With the improvement of technology will also increase the devices that will interact with networks. The number of such devices will increase by tens and hundreds of times compared to today. Accordingly, in the tens of thousands of times and increase traffic transmitted over networks.



**Literature:**

1. *Communication networks post-NGN / BS Goldstein, AE Curly. - St. Petersburg: BHV-Peterburg, 2014.-160 p. : ил.*
2. *Telecommunication networks Monograph in 4 chapters. Part 4 (Chapter 4) Evolution of infocommunication system Sokolov N.A., M. Alvarez Publishing, 2004*
3. *Hu Fei. Wireless sensor networks : principles and practice / Fei Hu, Xiaojun Cao. - Boca Raton, FL [etc.] : CRC press, cop. 2010. - xxvii, 503 с. : ил.*

## 5G KEY ENABLING TECHNOLOGIES

*Within 5G, wireless communication applications are expected to expand into new market segments with many new features. 5G systems should support emerging new use cases, including applications requiring very high data rate, a large number of connected devices, ultra-low latency and high reliability. This paper briefly introduces the key technologies that enable future wireless systems to meet most challenging 5G performance requirements.*

It's expected that the major future breakthroughs will include technologies enhancing the radio interface, advanced antenna techniques, mmWaves communications, full-duplex radios, Cognitive Radio and novel deploying technologies such as ultra-dense networks, device-centric architectures, software-defined networks / network function virtualization, based on cloud computing techniques.

1. *Technologies to enhance the radio interface.* The fundamental requirements for 5G will be the high spectral efficiency, resistance to interference, handling high data rate wide bandwidth signals and low latency transmissions. There are also requirements for synchronization, computational complexity and implementation costs, energy efficiency, etc. The OFDM has been an excellent choice for 4G. However there are some novel waveforms that could bring new advantages under certain conditions: Filter Bank Multi-Carrier (FBMC), Universal Filtered MultiCarrier (UFMC), Filtered OFDM, etc.

Orthogonal multiple access schemes such as FDMA/TDMA/CDMA/OFDMA have been used in the past. To address challenges such as higher spectral efficiency, massive connectivity, and lower latency, non-orthogonal multiple access (NOMA) schemes are currently investigated such as power-domain NOMA, multiple access with low-density spreading, sparse code multiple access (SCMA), multiuser shared access (MUSA), pattern division multiple access (PDMA), etc.

Multi-user MIMO, cooperative MIMO, and massive MIMO as well as 3D-beamforming are key techniques for achieving better spectrum efficiency.

2. *Deploying technologies and new network topologies.* The increased integration between the different radio access technologies generally referred to as heterogeneous networks is one more key feature of 5G. Determining which standard to utilize and which base station or user to associate with will be a truly complex combinatorial optimization task in future networks.

As the extremely effective way to increase the network capacity is to make the cells smaller, 5G is likely to be focused around dense deployments of small cells such as picocells and femtocells having WiFi-like range, as well as distributed antenna systems. The cell-centric architecture may be radically changed in 5G as the deployment of the cells with vastly different coverages will lead to decoupling of downlink and uplink in a way that allows the corresponding information to flow through different sets of nodes. The traditional concepts of uplink/downlink and control/data channel will be rethought.

5G will require an infrastructure that is highly flexible, resource efficient and can scale any time to meet the dynamic needs of rapidly emerging new services. The key technology trends are network function virtualization and software defined networking. The Cloud RAN is a cellular network architecture to embody these both paradigms. It separates the Base Band Unit which is responsible for the signal processing functions in the BS, from the RRH transmitting signals over the radio interface.

**References**

1. *5G requirements - From Technology to Verticals. Panel 1 of the 24th European Conference on Networks and Communications (EuCNC'15), 29 June-2 July 2015, Paris, France.*
2. *Introducing the 5G Infrastructure PPP – Launching the European 5G Initiative - Part I, II. SPS09, SPS10 of the 24th European Conference on Networks and Communications (EuCNC'15), 29 June-2 July 2015, Paris, France.*
3. *Recommendation ITU-R M.2083-0: “IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond”.*

**Romanenko O.Y.,  
Hahich V. V.,  
Kvachenok I. V.,  
Chetverikov I.O.,**

*PhD in Engineering sciences, Assoc. Prof.  
Faculty of Radio Physics, Electronics  
and Computer systems,  
Taras Shevchenko National University of  
Kyiv, Ukraine.*

## COMPARATIVE ANALYSIS OF LTE AND 5G NETWORKS

*We consider the use of 5G networks technology as the next stage of LTE development A comparison of the technological changes that are needed in the transition to the use of next-generation networks, and exploring the possible ways of using the network.*

At the moment, there are four generation mobile communications in the world. The fifth generation of mobile communication should appear by 2020 and be launched into mass use, but it is already in commercial mobile networks operating equipment that can provide a data transfer rate of 600 Mbit/s, and on the test platforms achieved the speed of 1 Gbit/s.

Basic structural differences between LTE and 5G technologies are the following:

1) Change in the network model building: now the main thing is the subscriber, instead of the base station. In existing networks, the subscriber has to adjust to the network. The fifth-generation networks will be used "smart" antennas that can change the directivity pattern according to the needs of customers in specific circumstances.

2) Switching to the centimeter and millimeter ranges. Currently, LTE networks operate in frequency ranges below 3 GHz, and it is believed that the shift to higher ranges will be accomplished only in 5G standard. Spectral resource is limited, and to find the necessary frequency in the traditional mobile communication bands becomes more difficult. To significantly increase the data rate required much greater frequency bands. The solution to this problem is to move to tens of GHz. With increasing frequency, at which information is transmitted, reduced communication range. This moment is a disadvantage of technology, so the fifth generation network will be used in places where there is a demand for high speed data transfer.

3) MIMO technology is the use of multiple antennas at the transceivers. The technology is successfully used in the fourth generation networks will be used in the 5G networks as well. In most LTE networks MIMO operates in 2x2 mode, two antennas for transmission, two on reception. in the future the number of antennas is expected to increase. This technology has just two valid arguments for the application: data rate increases almost proportionally to the number of antennas, wherein the signal quality is improved by the signal reception by several antennas.

Areas and opportunities offered by the use of 5G networks:

1) Information transmission.

It will allow to modernize the technology of IoT to the level of comprehensive ecosystem. The devices will share information at a speed of 10-50 times the previous transmission technology. It allows you to synchronize an unlimited number of devices in real time, without loss of performance.

Development and improvement of the autopilot can make an enormous spurt. Current information transmission standards have created obstacles to intelligent interaction between the cars on the road. One of the advantages of 5G is transmission delay reduce and high speed information transmission – over than 1 Gb/s and a delay of 1 millisecond. "Communicating" with each other with these parameters in a rapidly changing environment and increased danger - the new standard will make these technologies safer;

2) Cloud technologies.

Cloud technologies are also involved in the huge progress. It will be the key to an improved machine learning and elimination of physical data carriers. Machine learning and deep learning technologies will become more efficient. The machine connected to the network, will absorb information much faster;

3) Other benefits.

Broadcast high-definition video (4320p). Advanced interaction via virtual reality. Usability and convenience.

Implementation of the 5G project by 2020 will enable unrestricted access to information. It is obvious that for the realization of this perspective will be necessary to solve the problem of the growing number of devices connecting to the network. A variety of connected devices, applications and tasks allow to make the assumption that 5G will be a result of integrating existing radio access technologies, such as advanced LTE, as well as more specialized, aimed at specific targets.

### **References**

1. Afif Osseiran, Jose F. Monserrat, Patrick Marsch, “5G Mobile and Wireless Communications Technology”, 2016.
2. Ericsson, 2015 Networked Society Essential:  
<http://www.ericsson.com/res/docs/2013/networked-society-essentials-booklet.pdf>.
3. Ericsson, 2014 Ericsson Mobility Report—on the Pulse of the Networked Society:  
<http://www.ericsson.com/res/docs/2013/ericsson-mobilityreport-june-2013.pdf>.
4. Cisco Forecast Update, 2012-2017: [http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white\\_paper\\_c11-520862.pdf](http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-520862.pdf).

**Kozina Mariya,**  
*phD, ONPU, Odesa, Ukraine*  
**Njike Amougou Sophy,**  
*Student, ONPU, Odesa, Ukraine*

## STEGANOGRAPHIC METHOD WHICH IS USING SINGULAR VALUE DECOMPOSITION

*Research in data hiding has developed during the past decade, with their applied commercial interests, and futhermore recently, government interests driving this field. It was developed new steganographic method and algorithms that implement them for a covert communication channel. Color digital images are used as a container for organizing a covert communication channel. The singular value decomposition is chosen as the area for embedding the confidential information.*

Today techniques of information hiding that include cryptography, watermarking, and steganography. All the areas have a different purpose and objective for hiding data. Cryptography is the study of hiding message content by encrypting or encoding the message bits in such a way that the message is unintelligible unless the key to decrypt it is known. In cryptography, it is clear that a message is being transmitted; the goal of encryption is make the unauthorized decryption of the message take unreasonable amounts of computer processing resources and time. Watermarking of digital data is concerned with protecting the digital data itself for ownership purposes, copy control, or other content protection purposes. In watermarking, a sequence of bits is inserted within the data. While it may be known that a watermark has been inserted for copy protection purposes, the goal of watermarking is to make removal of the inserted watermark bits impossible without additional information, such as a key. Steganography is a type of covert communication where a secret message is hidden in a carrier or cover message; the goal of steganography is to embed message bits so that the very existence of the message is not detectable by an observer [1].

Research in data hiding has developed during the past decade, with their applied commercial interests, and futhermore recently, government interests driving this field.

There are several important properties in creation and evaluation of an effective steganographic algorithm. These include the following: capacity, perceptibility, detectability, robustness, speed.

The singular value decomposition SVD is based on a theorem from linear algebra which says that a rectangular matrix  $A$  of  $m \times n$  size can be factored into three matrices.

$$A = USV^T$$

where  $U$  is orthogonal  $m \times m$  matrix ( $U^T U = I$ ) (where  $I$  is identity matrix) and the columns of  $U$  are the orthonormal eigenvectors of  $AA^T$ . Likewise  $V$  is orthogonal  $n \times n$  matrix ( $V^T V = I$ ) and the rows of  $V^T$  are the eigenvectors of  $A^T A$ . The eigenvectors of  $AA^T$  are called the left singular vectors of  $U$ , while the eigenvectors of  $AA^T$  are called the right singular vectors of  $V$ . The matrix  $S$  is diagonal and it has the same size as  $A$ . Its diagonal entries, known as sigma,  $\sigma_1, \dots, \sigma_r$ , arranged in non-increasing order are the square roots of the nonzero eigenvalues  $\lambda_1, \dots, \lambda_r$ , where  $\sigma_1 = \sqrt{\lambda_1}, \dots, \sigma_r = \sqrt{\lambda_r}$ , of both  $AA^T$  and  $A^T A$ . They are the singular values of matrix  $A$  and they fill the first  $r$  places on the main diagonal of  $S$ .  $r$  is the rank of  $A$ . Singular value vector has the entire energy of the matrix  $A$ ,  $U$  and  $V$  represent the geometrical shape of the image.

To sum above mentioned the authors at present are developing the modern steganography method of embedding information to singular value decomposition of the digital image matrix.

## References

1. Bergman, C. Unitary embedding for data hiding with the SVD. / C. Bergman, J. Davidcon // *Security, Steganography, and Watermarking of Multimedia Contents VII, SPIE* . – 2005. – Vol. 5681. – P. 619-630.
2. Кобозева А.А. Применение сингулярного и спектрального разложения матриц в стеганографических алгоритмах / *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. – 2006. – №9 (103). – Ч. 1. – С.74-83.

## **THE BENEFITS OF THE SDN TECHNOLOGY IMPLEMENTATION IN THE 5G MOBILE NETWORKS**

In Software Defined Networking the controller is the focal point of network architecture, sitting between applications that will make demands of the network and the network devices themselves. For network professionals, the centralized controller takes on the role of the control-plane, where distributed routing protocols such as BGP and OSPF have traditionally sat. We are still in early days of SDN with groups and vendors jockeying for position and dominance, and as such there are an abundance of controllers to choose from. SDN controllers fit into the following categories.

- Academic projects.
- Industry-backed open source projects.
- Vertically-aligned, vendorspecific products.

In fact, someone new to SDN could be overwhelmed by all of the choices.

However, upon further inspection, a trend is becoming evident in the SDN controller market — that of consolidation. While there are still many controllers in play, slowly but surely the market is seeing two key rallying points, both in the open source world. One is the Linux Foundation’s OpenDaylight Project. The other is ON.Lab’s Open Network Operating System.

This consolidation is an important step in the SDN world:

- Enterprise shops have been stymied by the variety of controllers out there. It’s hard to bet on an SDN controller this early in the game, especially when trying to build a new operational strategy around the platform. Consolidation means they can make a choice they can live with.
- Vendors interested in interoperability are also impacted by having too many controllers to contend with. But, with ODL and ONOS gaining broad acceptance, vendors can build a controller based on one with little risk it will become an orphan.
- Some SDN application developers have been in a “sit back and wait” mode, as it takes both time and money to support an application on a variety of controller platforms. As the industry settles on ODL and ONOS, application developers can release products for these platforms knowing they will work across the larger part of the user community.

This takes nothing away from the important contributions made by the many academic SDN controller projects. These efforts remain useful as proofs of concepts, or to try out new ideas. But they weren’t necessarily designed to work at scale or to handle every SDN use case that an enterprise or service provider might have. In addition, vertically integrated controllers designed by a vendor to work within their own ecosystem are just that - part of a specific stack intended to work in a unified product line. These vendor-specific controllers are unlikely to ever go away, as they may forever be integral to certain vendor product offerings. And that’s not a bad thing. There’s room in customer networks for more than one controller, depending on the problems being solved and the products used. However, it is interesting to see that part of the consolidation movement comes from vendors.

A number of them are basing their controllers on open source projects, OpenDaylight in particular. Let’s take a brief look at the two SDN controllers the market appears to be rallying around.

In recent months the ON.Lab Open Network Operating System (ONOS) project has seen significant interest and project growth. In a recent briefing with ON.Lab, it became clear that one of the key elements being addressed by ONOS is scale. While the scalability of SDN controllers is a concern for any network, it is a particular concern for service providers.



A controller application running on a single x86 box is constrained by the capabilities of the local CPU, memory, bus architecture and storage I/O, among other things. The application can't perform beyond whatever bottleneck it happens upon when tied to a single system. To scale an application designed to run on a single box, the box must be sized bigger. Practitioners know this implies a disruptive upgrade process. Moving an application to a bigger box is a challenge, even in the context of virtual computing. Distributed computing systems tackle the scaling challenge by describing an architecture in which applications can run in a distributed fashion across multiple systems. Scaling the application means adding more systems, as opposed to upgrading an individual system. ONOS was targeting the creation of an SDN controller that could handle up to 1M path setups per second, and as many as 6M network state operations per second. In other words, the ONOS controller needs to cope with defining a very large number of paths through the network as well as changes to that network. A single box architecture will not meet those needs, and thus ONOS has emerged with a distributed controller architecture.

That's not to say that other SDN controller architectures ignore scaling requirements. Some SDN architectures handle load distribution problems by creating several SDN domains, and then federating them together. In this architecture, each domain is managed by an individual controller cluster, and controller clusters exchange data about each other's domains to form a federation. This is not the distributed computing model, but is rather a series of centralized controllers communicating with one another about their individual domains. ONOS controller architecture follows a true distributed computing model; the centralized controller operating system is distributed across several controller nodes. The difference might seem subtle, but is important. With ONOS, a single, distributed ONOS instance maintains a unified, global view of the network state. ONOS also differentiates itself from ODL in that it is explicitly targeting service providers. While that doesn't exclude enterprise users, many of whom have network architectures that look similar to service providers, ONOS has the global scale and ultra-high endpoint connection count of service providers in mind. ONOS also points out that it is involving end-users with vendors right at the start. This is a not-so-subtle jab at ODL, which has been criticized by some for being too vendor-driven. While enterprise shops are unlikely to adopt ONOS, at least the way it looks today, the distributed controller architecture could be interesting. Enterprises that feel ODL is an SDN scale bottleneck may want to test ONOS in their environment to see if the architecture meets their expectations.

For network consumers, the consolidation of SDN controllers offers at least two key benefits. Developers can begin writing SDN applications with confidence, knowing what controllers they can count on being around for the long haul. An application that runs on the open source distribution of ODL should also run on ODL-based controllers released by network vendors. That means writing ODL applications is a market worth entering. That's not to say there isn't a future in writing applications for proprietary vendor controllers, such as Cisco's APIC or HP's VAN, but those vendorspecific controllers may represent smaller markets that will be harder for application developers to capitalize on. With ODL especially seeing decent market penetration even at this early stage, network consumers should begin to see more applications come available over time. As the industry works to determine what, exactly, SDN is to look like and how it is to operate, we can move from a focus on nuts and bolts to a study of operational impact. SDN has been tough to bring to market for vendors, in that SDN isn't something many customers feel they need to buy. That is to say, SDN in and of itself is not a selling point. Rather, SDN is a catalyst for operational efficiency and new network capabilities. SDN has largely been a set of tools that, while interesting, aren't easily taken advantage of by the average network practitioner. A controller consolidation implies a generally agreed upon SDN architecture that will allow complete and (dare we say) mature SDN products to come to market from vendors. When that happens, we'll see broader SDN adoption. Don't get us wrong. There are still arguments to be had, positions taken, and proposals won and lost as vendors and end users work together to create an SDN that makes sense for the long

haul. But early fruit is already appearing, and the next 12 months are filled with the promise of progress.

In SDN's early days, possibility abounded. The thought of what could be excited practitioners and tantalized developers. OpenFlow was an early SDN star, a proof of concept from Stanford that demonstrated a new way to program a network. Many even conflated SDN and OpenFlow, as if one could not exist without the other. That's not the case, but early in the SDN hype cycle, it was an understandable perception. OpenFlow progressed quickly, as the Open Networking Foundation drove Open-Flow development ahead, publishing several iterations of the OpenFlow specification in rapid succession. Lately, OpenFlow progress seems to have stalled. Industry fervor over OpenFlow has quieted. ONF releases of major OpenFlow specifications have slowed. Vendors making SDN announcements don't emphasize OpenFlow terribly much these days. SDN has created an industry of its own with several classes of products, some of which don't leverage OpenFlow at all.

OpenFlow is compelling in that it offers the following:

- A standardized interface that abstracts vendor-specific hardware away. A controller that speaks OpenFlow should be able to program a device that supports OpenFlow.
- A means to program the network centrally.
- An easy way to do “exception programming,” the handling of unusual traffic flows that cannot follow the normal best path through the network. Those who keep up with Open-Flow's use will rightly point out that OpenFlow isn't exactly standardized, in the sense that some vendors have extended OpenFlow to give it additional capabilities. This is true, but it's worth pointing out that vendors (including Big Switch, NEC, and VMware) are working with the ONF to bake these extensions into standard OpenFlow. This process is similar to how other vendors have handled proprietary extensions to standards in the past. It seems unlikely that the industry will fracture when it comes to OpenFlow. Vendors using Open-Flow are trying to stay on the same page as their industry peers. Others might point out that Open-Flow sells some hardware short, in that OpenFlow as a standardized interface can't expose every capability a given chunk of silicon might have. SDN in its early days was excited about tools, because SDN could not move beyond ideas without them. As an industry, it has been started the process of moving beyond the tools and into the realization of what those tools can bring to networking. And thus, the focus is beginning to shift into use cases, products, and operationalization of the software defined network. Put another way, the average networking consumer isn't buying SDN or OpenFlow. Rather, as SDN moves slowly into the mainstream, consumers are buying the capabilities these tools bring.

#### **OpenFlow's future seems bright**

Research by this author into SDN use cases for enterprises reveals that, broadly speaking, companies are turning to the tech for traffic manipulation, security and network virtualization. What's intriguing is the many solutions within these categories use OpenFlow as the programming tool in the majority of cases.

Interestingly, OpenFlow interoperability is also becoming something vendors can discuss without smirking.

Open-Flow is getting ready to be the great equalizer - a key element in the growing open networking movement.

If OpenFlow is able to be used to consume complex, feature rich silicon at scale across many, if not all, hardware platforms, then the vertically integrated stack becomes less important.

While networkers are used to network hardware that comes with special silicon, a companion CLI, and some sort of API, those components have always been tightly aligned. If OpenFlow breaks through in ubiquity, then the switching platform itself will matter less than the applications that run on top of it.

This plays well into open networking's central theme of disaggregation, where an enterprise or service provider can choose a whitebox switch that runs a compatible network operating system of their choosing. This offers them operational choice, reduces vendor lock-in, and may well create

a cost savings. OpenFlow dovetails nicely with those values, offering SDN controller writers a predictable way to program hardware. As the network industry moves into this open world, an explosion of innovation should take shape.

Markets for novel SDN applications, operational flexibility, and overall IT efficiency will open up, once there's a predictable, abstracted network platform to work with.

OpenFlow may be at a crossroads, but it's not going away.

Application of SDN technology for the introduction of 5-generation mobile networks is necessary because not only it will improve the processes of network management, but also enhance the ability of the network itself.

#### **Literature:**

1. *Network World / The connected enterprise. - Special issue, 2015.- 3 p.*
2. *SDN: The Next steps. Part 1 (Chapter 1), 2015*
3. *SDN: The emerging reality, 2015. – 15p.*

*Ахрамович В.М., к.т.н., доц.,  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ*

*Чегронець В.М., к.т.н., доц.,  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ*

## **УРАЗЛИВОСТІ ТА СПОСОБИ ЗАХИСТУ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ**

*Описані способи та методи несанкціонованого доступу до бездротових мереж, їх вплив на мережі, можливі наслідки. Розглянуті додаткові технології захисту, надані рекомендації із забезпе-чення безпеки бездротових мереж.*

*Ahramovych V. M., PhD,  
State University Of Telecommunications, Kyiv  
Chegrenets V. M., PhD,  
State University Of Telecommunications, Kyiv*

## **VULNERABILITIES AND SECURITY METHODS OF WIRELESS NETWORKS**

*Here described methods and techniques unauthorized access to wireless networks and their impact on the network, the possible consequences. Also additional security technologies, the recommendations of the security of wireless networks considered.*

*According to various studies, the majority of leaders in the IT field (~49%) considered wireless networks as two of the most vulnerable components of the IT infrastructure. Respondents rated the vulnerability of wireless networks much higher as compared to the wired networks. Only 29% of leaders think that wired networks are two of the most vulnerable components.*

За різними дослідженнями переважна частина керівників в Іт-Сфері (~49%) включила бездротові мережі в число двох найбільш уразливих складових Іт-Інфраструктури. Респонденти оцінили уразливість бездротових мереж як значно більш високу в порівнянні з основними мережами. Тільки 29% керівників віднесли основні мережі до числа двох найбільш уразливі компонентів.

Підслуховування. Найпоширеніша проблема в таких відкритих і некерованих середовищах, як бездротові мережі, - можливість анонімних атак. Анонімні шкідники можуть перехоплювати радіосигнал і розшифровувати передані дані. Підслуховування дозволяє зібрати інформацію в мережі, яку згодом передбачається атакувати. Первинна мета зловмисника - зрозуміти, хто використовує мережу, які дані в ній доступні, які можливості мережевого встаткування, у які моменти його експлуатують найбільше й найменш інтенсивно і яка територія розгортання мережі. Усе це пригодиться для того, щоб організувати атаку на мережу. Загальнодоступні мережеві протоколи передають таку важливу інформацію, як ім'я користувача й пароль, відкритим текстом. Інший спосіб підслуховування - підключення до бездротової мережі. Активне підслуховування в локальній бездротовій мережі звичайно засноване на неправильному використанні протоколу Address Resolution Protocol (ARP). Ця технологія була створена для "прослуховування" мережі. У дійсності ми маємо справу з атакою типу MITM (Man In The Middle - "людей посередині") на рівні зв'язку даних. Зловмисник звичайно підмінює ідентифікацію одного з мережевих ресурсів. Коли жертва атаки ініціює з'єднання, шахрай перехоплює його й потім завершує з'єднання з необхідним ресурсом, а потім пропускає всі з'єднання із цим ресурсом через свою станцію. При цьому атакуючий може посылати й змінювати інформацію або підслухувати всі переговори й потім розшифровувати їх.

Відмова в обслуговуванні (Denial of Service - DOS). Повну паралізацію мережі може викликати атака типу DOS. У всій мережі, включаючи базові станції й клієнтські термінали, виникає така сильна інтерференція, що станції не можуть зв'язуватися одна з іншою. Ця атака виключає всі комунікації в певному районі. Якщо вона проводиться в досить широкій області, то може завдати значних збитків. Атаку DOS на бездротові мережі важко запобігти або зупинити. Більшість бездротових мережних технологій використовує не ліцензовані частоти - отже, припустима інтерференція від цілого ряду електронного обладнання.

Глушіння клієнтської станції. Глушіння в мережах відбувається тоді, коли навмисна або ненавмисна інтерференція перевищує можливості відправника або одержувача в каналі зв'язку, і канал виходить із ладу. Атакуючий може використовувати різні способи глушіння. Глушіння клієнтської станції дає шахраєві можливість підставити себе на місце заглушеного клієнта. Також глушіння може використовуватися для відмови в обслуговуванні клієнта, щоб йому не вдавалося реалізувати з'єднання. Більш витончені атаки переривають з'єднання з базовою станцією, щоб потім вона була приєднана до станції зловмисника.

Глушіння базової станції. Глушіння базової станції надає можливість підмінити її атакуючою станцією. Таке глушіння позбавляє користувачів доступу до послуг. Для глушіння можливе використання, наприклад, генераторів шуму.

Більшість бездротових мережних технологій використовує не ліцензовані частоти. Тому багато обладнань, такі як радіотелефони, системи спостереження й мікрохвильові печі, можуть впливати на роботу бездротових мереж і глушити бездротове з'єднання. Щоб запобігти таким випадкам ненавмисного глушіння, перш ніж купувати дороге бездротове встаткування, треба ретельно проаналізувати місце його установки. Такий аналіз допоможе переконатися в тому, що інші обладнання не перешкоджають комунікаціям.

Анонімність атак. Бездротової доступ забезпечує повну анонімність атаки. Без відповідного встаткування в мережі, що дозволяє визначати місце розташування, атакуючий може легко зберігати анонімність і ховатися де завгодно на території дії бездротової мережі. У такому випадку зловмисника важко піймати й ще складніше передати справа до суду. У недалекому майбутньому прогнозується погіршення розпізнаваності атак в Internet через широке поширення анонімних входів через небезпечні крапки доступу. Уже існує багато сайтів, де публікуються списки таких крапок, які можна використовувати з метою вторгнення. Важливо відзначити, що багато шахраїв вивчають мережі не для атак на їхні внутрішні ресурси, а для одержання безкоштовного анонімного доступу в Internet, прикриваючись яким, вони атакують інші мережі. Якщо оператори зв'язку не ухвалюють запобіжних заходів проти таких нападів, вони повинні відповідати за шкоду, заподіюваний іншим мережам при використанні їх доступу до Internet.

Фізичний захист. Крадіжка обладнань бездротового доступу до мережі багато в чому приводить до того, що зловмисник може потрапити в мережу, не вживаючи складних атак, тому що основні механізми аутентифікації в стандарті 802.11 розраховані на реєстрацію саме фізичного апаратного обладнання, а не облікового запису користувача. Так що втрата одного мережевого інтерфейсу й несвоєчасне повідомлення адміністратора може привести до того, що зловмисник одержить доступ до мережі без особливих турбот.

Погрози криптозахисту. У бездротових мережах застосовуються криптографічні засоби для забезпечення цілісності й конфіденційності інформації. Однак помилки приводять до порушення комунікацій і використанню інформації зловмисниками. WEP - це криптографічний механізм, створений для забезпечення безпеки мереж стандартом 802.11. Цей механізм розроблений з єдиним статичним ключем, який застосовується всіма користувачами. Керуючий доступ до ключів, частина їхня зміна й виявлення порушень практично неможливі. Дослідження Wep-шифрування виявило вразливі місця, через які атакуючий може повністю відновити ключ після захоплення мінімального мережного трафіка. В Internet є засоби, які дозволяють зловмисникові відновити ключ протягом декількох годин. Тому на WEP не можна покладатися як на засіб аутентифікації й конфіденційності в бездротовій мережі. Шифрування WEP (Wired Equivalent Privacy) було

дискредитоване за рахунок уразливостей в алгоритмі розподілу ключів RC4. Це трохи пригальмував розвиток Wi-Fi ринку й викликало створення інститутом IEEE робочої групи 802.11i для розробки нового стандарту, що враховує уразливість WEP, та забезпечує 128-бітне AES шифрування й аутентифікацію для захисту даних. Wi-Fi Alliance в 2003 представив свій власний проміжний варіант цього стандарту – WPA (WPAFi Protected Access). WPA використовує протокол цілісності тимчасових ключів TKIP (TKIPoral Key Integrity Protocol). Також у ньому використовується метод контрольної суми MIC (MICsage Integrity Code), яка дозволяє перевіряти цілісність пакетів. В 2004 Wi-Fi Alliance випустили стандарт WPA2, який являє собою поліпшений WPA. Основна відмінність між WPA і WPA2 полягає в технології шифрування: TKIP і AES. WPA2 забезпечує більш високий рівень захисту мережі, тому що TKIP дозволяє створювати ключі довжиною до 128 біт, а AES – до 256 біт. Шифрування даних в WPA займається протокол TKIP, що використовує динамічні ключі. Також у ньому застосовуються більш довгий вектор ініціалізації й криптографічна контрольна сума (MIC) для підтвердження цілісності пакетів.

Недоступність MAC-адрес. Прийнято вважати, що розмежування доступу, засноване на поділі апаратних Mac-Адрес бездротових мережних адаптерів на "своїх" і "чужих", є ефективним засобом протидії атакам. Це дійсно так, але лише при забезпеченні додаткових заходів безпеки. До речі, аутентифікація бездротового клієнта по Mac-адресі - винятково ініціатива конкретного виробника, специфікації бездротових стандартів 802.11b/g такого заходу безпеки не передбачають. Тобто подібний метод аутентифікації може або бути присутнім, або ні, - залежно від бажання й маркетингової політики виробника. Навіть якщо існує можливість "відсівання" чужих бездротових клієнтів, повністю покладатися на цей захід не варто - її злом займає лічені хвилини й доступний навіть починаючому хакерові з незакінченою середньою освітою. Суть злomu така: за допомогою спеціальної утиліти прослуховується радіообмін крапки доступу на каналі, по якому відбувається обмін інформацією із клієнтами, і в отриманому трафіку виділяється список "своїх" клієнтів. Потім залишається лише програмно підмінити апаратну адресу свого бездротового адаптера на один зі списку добутих адрес (у переважній більшості випадків це можна зробити навіть стандартними засобами драйвера) - і "чужий" адаптер став "своїм".

Аутентифікація. Для захисту від цієї погрози слід впроваджувати аутентифікацію. Аутентифікація додає ще один рівень безпеки, вимагаючи, щоб комп'ютер клієнта зареєструвався в мережі. Традиційно це виконується за допомогою сертифікатів, маркерів або паролів (також відомих як Preshared-key), які перевіряються на сервері аутентифікації.

Стандарт 802.1X дозволяє працювати з WEP, WPA і WPA2 і підтримує кілька типів аутентифікації EAP(Extensible Authentication Protocol). Налаштування аутентифікації може виявитися скрутним й дорогим завданням навіть для професіоналів, не говорячи про звичайних користувачів. На щастя, ситуація постійно поліпшується, уже не потрібно купувати повноцінний сервер RADIUS, оскільки з'явилася безліч простих в установці альтернативних розв'язків. Подібний продукт від Wireless Security Corporation (недавно придбаной Mcafee) зветься WSC Guard. Ціна передплати на нього починається від \$4,95 на місяць за кожного користувача, при оплаті декількох місць діють знижки. Наступний розв'язок більше підходить для досвідчених "адміністраторів мереж" –TinyPEAP являється прошиванням із сервером RADIUS, який підтримує аутентифікацію PEAP на бездротових маршрутизаторах LinksysWRT54GiGS. Відзначу, що прошивання офіційно не підтримується Linksys, так що установка виконується на свій страх і ризик.

Хакер в мережі. До цього моменту захист зводився до того, щоб не дати зловмисникові підключитися до вашої мережі. Але що робити, якщо, незважаючи на всі зусилля. хакер пробрався в мережу? Існують системи виявлення й запобігання атакам для кабельних і бездротових мереж, однак вони націлені на корпоративний рівень і мають відповідну вартість. Також можна знайти й розв'язки, засновані на відкритому вихідному коді, але вони, на жаль, не зовсім зрозумілі для новачків. За багато років існування провідних

мереж були вироблені основні принципи безпеки, які можна застосовувати й до бездротових мереж. Вони дозволять захиститися від вторгнення зловмисника.

Додаткові технології захисту, наприклад IPS, антивіруси й керування додатками, мають більш низький пріоритет, але використовуються в деяких організаціях для забезпечення надійного захисту від погроз. Наприклад, найбільш пріоритетним засобом близько 16% респондентів назвали IPS, менш 3% – фільтрацію Url-Адрес. Запобігання вторгнень має найвищий пріоритет у респондентів у сферах охорони здоров'я, роздрібною торгівлі й промислового виробництва, де для розв'язку важливих завдань застосовується безліч впроваджених систем, наприклад, у медичнім устаткуванні, мобільних торговельних терміналах (mpos) і пристроях зчитування Rfid-Міток. Пристрою із впровадженими системами часто зазнають атак, що використовують уразливості застарілого вбудованого ПЗ.

Для забезпечення безпеки бездротових мереж необхідно наступне:

- зменшити зону радіопокриття ( зрозуміло, до мінімально прийнятної). В ідеалі зона радіопокриття мережі не повинна виходити за межі контрольованої території;
- змінити пароль адміністратора, установлений за замовчуванням;
- активізувати фільтрацію за Mac-адресами;
- заборонити широкомовне розсилання ідентифікатора мережі (SSID);
- змінити SSID, установлений за замовчуванням, і періодично змінювати його;
- активізувати функції WEP;
- періодично змінювати Wep-ключі;
- установити й налагодити персональні міжмережеві екрани і антивірусні програми у всіх зареєстрованих абонентів;
- виконати налагодження фільтрації трафіка на телекомунікаційнім устаткуванні;
- забезпечити резервування встаткування бездротової мережі;
- організувати резервне копіювання ПЗ й конфігурацій устаткування;
- періодично проводити моніторинг захищеності бездротової мережі за допомогою спеціалізованих засобів

## Література

1. Гордейчик С.В., Дубровин В.В. *Безопасность беспроводных сетей*. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 288 с.
2. Дэвид Полино, Мерит Максим. *Безопасность беспроводных сетей*. – М.: Компания "АйТи"; ДМК Пресс, 2004. – 288 с.

## **АНАЛІЗ УРАЗЛИВОСТЕЙ МЕРЕЖ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ**

*Розглянуто можливості кібернетичних атак на мережі мобільного зв'язку. Запропоновані перспективні шляхи вирішення проблеми наявності уразливостей мереж мобільного зв'язку.*

*S. Gakhov*

## **ANALYSIS OF VULNERABILITIES OF MOBILE COMMUNICATION NETWORKS**

*Analyzed the possibility of cyber attacks on mobile communication networks. Offered promising solutions to the problem of the presence of vulnerabilities of mobile communication networks.*

Мережі мобільного зв'язку є складовою частиною інформаційних та телекомунікаційних систем загального доступу. Вони виступають в якості складової частини національних інформаційно-комунікаційних інфраструктур, які належать до об'єктів критичних інфраструктур держав разом із об'єктами енергетики та електропостачання, транспорту, хімічної промисловості тощо [1].

Важливу роль в забезпеченні якості надання послуг та потрібних властивостей мобільного зв'язку відіграють протоколи інформаційного обміну в системах та мережах. Властивості реалізованої інформаційної технології в мережах мобільного зв'язку визначають можливості здійснення кібернетичних атак.

Кібератака з метою розкриття конфіденційних ідентифікаторів IMSI (International Mobile Subscriber ID, міжнародний ідентифікатор SIM-картки) дозволяє отримати IMSI абонента, адресу MSC/VLR (Mobile Switching Centre, Visited Location Register, база даних абонентів, які знаходяться в зоні дії комутатора), адресу HLR (Home Location Register, база даних абонентів даної мережі). За адресою MSC/VLR можливо визначити місцезнаходження абонента, а також використовувати результати даної кібератаки для проведення більш складних атак [2].

Під час здійснення кібератаки з метою розкриття місця розташування абонента використовуються вихідні дані, які добуті під час проведення кібератаки щодо розкриття конфіденційних ідентифікаторів IMSI, та застосовуються легітимні запити щодо місцезнаходження абонента, які застосовуються для тарифікації вхідного виклику на абонента в реальному часі. Результатом даної кібератаки є отримання глобального ідентифікатора стільника CGI, що надає можливість визначити місце розташування базової станції на місцевості [2].

Кібератака з метою порушення доступності абонента базується на реєстрації абонента у зоні дії «фальшивого» MSC/VLR. При цьому абонент перестає отримувати вхідні дзвінки та SMS повідомлення [2].

Кібератака з метою перехоплення вхідних SMS повідомлень базується на тому, що після проведення реєстрації абонента на «фальшивому» MSC/VLR всі SMS повідомлення, призначені абоненту, будуть приходити на сайт атакуючого. Дана атака може бути використана для перехоплення одноразових паролів мобільного банкінгу, перехоплення відновлених паролів від Інтернет-сервісів (пошти, соціальних мереж тощо), отримання паролів для особистого кабінету на сайті мобільного оператора [2].

Під час проведення кібератаки з використання прямих USSD запитів (Unstructured Supplementary Service Data, сервіс інтерактивної взаємодії абонента з додатком) до HLR використовуються вихідні дані, які отримані під час кібератак, які розглядалися вище.



Результатом даної кібератаки може бути несанкціоноване переведення коштів між рахунками абонентів [2].

Кібератака з метою зміни профілю абонента здійснюється шляхом відправлення до VLR фальшивого профілю абонента. Результатом даної кібератаки є обслуговування абонента за встановленими зловмисником параметрами. Зміна профілю абонента дає можливість створення системи конференц-зв'язку, при якому зловмисник буде знаходитися непоміченим [2].

Кібератака з метою перенаправлення вхідного виклику абоненту базується використанні «фальшивого» MSC/VLR та перенаправлення виклику щодо обслуговування операторами з високими тарифами або роумінгу [2].

Кібератака з метою відмови в обслуговуванні мобільного комутатора здійснюється шляхом масового відправлення запитів на виділення роумінгових номерів, в результаті чого досить швидко витрачається весь пул роумінгових номерів. Комутатор втрачає можливість обслуговувати вхідні дзвінки. В результаті атаки будуть недоступні всі мобільні абоненти, що знаходяться в зоні обслуговування даного комутатора [2].

Основними організаційними заходами, які направлені на забезпечення кібербезпеки при використанні мобільного зв'язку в організаціях, можуть бути встановлення внутрішньо корпоративних правил користування мобільним зв'язком та здійснення контролю за їх дотриманням.

Оператори мобільного зв'язку мають застосовувати технічні засоби забезпечення контролю трафіку на межі відповідної мережі мобільного зв'язку як з боку суміжних мобільних мереж, так і з боку інших інформаційних та телекомунікаційних систем загального доступу.

Оператори мобільного зв'язку мають проводити постійний моніторинг подій безпеки з метою виявлення атак та вжиття адекватних заходів, а також проводити тестування периметра мережі на предмет виявлення вразливостей та можливого проникнення.

Таким чином, існуючі вразливості мереж мобільного зв'язку зумовлюють розмаїття можливих шляхів проведення кібератак на них. Даний момент вимагає розроблення та застосування адекватних заходів та засобів захисту інформації та процесів функціонування відповідних систем для задоволення потреб та інтересів всіх суб'єктів суспільних відносин у сфері мобільного зв'язку як споживачів, так і операторів.

### ***Список використаних джерел***

1. Рибка, С. В. *Кіберпростір. управління інфраструктурою, кібербезпека [Текст]* / С. В. Рибка, Є. В. Кільчицький, О. М. Післегін // *Стратегічна панорама : Науково-практичний журнал*. – 2015. – № 1. – С. 126-134. - *Бібліогр.* : с. 134.

2. Дмитрий Курбатов, Сергей Пузанков. *Уязвимости сетей мобильной связи на основе SS7 [Електронний ресурс]* – Режим доступу: [http://www.ptsecurity.ru/download/PT\\_SS7\\_security\\_2014\\_rus.pdf](http://www.ptsecurity.ru/download/PT_SS7_security_2014_rus.pdf).

*Довбня С.Я. к.в.н., доцент,  
КНУ імені Тараса Шевченка,  
Хотинський М.І.  
(КНУ імені Тараса Шевченка), м. Київ*

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАХИЩЕНОСТІ В LTE-СИСТЕМАХ**

За останній період розвитку в галузі зв'язку, найбільшого поширення набули бездротові мережі передачі даних LTE, які на сьогоднішній день активно розвиваються. Відповідно до прогнозів компанії Cisco, до 2020 року кількість мобільних пристроїв зросте до 50 мільярдів. Тому захист інформації в бездротових мережах є однією з пріоритетних завдань захисту інформації.

Особливості радіо інтерфейсу технології LTE. Технологія LTE застосовується в діапазоні частот від 2,5 до 2,7 ГГц з шириною смуги пропускання від 1,4 до 20 МГц, що дозволить об'єднати операторів зв'язку, що володіють різними смугами пропускання. Специфікація LTE дозволяє забезпечити швидкість завантаження до 326,4 Мбіт/с, швидкість віддачі до 172,8 Мбіт/с, а затримка в передачі даних може бути знижена до 5 мілісекунд. Радіус дії базової станції (БС) з підтримкою LTE складає 5 км, але при необхідності може досягати 30 км, а у разі виникнення необхідності, і до 100 км, при достатньому піднятті антени.

Коли було запущено мережі четвертого покоління LTE, одним з основних заходів безпеки стало повернення шифрування даних користувача до базової станції. Також було введено більш складний ключ управління для захисту від потенційних фізичних зломів в базових станціях.

Існують чотири основні вимоги до механізмів безпеки технології LTE:

- забезпечити як мінімум такий же рівень безпеки, як і в мережах типу 3G, не доставляючи незручності користувачам;
- забезпечити захист від Інтернет-атак;
- механізми безпеки для мереж LTE не повинні створювати перешкод для переходу зі стандарту 3G на стандарт LTE;
- забезпечити можливість подальшого використання програмно-апаратного модуля USIM (Universal Subscriber Identity Module), універсальна сім-карта.

Для закриття даних в мережах LTE використовується потокове шифрування методом накладення на відкриту інформацію псевдовипадкової послідовності (ПВП) за допомогою оператора XOR (виключне або) так само, як і в мережах 3G. Ключовим моментів в схемі є той факт, що псевдовипадкова послідовність ніколи не повторюється. Алгоритми, що використовуються в мережах 3G і LTE, виробляються псевдовипадковою послідовністю кінцевої довжини. Тому для захисту від колізій ключ, який використовується для генерації ПВП, регулярно змінюється. У мережах 3G для генерації сеансового ключа необхідно використання механізму Аутентифікації і Ключового обміну АКА (Authentication and Key Agreement). Робота механізму АКА може зайняти лічені секунди, необхідні для вироблення ключа в додатку USIM і для підтримання зв'язку з Центром реєстрації. Таким чином, для досягнення швидкості передачі даних мереж LTE необхідно додати функцію відновлення ключової інформації без ініціалізації механізму АКА.

На сьогоднішній день доцільно використовувати USIM-карту замість SIM. USIM-картка це розширена версія SIM-карти, яка підтримується мобільними телефонами LTE, зі збільшеним об'ємом вбудованої пам'яті.

Головною особливістю USIM є можливість використання як для систем 3G, так і 2G (GSM) і сумісність їх незалежно від виробника.

Основними функціями USIM є:

- аутентифікація - встановлення автентичності користувача до USIM;
- безпеку (конфіденційність даних користувача, шифрування і забезпечення цілісності даних);

— вибір і забезпечення послуг: список, перевірка повноважень доступу, управління персоналізацією послуг: - телефонна книга (500 телефонних номерів, адреси електронної пошти, параметри викликів);

— дані користувача;

— параметри мережі;

Крім безпосередньо однозначної ідентифікації абонента, така карта виступає сховищем користувацького контенту. Таким чином, наявність USIM-карти дозволяє позбутися від додаткових флеш-карт. Крім того, USIM-карти обмінюються інформацією з телефоном в 100 разів швидше за звичайні карт пам'яті.

У USIM використовується шифрування РКІ. Інфраструктура відкритих ключів РКІ - Public Key Infrastructure - набір засобів, розподілених служб і компонентів, в сукупності використовуваних для підтримки криптозадач на основі закритого і відкритого ключів.

В основі РКІ лежить використання криптографічної системи з відкритим ключем і кілька основних принципів:

— закритий ключ відомий тільки його власнику;

— засвідчує центр створює сертифікат відкритого ключа, таким чином засвідчуючи цей ключ;

— ніхто не довіряє один одному, але все довіряють засвідчувальному центру;

— засвідчує центр підтверджує або спростовує належність відкритого ключа заданому особі, яка володіє відповідним закритим ключем.

Фактично, РКІ являє собою систему, основним компонентом якої є засвідчуючий центр і користувачі, взаємодіючі між собою за допомогою засвідчуючого центру.

Особливу увагу слід приділити безпеці базових станцій Щоб звести до мінімуму схильність до атак, базова станція повинна забезпечити безпечне середовище, яка підтримує виконання таких операцій як шифрування і розшифрування користувачів даних, зберігання ключів. Крім того, переміщення конфіденційних даних повинні обмежуватися цієї безпечним середовищем. Тому заходи протидії, описані нижче, розроблені спеціально для мінімізації шкоди, що завдається в разі крадіжки ключової інформації з базових станцій:

— перевірка цілісності пристрою;

— взаємна аутентифікація базової станції оператора (видача сертифікатів);

— безпечні поновлення;

— механізм контролю доступу;

— фільтрація трафіку.

Навіть з розпочатими заходами безпеки, слід враховувати атаки на базові станції. Якщо атака успішна, то зломисник може отримати повний контроль, включаючи доступ до всіх переданих даним, як від призначеного для користувача пристрою, так і інформації, що передається до інших базових станцій.

### **Висновки**

В результаті роботи були проаналізовані сучасні методи та засоби забезпечення відповідного рівня захисту даних при передачі їх по бездротових мережах. Проте не зважаючи на всі переваги систем безпеки, залишається багато проблем, які потрібно вирішувати.

### **Література**

1. *3GPP System Architecture Evolution (SAE); Security architecture [Електр. ресурс] – Режим доступу: <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/33401.htm>*
2. *3GPP System Architecture Evolution (SAE); Security aspects of non3GPP accesses [Електр. ресурс] – Режим доступу: <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/33402.htm>*
3. *LTE Overview [Електр. ресурс] – Режим доступу: <http://www.3gpp.org/LTE>*
4. *Аналитический обзор защиты данных в сетях LTE По материалам NTT DOCOMO Technical Journal Vol. 11No. 3 [Електр. ресурс]. – Режим доступу: [http://amonitoring.ru/article/detail.php?ELEMENT\\_ID=56](http://amonitoring.ru/article/detail.php?ELEMENT_ID=56)*

*Довженко Н.М., Срочинская А.С.,  
Государственный университет телекоммуникаций,  
г. Киев*

## **ЗАЩИТА ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ WI-FI**

*Рассмотрены методы ограничения доступа, аутентификации и шифрования. Методы ограничения доступа представляют собой фильтрацию MAC-адресов и использование режима скрытого идентификатора SSID (Service Set Identifier).*

## **THE DATA PROTECTION IN WI-FI NETWORKS**

*N.Dovzhenko,  
A.Srochinskaya*

*In this article were described methods of restricting access, authentication and encryption. Access control methods are providing by filtering of MAC-addresses and using modes of hidden the SSID identifier.*

Фильтрацию можно осуществлять тремя способами:

- Точка доступа позволяет получить доступ станциям с любым MAC-адресом;
- Точка доступа позволяет получить доступ только станциям, чьи MAC-адреса находятся в доверительном списке;
- Точка доступа запрещает доступ станциям, чьи MAC-адреса находятся в “чёрном списке”.

Режим скрытого идентификатора SSID основывается на том, что для своего обнаружения точка доступа периодически рассылает кадры-маячки (англ. beacon frames). Каждый такой кадр содержит служебную информацию для подключения и, в частности, присутствует SSID. В случае скрытого SSID это поле пустое, т.е. невозможно обнаружение беспроводной сети и нельзя к ней подключиться, не зная значение SSID. Но все станции в сети, подключенные к точке доступа, знают SSID и при подключении, когда рассылают Probe Request запросы, указывают идентификаторы сетей, имеющиеся в их профилях подключений. Прослушивая рабочий трафик, можно с легкостью получить значение SSID, необходимое для подключения к желаемой точке доступа.

В сетях Wi-Fi предусмотрены два варианта аутентификации:

Открытая аутентификация (англ. Open Authentication), когда рабочая станция делает запрос аутентификации, в котором присутствует только MAC-адрес клиента. Точка доступа отвечает либо отказом, либо подтверждением аутентификации. Решение принимается на основе MAC-фильтрации, т.е. по сути это защита на основе ограничения доступа, что не безопасно. Аутентификация с общим ключом (англ. Shared Key Authentication), при котором используется статический ключ шифрования алгоритма WEP (англ. Wired Equivalent Privacy). Клиент делает запрос у точки доступа на аутентификацию, на что получает подтверждение, которое содержит 128 байт случайной информации. Станция шифрует полученные данные алгоритмом WEP (проводится побитовое сложение по модулю 2 данных сообщения с последовательностью ключа) и отправляет зашифрованный текст вместе с запросом на ассоциацию. Точка доступа расшифровывает текст и сравнивает с исходными данными. В случае совпадения отсылается подтверждение ассоциации, и клиент считается подключенным к сети. Алгоритм шифрования WEP – это простой XOR ключевой последовательности с полезной информацией, следовательно, прослушав трафик между станцией и точкой доступа, можно восстановить часть ключа. Организация WECA (англ. Wi-Fi Alliance) совместно с IEEE анонсировали стандарт WPA (англ. Wi-Fi Protected Access). В WPA используется TKIP (англ. Temporal Key Integrity Protocol, протокол проверки целостности ключа), который использует усовершенствованный способ управления ключами и пок кадровое изменение ключа. WPA также использует два способа аутентификации:

- Аутентификация с помощью предустановленного ключа WPA-PSK (англ. Pre-Shared Key) (Enterprise Authentication);
- Аутентификация с помощью RADIUS-сервера (англ. Remote Access Dial-in User Service).

В сетях Wi-Fi используются следующие методы шифрования:

- WEP-шифрование (англ. Wired Equivalent Privacy) – аналог шифрования трафика в проводных сетях. Используется симметричный потоковый шифр RC4 (англ. Rivest Cipher 4), который достаточно быстро функционирует. На сегодняшний день WEP и RC4 не считаются криптостойкими.
- TKIP-шифрование (англ. Temporal Key Integrity Protocol) – используется тот же симметричный потоковый шифр RC4, но является более криптостойким. С учетом всех доработок и усовершенствований TKIP также не считается криптостойким.
- SKIP-шифрование (англ. Cisco Key Integrity Protocol) – имеет сходство с протоколом TKIP. Создан компанией Cisco. Используется протокол CMIC (англ. Cisco Message Integrity Check) для проверки целостности сообщений.
- WPA-шифрование – вместо уязвимого RC4, используется криптостойкий алгоритм шифрования AES (англ. Advanced Encryption Standard). Возможно использование EAP (англ. Extensible Authentication Protocol, расширяемый протокол аутентификации). Есть два режима: Pre-Shared Key (WPA-PSK) - каждый узел вводит пароль для доступа к сети и Enterprise - проверка осуществляется серверами RADIUS.
- WPA2-шифрование (IEEE 802.11i) – принят в 2004 году, с 2006 года WPA2 должно поддерживать все выпускаемое Wi-Fi оборудование. В данном протоколе применяется RSN (англ. Robust Security Network, сеть с повышенной безопасностью). Изначально в WPA2 используется протокол CCMP (англ. Counter Mode with Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol, протокол блочного шифрования с кодом аутентичности сообщения и режимом сцепления блоков и счетчика). Основой является алгоритм AES. Для совместимости со старым оборудованием имеется поддержка TKIP и EAP (англ. Extensible Authentication Protocol) с некоторыми его дополнениями. Как и в WPA есть два режима работы: Pre-Shared Key и Enterprise.

### ***Литература***

- 1. Петр Хенкин, Ольга Трофимова. Защита данных в сетях LTE*
- 2. Гордейчик С.В., Дубровин В.В. Безопасность беспроводных сетей / Горячая линия - Телеком, 2008. – 288 с.*
- 3. Fernandez, E.B. & VanHilst, M., Chapter 10, WiMAX Standards and Security (Edited by M. Ilyas & S. Ahson) / CRC Press Web site 2007*

## **КАТЕГОРІЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ МОБІЛЬНИХ ОПЕРАТОРІВ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ ІНФОРМАЦІЄЮ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ**

*У тезі розглядається питання використання об'єктів, обладнання та мереж мобільних операторів для інформаційного обміну інформацією з обмеженим доступом. Для здійснення інформаційного обміну необхідно застосовувати комплекс захисту інформації. Розглядається підготовчий етап створення комплексу захисту інформації, а саме категоріювання об'єктів операторів мобільних мереж.*

У сучасному світі цінність інформації суттєво залежить від швидкості її обігу між адресатами.

Відповідно до “Закону України про інформацію” інформація за режимом правового доступу до неї розподіляється на відкриту та з обмеженим доступом. Цим законом також визначаються і вимоги до захисту даних видів інформації. Крім того джерело [1] визначає механізм та умови надання операторами телекомунікацій послуг конфіденційного зв'язку органам державної влади та органам місцевого самоврядування, державним підприємствам, установам, організаціям в Національній системі конфіденційного зв'язку.

Використання мереж мобільних операторів, для інформаційного обміну інформацією з обмеженим доступом (ІЗОД), вимагає застосування засобів захисту інформації у мережі, а саме створення комплексної системи захисту інформації (КСЗІ). Створенню КСЗІ передують процес категоріювання об'єктів операторів де буде здійснюватись обіг ІЗОД., оскільки категоріюванню підлягають об'єкти, в яких обговорюється, мається, пересилається, приймається, перетворюється, накопичується, обробляється, відображається й зберігається (дали - циркулює) інформація з обмеженим доступом (іЗОД) [2]. Також до об'єктів, що підлягають категоріюванню, відносяться: автоматизовані системи (АС) й засоби обчислювальної техніки (ЗОТ), що діють й проектується; технічні засоби, які призначені для роботи з іЗОД й не відносяться до АС, за винятком тих, що засновані на криптографічних методах захисту; приміщення, призначені для проведення нарад, конференцій, обговорень тощо з використанням іЗОД; приміщення, в яких розміщені АС, ЗОТ, інші технічні засоби, призначені для роботи з іЗОД, у тому числі й основані на криптографічних методах захисту [2].

Установлюються чотири категорії об'єктів мобільних операторів залежно від правового режиму доступу до інформації, що циркулює в них[2]:

- до першої категорії відносяться об'єкти мобільних операторів, в яких циркулює інформація, що містить відомості, які становлять державну таємницю, для якої встановлено гриф секретності "особливої важливості";
- до другої категорії відносяться об'єкти мобільних операторів, в яких циркулює інформація, що містить відомості, які становлять державну таємницю, для якої встановлено гриф секретності "цілком таємно";
- до третьої категорії відносяться об'єкти мобільних операторів, в яких циркулює інформація, що містить відомості, які становлять державну таємницю, для якої встановлено гриф секретності "таємно", а також інформація, що містить відомості, які становлять іншу передбачену законом таємницю, розголошення якою завдає шкоди особи, суспільству й держави;
- до четвертої категорії відносяться об'єкти мобільних операторів, в яких циркулює конфіденційна інформація.

### Безопасность в сетях мобильной связи

Категоріювання проводиться з метою вживання обґрунтованих заходів щодо технічного захисту ізОД, яка циркулює на об'єктах, від витоку каналами побічних електромагнітних випромінювань й наводок, а також акустичних полів.

Після проведення категоріювання об'єктів здійснюються подальші дії щодо створення КСЗІ.

### **Література**

- 1. Постанова кабінету міністрів “Порядок надання послуг конфіденційного зв'язку органам державної влади та органам місцевого самоврядування, державним підприємствам, установам та організаціям”.*
- 2. НД ТЗІ 1.6-005-2013 – Захист інформації на об'єктах інформаційної діяльності. Положення про категоріювання об'єктів, де циркулює інформація з обмеженим доступом, що не становить державної таємниці.*

## **Питання інформаційної безпеки SCADA систем керованих по каналах GSM зв'язку**

Система збору даних і оперативного диспетчерського управління (англ., SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition) - це автоматизована система управління складними технологічними процесами, які вимагають підвищених заходів безпеки і контролю, на основі автоматичних операцій збору, реєстрації, передачі, зберігання даних і оперативного реагування на виникаючі критичні ситуації.

Більшість систем диспетчерського управління та збору даних, за винятком окремих специфічних областей, проектується за єдиною методикою з застосуванням стандартних типових компонент, архітектурних рішень, технологій обробки, прикладного програмного забезпечення та інструментарію, що істотно спрощує реалізацію злочинних планів зловмисників.

SCADA системи вимагають особливої уваги до питань інформаційної безпеки, так як потенційні кібератаки можуть привести до катастрофічних наслідків, починаючи від втрати конфіденційної інформації і аж до порушення технологічного процесу, поломки устаткування і великих аварій.

Найбільш відомими атаками на SCADA системи були:

- атака вірусу Stuxnet в 2010 році на атомну електростанцію в Бушері Іран, результатом чого став зрив запуску об'єкта;

- атака в 2015 році на Прикарпаттяобленерго, внаслідок чого проблеми з постачанням електроенергії спостерігалися на території всієї області, включаючи Івано-Франківськ і т.д.

З розвитком інформаційних технологій є актуальною задача віддаленого доступу до SCADA системам за допомогою GSM / GPRS технологій.

Основними перевагами використання GSM-мереж при організації SCADA систем є якісний цифровий зв'язок, територіальна необмеженість, доступність, низька вартість обладнання, скорочення первинних вкладень, простота експлуатації і обслуговування, мобільність.

В той же час аналіз GSM систем передачі даних виявив ряд вразливостей і загроз її інформаційної безпеки. Основними з них є:

- пряме перехоплення повідомлень, аналіз трафіку, несанкціоноване декодування і дешифрування повідомлень;

- вплив навмисних перешкод на радіоканали і створення інформаційних переважань;

- перехоплення інформації в технічних каналах витоку через побічні електромагнітні випромінювання і наводки;

- впровадження шкідливих програм і руйнуючих дій в програмно-апаратних комплексах контролерів базових станцій, центрів комутації та управління;

- несанкціоноване використання мобільного і стаціонарного обладнання, стеження за пересуванням, розкрадання мобільних засобів, руйнування і виведення з ладу засобів радіозв'язку.

Збиток від кібератак часто вимірюється мільярдами доларів, при цьому реальна собівартість злому, як правило, невелика. За даними дослідницького центру Positive Technologies, будь-який бажаючий, витративши на обладнання менше 10 тисяч доларів, може віддалено отримати доступ до чужої SIM-карти - а значить, і до трафіку абонента, SMS, дзвінків і даних про місцезнаходження. Крім того, конфіденційну інформацію абонента можна отримати, атакуючи обладнання оператора. Ціна питання при підготовці атаки на соту GSM-мережі - порядку 1 тисячі доларів, а для злому базової станції оператора вимагається тільки ПК і доступ до мережі SS7.



**Безопасность в сетях мобильной связи**

Таким чином, при розробці та експлуатації SCADA систем керованих по каналах GSM зв'язку, особливу увагу слід приділяти питанням інформаційної безпеки самої GSM технології додатково створюючи резервні канали управління з обмеженими технологічними можливостями.

## **ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ МОБІЛЬНОГО БАНКІНГУ В УКРАЇНІ**

*Проаналізовано сутність, історію розвитку та переваги мобільного банкінгу. З'ясовано основні проблеми безпеки мобільного банкінгу в Україні та наведено рекомендації його безпечного користування.*

Як показує практика, популярність мобільних пристроїв неухильно зростає в усьому світі. Мобільний телефон вже давно перетворився з простого засобу зв'язку на кишеньковий комп'ютер, який має ряд переваг порівняно з персональним комп'ютером. Сьогодні користувачі легше й швидше освоюють нові додатки саме на мобільних пристроях. У зв'язку з цим, мобільний банкінг як канал для продажу банківських продуктів та послуг має великі перспективи. Однак, в українських реаліях цей канал як і раніше залишається недостатньо освоєним.

Мобільний банкінг – це система, яка дає можливість одержувати інформацію та управляти коштами на банківському рахунку за допомогою мобільного телефону або планшетного комп'ютера. Перші системи мобільного банкінгу з'явилися у світі в 1999 р., коли банки Європи запропонували своїм клієнтам користуватися цією послугою за допомогою SMS-повідомлень. До цього існував такий вид банкінгу, як управління платежами зі свого банківського рахунку за допомогою вказівок фахівців call-центру банку.

Перші способи реалізації мобільного банкінгу (SMS-банкінг) не отримали масового визнання користувачів через неготовність здійснювати значну кількість технологічних операцій для управління своїми рахунками. І лише з появою більш пізніх розробок, які дозволили це здійснювати комфортно, мобільний банкінг почав набувати популярності. Щодо того, які саме банківські послуги користуються попитом у клієнтів онлайн, то, за експертними оцінками, понад 50% припадає на оплату послуг мобільного зв'язку, доступу в інтернет та комунальних послуг. Також користуються попитом перекази між рахунками клієнтів, обмін валют, перекази в системі електронних грошей і за вільними реквізитами в інші банки.

Перевагами мобільного банкінгу є:

- швидкий доступ до потрібної інформації;
- лаконічне та зрозуміле подання інформації;
- виділення інформації, на яку потрібно звернути увагу;
- мінімально необхідний набір функцій та максимальна їх автоматизація;
- опції оповіщень та повідомлень.

Однак, однією з головних проблем при використанні мобільного банкінгу є зростання випадків шахрайства. Хоча системи мобільного банкінгу можна реалізувати з дуже надійними засобами захисту, які є надзвичайно стійкими до дій шахраїв, перешкодою є зручність їх експлуатації для середньостатистичного користувача. Адже далеко не всі захочуть вивчати довгі інструкції і проходити багаторівневі процедури ідентифікації, які займають іноді більше часу, ніж дорога до найближчого банківського відділення. Тому банки намагаються забезпечити розумний ступінь захисту систем мобільного банкінгу в поєднанні з максимальною зручністю системи для її користувачів.

У перспективі можливим стане використання в цілях підвищення безпеки, наприклад, систем розпізнавання власника по голосу, зображення камери телефону або сервісів GPS-позиціонування. До того ж, використання мобільного банкінгу, при всіх недоліках, є набагато безпечнішим, ніж особистого інтернет-банкінгу зі службового комп'ютера або з комп'ютера, наприклад, в інтернет-закладі чи готелі.

До основних загроз мобільного банкінгу ІТ-фахівці відносять можливість несанкціонованого доступу до даних за допомогою вірусних програм і збиток при фізичній втраті пристрою, а найдосконалішим вважають захист доступу до банківського додатка за PIN-калькулятором. Сьогодні антивірусні програми на свої мобільні телефони встановлює невелика кількість користувачів. Адже кількість і поширеність вірусів для мобільних платформ поки що набагато менша, ніж для персональних комп'ютерів. До того ж, самі мобільні операційні системи достатньо захищені. Проте, встановлюючи неліцензійні програми на свої мобільні телефони, користувачі часто самі роблять менш ефективним їх захист.

При дотриманні простих правил, про які банки повідомляють на своїх сайтах, небезпека використання мобільного банкінгу мінімальна. Зазвичай, працівники банків рекомендують клієнтам використовувати мобільний телефон з ліцензійною операційною системою, встановлювати антивірусні програми, не встановлювати програми з сумнівних джерел, зберігати паролі у недоступних для сторонніх людей місцях. Особливої уваги потрібно дотримуватися при користуванні інтернетом з мобільного телефону, зокрема, за посиланнями, які прийшли в електронних листах і SMS-повідомлення від невідомих відправників. Не варто віддавати мобільний телефон у ремонт, не стерши банківський додаток або не заблокувавши роботу з ним через call-центр банку. До того ж, фахівці з комп'ютерної безпеки радять виділити для мобільного банку окремий пристрій, але на практиці це створює незручності (мало хто з користувачів захоче носити з собою для цих цілей окремий мобільний телефон).

Зрозуміло, що підключати до системи мобільного банкінгу усі банківські рахунки, особливо з великими постійними залишками коштів на них без крайньої необхідності, не варто. Для постійних платежів логічніше виділити окремі рахунки, залишки на яких не є занадто великими.

І насамкінець, якщо при використанні мобільного банкінгу виникла загроза доступу зловмисників до рахунків користувача, або відбулася фізична втрата мобільного телефону, необхідно якомога швидше зателефонувати в банк і заблокувати доступ до мобільного банкінгу.

### **Перелік використаної літератури**

1. Мобільний банкінг: не річ в собі, але ефективний канал продажів – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.finance.ua](http://www.finance.ua).
2. Система “мобільний банкінг” – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.scrib.com](http://www.scrib.com).
3. Эффективность мобильного банкинга для физических лиц – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.bosfera.ua](http://www.bosfera.ua).

**Наконечный В.С.,**  
**д.т.н., с.н.с., директор**  
Учебно-научного института защиты информации,  
Государственный университет телекоммуникаций,  
г. Киев, Украина  
**Мордвинцев Н.В.,**  
**к.т.н., доцент, доцент кафедры**  
информационной безопасности факультет №4  
Харьковский университет внутренних дел,  
г. Харьков, Украина

## **ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ В СЕТЯХ ПОСТ – NGN**

*Представлены цели и задачи создания стандарта LTE. Проведен анализ основных качественных и количественных показателей сетей нового поколения и дан ответ на важный вопрос - не превратятся ли мобильные сети в Интернет с присущими ему опасностями и проблемами?*

Развитие IT создает фундамент современной экономики государства и благосостояния ее людей. Без высокоскоростного мобильного интернета, доступного прямо здесь и сейчас, уже нельзя. Видеохостинги, потоковые сервисы воспроизведения музыки, общение по Skype или другому популярному мессенджеру с функцией видеозвонков – всё это требует качественного высокоскоростного соединения. Поэтому целями создания стандарта LTE являются: увеличение возможностей высокоскоростных систем мобильной связи; уменьшение стоимости передачи данных; возможность предоставления широкого спектра недорогих услуг.

Однако улучшение качественных и количественных показателей сетей нового поколения выдвигает и новые требования, связанные с повышением безопасности передаваемой информации. Поскольку технология 4G полностью основана на протоколе IP, не превратятся ли мобильные сети в Интернет с присущими ему опасностями и проблемами?

Мобильная связь четвертого поколения предусматривает использование целого спектра технологий, которые раньше развивались параллельно. Опора на множество различных технологий затрудняет поиск уязвимостей в LTE, что хорошо с точки зрения безопасности — взлом радиоканала для одних методов может сработать, а для других — нет.

В сетях 4G весь трафик проходит через единую архитектуру по протоколу IP. Поэтому в компании Cisco считают, что все угрозы безопасности передаваемой информации связаны именно с протоколом IP.

Базовые станции в LTE стали более интеллектуальными и самостоятельными — они получили возможность маршрутизировать трафик, что позволило организовывать соединения между абонентами напрямую, минуя ядро сети. В результате у злоумышленников появилась возможность атаковать сами базовые станции, которые работают только по протоколу IP, поэтому облегчается несанкционированный доступ к сети и, следовательно, могут быть использованы классические атаки на канальном уровне, широковещательные штормы и другие варианты нападений. Чтобы свести к минимуму подверженность атакам конфиденциальную информацию, базовая станция должна обеспечить выполнение таких важных операций как кодирование и расшифровку пользователей данных, а также хранение ключей.

Для минимизации вреда наносимого в случае кражи информации о ключах из базовых станций разработаны специальные меры противодействия: проверка целостности устройства; взаимная аутентификация базовой станции оператора (выдача сертификатов); безопасные обновления; механизм контроля доступа; синхронизация времени и фильтрация трафика.

В настоящее время вирусы на компьютерах стали делом обычным, троянцев для Android становится все больше, следовательно, внедрение высокоскоростного стандарта LTE может принести в мобильные средства связи все те угрозы, которые мы сейчас наблюдаем в ситуации с обычными компьютерами.

Первая очевидная угроза — атаки DoS на сеть (Denial of Service). Емкость радиоканала в LTE предполагается большая, но все, же она имеет ограничения. Сетевые ресурсы базовой станции делятся между абонентами, и хотя есть ограничения для монополизации полосы отдельным пользователем, тем не менее, атака на отказ в обслуживании сети вполне возможна. Другая угроза — Вирусные атаки. Хотя таким атакам подвержены устройства, а не сеть, технология LTE увеличивает скорость распространения вредоносных программ, поскольку сам этот стандарт является высокоскоростным.

Третья опасность — атаки на дополнительные сервисы, которые также могут быть уязвимы для самых разнообразных атак — как из Интернета, так и из мобильной сети. Вполне возможно, что, атаковав один из сервисов, злоумышленники смогут внедрить в клиентские устройства опасные программы.

Нельзя забывать и об ограничениях LTE. Например, увеличение скорости подключения оборачивается обычно уменьшением радиуса действия базовой станции — в среднем для 4G он составляет около 5 км, и зависит от используемого частотного диапазона. Поэтому базовых станций в сети становится больше, и они располагаются ближе друг к другу. В результате триангуляционный метод определения местоположения абонента по сигналам базовых станций работает точнее. С одной стороны, это можно использовать, например, для контроля за перемещением грузов и многого другого. Но с другой стороны, сервисы геопозиционирования (Location-based service, LBS) можно использовать и для слежки за абонентом, что создает опасность новых угроз.

Еще одна особенность LTE в том, что эта технология ориентирована на подключение интеллектуальных пользовательских устройств: компьютеров с LTE-модемами, планшетов или смартфонов. С их распространением число потенциально опасных сервисов будет только возрастать. Взлом такого сервиса позволит злоумышленникам получить доступ к ценной информации провайдера и построить новые схемы преступлений и незаконного получения денег.

Есть также проблемы и с самим стандартом. Очень остро стоит задача взаимодействия с недоверенными (не LTE) сетями. Если трафик между пользовательским оборудованием и базовой станцией шифруется (это требование стандарта) и угроза нарушения конфиденциальности становится неактуальной, то взаимодействие базовой станции с радиоконтроллером сети 3G по умолчанию никак не защищено, а следовательно, это брешь для возможных атак со стороны злоумышленников.

Другой проблемой является отсутствие обязательной аутентификации между ядром сети и базовой станцией. Эту опцию оператор связи для снижения своих издержек по развертыванию сети LTE может и не задействовать вовсе.

И все же разработчики мобильной технологии LTE позаботились о ее защите несколько больше, чем разработчики Интернета. Поэтому мобильная сеть является более надежной и безопасной, чем всемирная сеть так как, в основном, защита возложена на более интеллектуальные базовые станции.

Все функции защиты в LTE объединены стандартом и подразумевают защиту на нескольких уровнях: на уровне доступа к сети; на уровнях сетевого и пользовательского доменов; на уровне приложений; на уровне отображения и конфигураций. Каждый из этих уровней предполагает аутентификацию и авторизацию всех устройств, чего нет в Интернете. Кроме того, технология LTE предусматривает использование не только IP-адреса, но и системы распространения ключей шифрования для всех устройств, подключенных к сети с возможностью перехода со 128 на 256-битные ключи и введения новых алгоритмов, сохраняя обратную совместимость.

### Безопасность в сетях мобильной связи

Помимо алгоритмов шифрования и обеспечения комплексной безопасности в сетях 4G используются дополнительные алгоритмы. Таким образом, даже если один из алгоритмов будет взломан, оставшиеся обеспечат безопасность сети LTE. В сетях LTE сохраняются и методы аутентификации пользователей по привязке к SIM карте, как в традиционной мобильной связи. Пользователь может заблокировать доступ к телефону по PIN-коду.

Таким образом, специалисты по безопасности совместно с разработчиками LTE постоянно отслеживают появление новых угроз безопасности и предпринимают все необходимые шаги для обеспечения целостности и конфиденциальности передаваемых данных.

Учитывая огромную экономическую и политическую важность введения в Украине технологий 4G Президент Порошенко подписал указ о начале работы по их внедрению в нашей стране.

### **Литература**

1. *Аналитический обзор защиты данных в сетях LTE По материалам NTT DOCOMO Technical Journal Vol. 11 No. 3*  
[http://advancedmonitoring.ru/article/detail.php?ELEMENT\\_ID=56](http://advancedmonitoring.ru/article/detail.php?ELEMENT_ID=56)
2. *LTE and the Evolution to 4G Wireless Design and Measurement Challenges. Bonus Material: Security in the LTE-SAE Network, Agilent technologies 2010 p. 7*

## АКТУАЛЬНІ ЗАГРОЗИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ СУЧАСНИХ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ У МЕРЕЖАХ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

*Розглянуто вразливості сучасних мобільних пристроїв з використанням мереж нового покоління, адже кожен третій житель України має смартфон з сенсорним екраном, а висока швидкість передачі даних є зручною не тільки для користувача, а і для зловмисника, що несе за собою небезпеку для інформації, яка зберігається та передається з використанням мобільних пристроїв.*

Сучасні мобільні пристрої стали невід'ємною частиною нашого життя, але окрім зручності та багатьох технічних можливостей вони несуть за собою все більшу небезпеку для інформації, яка в них зберігається та передається [1]. Швидкість передачі даних у мережах 4G, яка може досягати до 1 Гбіт/с (в 6 разів більше у порівнянні з найшвидшими мережами 3G), а в мережах 5G швидкість передачі даних може досягати до 5 Гбіт/с (в 80 разів більше ніж заявлена максимально можлива швидкість в мережах 3G-операторів України). З використанням високошвидкісних мобільних мереж нового покоління, загрози інформаційної безпеки для державних та приватних установ [2] збільшуються, адже для зловмисників відкриваються більші технічні можливості, оскільки працівники все частіше використовують мобільні пристрої для віддаленої роботи, а не тільки для спілкування.

Кожен третій житель України (33%) має смартфон з сенсорним екраном, а серед людей у віці 18-50 років – половина (50%). Порівняно з 2015 роком простежується зростання частки таких людей – з 26% до 33% у випадку загального населення і з 41% до 50% у випадку осіб до 50 років. Якщо серед молоді 65% користуються смартфонами, то серед осіб літнього віку – 5%. Типовий користувач смартфонів – це молода особа не старше 40 років з вищою освітою, яка проживає у середніх і великих містах України. Більшість (66%) користуються операційною системою Android, а 68% користувачів смартфонів мають досвід встановлення додатків. Найбільш популярними є соціальні мережі – 73%, ігри – 61%, навігація – 51%, месенджери – 49% [3]. Нажаль неуважні або недосвідчені користувачі мобільних пристроїв встановлюють і зловмисне програмне забезпечення, яке може нанести особисту шкоду, чи принести збитки організації, в якій вони працюють. Зловмисник може отримати доступ до соціальних мереж, особистої та корпоративної пошти, даних платіжних карток, списку контактів, вимагати гроші заблокувавши мобільний пристрій, чи використовувати його для мережових атак. Враховуючи швидкість передачі даних, його можливості збільшуються в рази. Рівень розкриття кіберзлочинів в Україні становить в середньому 50%, при цьому 80% постраждалим вдається відшкодувати збитки, яких вони зазнали внаслідок дій злочинців. Структура кіберзлочинів в Україні має такий вигляд:

- 65% - шахрайство в інтернеті (обман покупців під час онлайн-шопінгу та ін.);
- 16% - хакерські атаки (викрадення інформації, блокування роботи систем);
- 13% - злочини з платіжними системами (скімери, дублікати карток, зараження вірусами);
- 5% - нелегальний контент (поширення матеріалів з порушенням авторських прав).

В свою чергу, кількість сім-карт на ринку продовжує зменшуватись, незважаючи на продаж великої кількості смартфонів на дві сім-картки (більше 90%) можна зробити висновок, що користувачі стали більше приділяти увагу економії у використанні ресурсів мережі та більш сумлінно відноситись до можливостей своїх пристроїв. Таким чином, це можна вважати певним обмеженням для зловмисників, хоча і не суттєвим. Для більш ефективного захисту треба бути уважнішим, використовувати перевірене програмне забезпечення, різні паролі для облікових записів, блокування пристрою (пін-код, пароль,

тощо), віддалене управління на випадок втрати. Це допоможе ефективно та безпечно використовувати можливості мереж нового покоління.

### Література

1. Засоби інформаційної безпеки для мобільних пристроїв у корпоративних мережах/ А. В. Платоненко. Матеріали Науково-технічної конференції «Світ телекомунікації та інформатизації». – ДУТ. – 2015 р.

2. Сучасні загрози інформаційної безпеки для державних та приватних установ України / А. В. Платоненко, Київ, ДУТ, Сучасний захист інформації. Науковий журнал. – 2015. – № 4, с. 86 – 90.

3. Використання смартфонів в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://lead9.com/slide/slide.pdf>



## **АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В МОБИЛЬНЫХ СЕТЯХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОТИВОСТОЯНИЯ**

*Аннотация. В докладе рассмотрены основные проблемы, связанные с управлением ресурсами программных средств защиты информации.*

Стоит отметить, что мобильные сети — это сложная информационная инфраструктура, в которую входят так же классические компьютерные сети и серверное оборудование.

Сегодня одним из самых популярных подходов к защите именно таких информационно телекоммуникационных сетей (ИТС) является использование программных средств защиты информации.

Исторически первыми решениями, которые стали на страже сетевой безопасности были межсетевые экраны. Впоследствии, вместе с ростом требований бизнеса к защите информации, к ним добавились технологии виртуальных частных сетей. В то же время, вместе с популярностью информационных сетевых технологий активизировался рост хакерских атак, что побудило разработку IDS/IPS-систем. Параллельно с этими решениями на защиту периметра сети вставляли средства для борьбы со спамом и вирусами, а также WEB-фильтры. С течением времени средства защиты ИТС пополнились за счет систем контентной фильтрации, DLP-систем и WAN-оптимизаторов. Однако затем стали проявляться проблемы их совместного использования, управления и владения подобными накоплениями программных средств. Поиск решения этих проблем привел к появлению UTM-систем.

Анализируя доступные материалы, предоставленные аналитическими агентствами и вендорами UTM-систем можно выделить два основных подхода к построению современных комплексов ПСЗИ для ИТС: фрагментарный и комплексный.

Основной принцип первого подхода базируется на том, что специализированное программное средство защиты более эффективно, чем универсальное. Но, вместе с увеличением функционала таких средств начали проявляться и недостатки совместного использования различных ПСЗИ. Так, за счет независимости каждого компонента комплексов ПСЗИ происходит дублирование функций защиты, что приводит к существенному уменьшению оперативности функционирования системы в целом, росте сложности администрирования (управления) и росте совокупной стоимости такого рода защиты. Кроме того, обычно неизвестно каким образом продукты различных производителей будут взаимодействовать друг с другом, что создает дополнительные трудности при установке, управлении и обслуживании этих систем. Система защиты на основе такого подхода не позволяет консолидировать информацию от различных ПСЗИ, что делает невозможным ее анализ. В то же время, с точки зрения бизнеса – решение для программного обеспечения информационной безопасности должно быть эффективным не только по показателям защищенности информации, но и с точки зрения стоимости, что позволит уменьшить затраты на защиту с одной стороны, но не привести к усложнению системы с другой.

Как решение поставленных проблем были предложены системы защиты ИТС нового класса: UTM, NGFW, NGIPS и другие. Все перечисленные системы можно охарактеризовать одной, отличительной от традиционных средств защиты чертой: все они включают элементы системы управления программными средствами защиты информации. Под этим понимается, что комплексность в вышеупомянутых системах достигается за счет набора программных средств защиты информации: Firewall, Application control, IPS, DLP, WAF, Anti-virus,

которые выполнены на единой платформе и консолидированы единым набором управляющих команд [1].

Рассмотрим, что вкладывается в определение UTM-системы в настоящее время. Аналитическое агентство IDC под универсальным шлюзом безопасности (Unified Threat Management, UTM), подразумевает такое устройство, которое имеет следующий минимальный набор функций:

- Брандмауэр;
- Система обнаружения и защиты от вторжений (IDS / IPS)
- Virtual Private Network (VPN)
- Антивирус.

По мнению агентства Gartner UTM-система должна обеспечивать:

- Стандартные функции межсетевого экранирования с контролем состояний сетевых соединений;
- Возможность организации удаленного доступа по VPN;
- Функциональность WEB-шлюза безопасности с проверками на наличие вредоносного трафика, URL-фильтрацией и контролем приложений;
- Предотвращение сетевых вторжений.

Объединение традиционных ПСЗИ в интегрированные UTM-системы дает возможность операторам мобильной связи перейти на новый более высокий уровень защиты информации в своих ИТС. Использование полноценных комплексов ПСЗИ определяет особую актуальность в настоящее время, когда ежедневно появляются новые, все более разнообразные и изысканные виды угроз.

В то же время практически во всех проанализированных комплексах ПСЗИ выявлено отсутствие своевременной адекватной реакции на изменение условий информационного противостояния, то есть гибкость в настройке уровня защиты системы не используется в должном объеме, возлагая все настройки на администратора безопасности, что значительно влияет на эффективность их применения [2].

Таким образом в приведенном анализе современных подходов к защите информационно телекоммуникационных сетей программными средствами защиты информации можно выделить следующие проблемные места и недостатки:

1. UTM система является единой точкой отказа на входе ИТС. Тем не менее вероятность отказа такого устройства невелика;
2. Возможное влияние функционирования UTM системы на скорость работы ИТС если UTM устройство не поддерживает максимально возможную в сети скорость;
3. Отсутствие своевременной адекватной реакции на изменение условий информационного противостояния, то есть гибкость в настройке уровня защиты системы не используется в должном объеме, возлагая все настройки на администратора безопасности.

## Литература

1. *Worldwide Quarterly Security Appliance Tracker // IDC Tracker. – 2015.*
2. Рабчун Д.І. Логіко-динамічна модель процесу управління ресурсами захисту в умовах інформаційного протистояння / Д.І. Рабчун // Сучасний захист інформації: наук.-практ. журнал, 2016. — №3. — С. 62-67

## **АНАЛІЗ СТАНУ БЕЗПЕКИ ІНФОРМАЦІЇ В МЕРЕЖАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ**

*Показані можливості швидкого розгортання мереж мобільного зв'язку нового покоління і роль стандартів GSM і CDMA в рішенні захисту даних. Наведено шляхи вдосконалення захисту даних в мобільній мережі.*

*Yu Yakimenko*

## **ANALYSIS OF THE STATUS OF INFORMATION SECURITY IN MOBILE NETWORKS**

*Showing deployability next-generation mobile communication networks, and the role and CDMA GSM standards addressing data protection. Presents ways to improve the protection of data in the mobile network.*

Сучасні технології мобільного зв'язку покликані забезпечити високошвидкісну передачу даних, мультимедіа і глобальний роумінг, незалежно від місця розташування абонента і швидкості його пересування. Одночасно з готовністю до розгортання мереж зв'язку нового покоління (NGN) оператори мереж мобільного зв'язку таких стандартів, як GSM, CDMA-2000 та ін., активно модернізують свої мережі, надаючи користувачам нові можливості сучасних технологій. У той же час традиційна телефонія в найближчі роки ще збереже свої позиції - залишиться основним способом спілкування для населення.

Цінність інформації, що циркулює у мережах зв'язку обумовлює необхідність її захисту від третіх осіб, так званих порушників інформаційної безпеки. Вимоги щодо безпеки мереж мобільного зв'язку на сучасному етапі розвитку суспільства постійно зростають. Щоб гарантувати високу ступінь захисту інформації, переданої по телефону, необхідно вирішити два основні задачі. По-перше, забезпечити захист радіотелефонної мережі від несанкціонованого доступу. Це досягається за рахунок аутентифікації абонента (або його мобільної станції).

По-друге, гарантувати конфіденційність переговорів користувачів. Тут існує кілька варіантів захисту інформації (шифрування сигналу при передачі, заміна ідентифікатора абонента тимчасовим псевдонімом і інші.)

На сьогоднішній день існує декілька стандартів мобільного зв'язку, які по різному вирішують задачу захисту даних абонента. В стандарті GSM політика інформаційної безпеки складається з механізмів ідентифікації та аутентифікації абонента, а також шифрування його мовного сигналу. Все більшої популярності останнім часом набирає стандарт із кодовим розділенням каналів CDMA. Алгоритм аутентифікації, його основні принципи функціонування в стандарті мобільного зв'язку CDMA 2000 в основному забезпечують конфіденційність зв'язку та захист від можливих атак для несанкціонованого доступу до мережі. Ці стандарти забезпечують захист даних клієнта за допомогою вбудованих криптографічних механізмів. Такого захисту достатньо щоб гарантувати безпеку від випадкових або аматорських прослуховувань, але результати досліджень показали що існуючі алгоритми не є абсолютно стійкими і при наявності необхідної апаратури можуть бути розкриті в доволі короткі проміжки часу. З метою вирішення даної задачі були розроблені додаткові засоби захисту: скремблери у вигляді мініатюрних приставок до телефону і окремі, незалежні пристрої - криптосмартфони з вбудованим процесором для шифрування інформації.

Серед наявних на сьогоднішній день додаткових засобів захисту даних немає оптимального варіанту. Тому задача по вдосконаленню захисту інформації абонента мобільної мережі є досі нерозв'язаною і потребує подальших досліджень. Особливу увагу в подальшому треба приділити дослідженням систем і методів захисту абонентських даних при передачі їх у каналах зв'язку та можливим проявам їх вразливості.

**Література:**

1. *Петренко А. Б. Захист інформаційних потоків у мобільних мережах стандарту CDMA 2000. Науковий журнал «Науковий журнал», №2 (22), 2014. - с.192-195.*
2. *Пархуць Ю.Л. Криптографічні механізми захисту інформації в мобільному зв'язку.- Науково-технічний журнал «Захист інформації», №1, 2011.- с.5-10.*

*Виноградова Е.В., д.э.н., профессор,  
Гончаренко С.В., аспирант,  
Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев*

## ПРЕДПОСЫЛКИ ВНЕДРЕНИЯ 4G И 5G В УКРАИНЕ – УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ АСПЕКТ

*Выполнен анализ факторов, определяющих возможность внедрения технологий 4G и 5G в Украине, как ключевых характеристик принятия управленческих решений на макро-, мезо- и микроуровне; обоснованы проблемы и перспективы внедрения 4G и 5G в Украине.*

В условиях ориентации отечественных производителей товаров и услуг на западные рынки сбыта, постепенного вхождения в мировое информационное пространство, рост технологического разрыва в телекоммуникационной сфере актуальность вопросов формирования научных основ обоснования решений о возможностях внедрения 4G и 5G в Украине является крайне актуальным и требует консолидированного обсуждения специалистов в сфере информационных технологий, информационной и кибербезопасности, экономики, менеджмента, маркетинга. В рамках данного направления можно выделить роль управленческого аспекта, в частности механизма принятия управленческих решений по 4G и 5G и факторов влияния на этот процесс (рис.1).

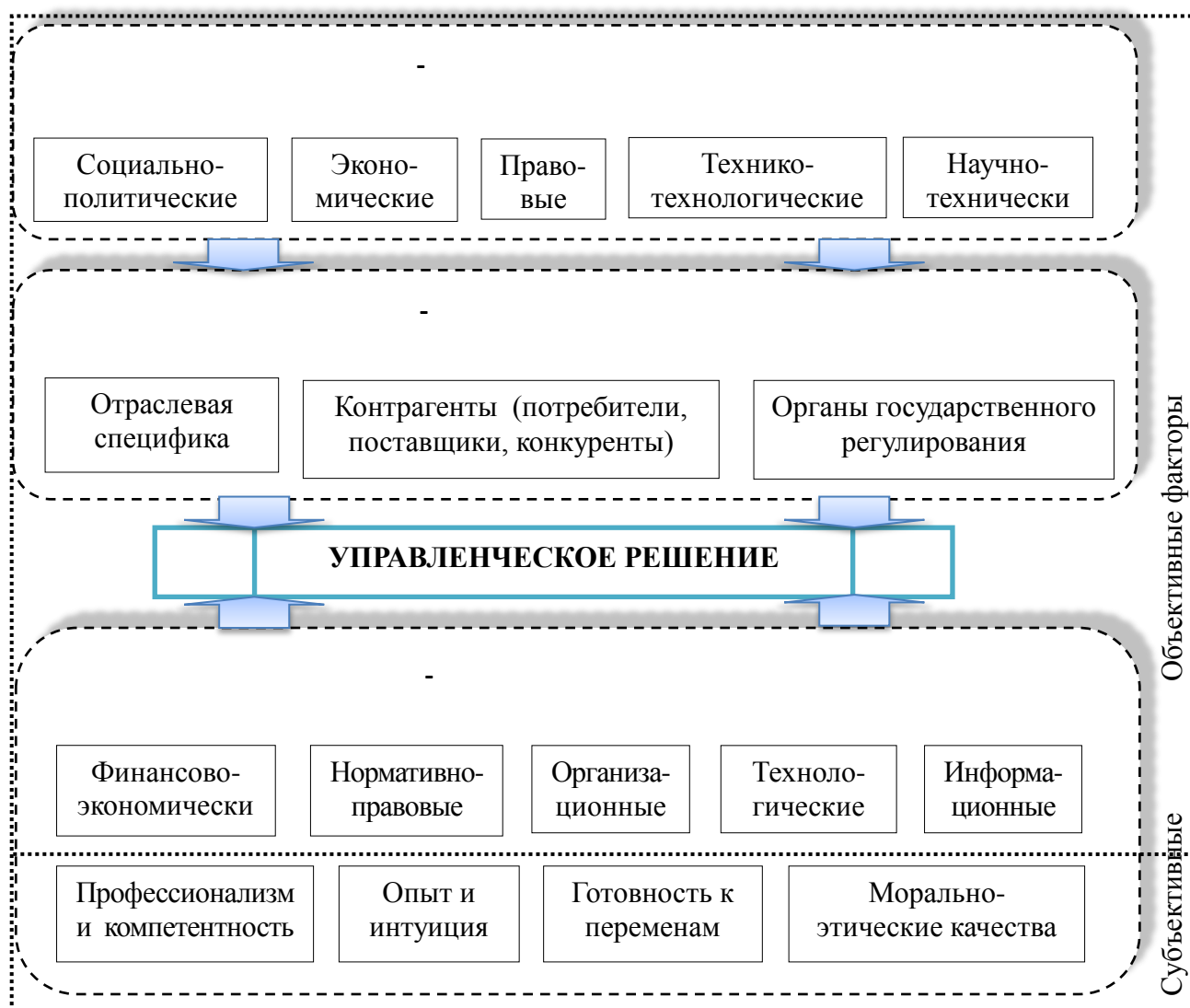


Рис.1. Факторы, влияющие на принятие решения о внедрении 4G и 5G в Украине

Если рассматривать процесс принятия управленческих решений в целом, он состоит из следующих этапов: сбор и анализ информации; диагностика факторов, определяющих решение проблемы; формирование альтернативных вариантов решения проблемы, выбор и принятие решения. При этом, окончательное решение зависит как от уровня обоснованности, степени учета объективных факторов влияния, так и от и квалификационного потенциала руководящего состава и его готовности к переменам (субъективные факторы).

Рассмотрим основные факторы по внедрению 4G и 5G в Украине. К внешним следует отнести: экономическую, политическую, социальную, технико-технологическую среду развития отрасли в Украине и ее соответствие мировым критериям. Применительно к возможностям внедрения 4G и 5G в Украине определяющую роль играет базовый потенциал информационно-телекоммуникационных технологий, достаточно полная аналитическая оценка которого нашла отражение в соответствующих рейтингах. Все рейтинги, отражающие состояние развития отрасли, можно разделить на две группы. К первой следует отнести рейтинги информационно-коммуникативного развития, характеризующие уровень развития ИКТ в странах мира: Индекс развития информационно-коммуникационных технологий, Индекс сетевой готовности, Индекс информационного общества, Индекс цифровых возможностей, Индекс возможностей развития ИКТ, Индекс диффузии ИКТ, Индекс цифровой доступности, Индекс электронной готовности, Индекс технологической готовности, Индекс развития электронного правительства, Индекс цифрового разделения, Международный индекс развития Интернета и т.п. Во вторую группу рейтингов целесообразно включить рейтинги научно-технического развития стран, при расчете которых используются данные по телекоммуникационной отрасли или учитывается их непосредственная связь с ИКТ сферой, а именно: Индекс технологических достижений, Индекс экономики знаний, Глобальный индекс инноваций, Индекс глобальной конкурентоспособности и т.п.

По результатам рейтинговых оценок можно определить место ИКТ-потенциала Украины среди стран, охваченных исследованиями (рис. 2).



Рис. 2. Факторы, влияющие на принятие решения о внедрении 4G и 5G в Украине

Характеристика ИКТ-потенциала Украины: Индекс цифровой доступности (цифровой развития) (DAI), Индекс цифровых возможностей (DOI), Индекс развития электронного правительства (EGDI), Индекс развития ИКТ (IDI), Индекс сетевой готовности (NRI), Международный индекс развития Интернета (WI), представлена на рис.3.

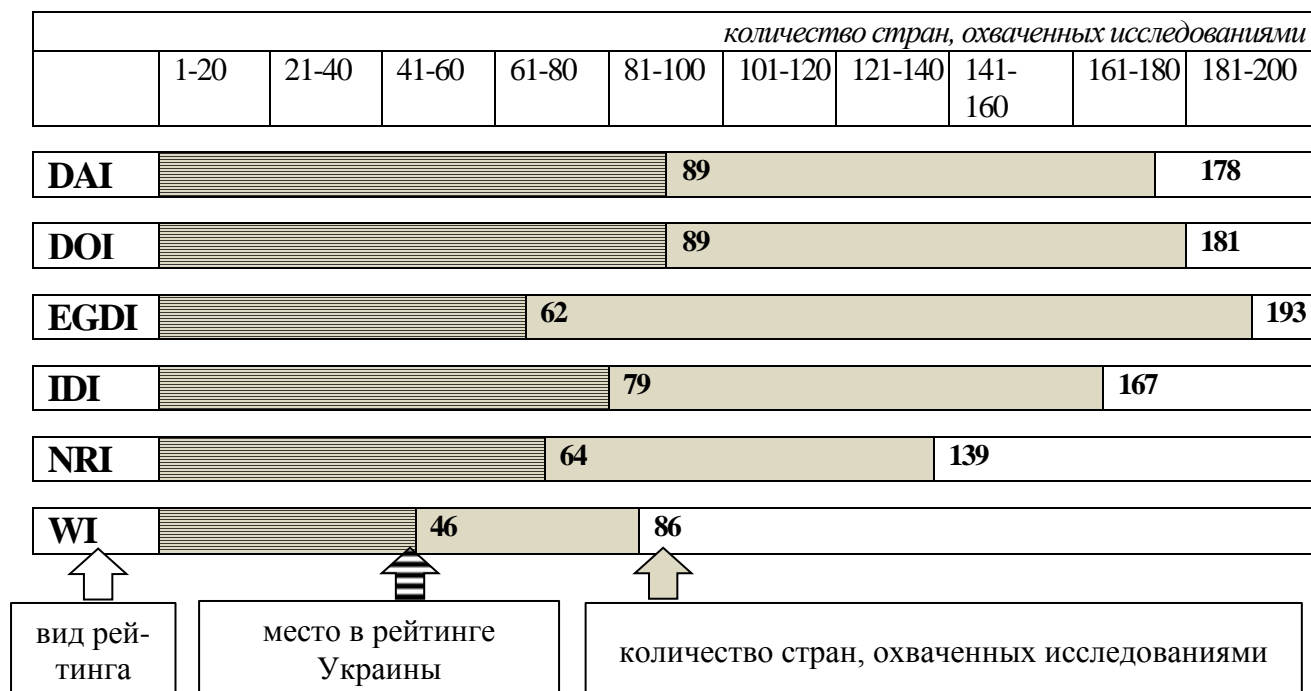


Рис. 3. Место ИКТ-потенциала Украины по наиболее существенным рейтингам

Как мы можем видеть из рисунка 4 почти по всем рейтинговым оценкам Украина занимает позиции ближе к середине. Наилучшая ситуация с индексом EGDI – Индексом развития электронного правительства, по которому наша страна находится в первой трети исследуемых стран. Этот индекс свидетельствует о достаточно высокой оценке возможностей государственных структур по использованию ИКТ для предоставления гражданам Украины государственных услуг. Худшие показатели по Международному индексу развития Интернета (WI), на что существенное влияние оказало состояние социально-экономического и политического развития государства в контексте влияния на них Интернета.

Внешние факторы влияния на возможности внедрения 4G и 5G в Украине на уровне отрасли включают аспекты отраслевой специфики, влияние контрагентов и деятельность органов государственного регулирования. Следует учитывать, что для массового развития рынка потребления новых технологий предстоит решить проблемы интеграции, создания общей нормативной базы и служб контроля. Серьезной проблемой является и сохраняющаяся высокая степень зависимости от решения регулятора и чиновников, принимающих соответствующие решения. Сложности создают непрозрачные процедуры распределения частот. Так, у операторов есть частоты от сетей второго поколения, но чтобы обеспечить полосы достаточной ширины, нужно проводить перераспределение. НКРСИ (Национальная комиссия, осуществляющая госрегулирование в сфере связи и информатизации) заявляет, что частотные спектры расчистить и перераспределить получится лишь к 2018-му году.

Среди факторов, влияющих на готовность отдельных предприятий к переходу на технологии 4G и 5G, следует учитывать: экономические (финансовые, материальные и другие затраты), организационные (необходимость в формировании дополнительных или изменении функций существующих подразделений, особенности разработки и реализации

организационных изменений), правовые (соответствие существующим правовым нормам), технологические (наличие технических, программных, информационных средств и ресурсов), социально-психологические (готовность руководства и персонала предприятия к инновациям). Об комплексе проблем микроуровня свидетельствуют следующие факты. В Украине нет готовых к коммерческой эксплуатации 4G сетей. Лидеры украинского рынка говорят о скором возможном запуске сетей 4G, однако это произойдет в 2017-2018 гг. На полномасштабное разворачивание LTE в масштабах всей страны потребуется срок примерно до 2020 г. Учитывая мировую практику строительства сотовых сетей, время окупаемости проектов составляет в среднем 7-10 лет. Если начинать полномасштабный запуск четвертого поколения сейчас, Украина сможет перейти к 5G не раньше 2025 г., а это отставание в отрасли на 7-8 лет. Для проработки концепций и стандартов работы в новых условиях также необходимо время.

Среди технических и технологических барьеров на пути внедрения 4G и 5G в Украине: отсутствие IT-стандартов и открытых технологий, применяемых производителями оборудования; жесткие требования по обеспечению надежности и пропускной способности; необходимость обеспечения минимизации новых интерфейсов, чтобы сохранять совместимость оборудования, и возможность взаимодействия с имеющимися системами; значительное возрастание полосы пропускания, требующее резкого увеличения плотности установки базовых станций и расширения спектра частот. Быстрое реагирование на угрозы безопасности должно быть обеспечено архитектурой сети — многомерной и целостной, соединяющей безопасность, приватность и события, происходящие в сети.

И все же, учитывая отечественный технико-технологический потенциал отрасли, наличие базовой инфраструктуры телекоммуникаций, растущий спрос со стороны рынка на новые технологии, высокопрофессиональный кадровый потенциал, при наличии государственной поддержки и ЕС-ориентированной политики государства, внедрение 4G и 5G в Украине – вполне возможная перспектива. Для того, чтобы она стала реальностью, Украине необходимо разработать дорожную карту развития сетей 4G и 5G на среднесрочную и долгосрочную перспективу с привлечением максимального числа участников – национальных производителей оборудования, операторов связи, венчурных фондов, исследовательских организаций, крупных отраслевых потребителей и др.

## Литература

1. 4G-связь: в Украине начинаются бои без правил. [Электронный ресурс] – 22.09.2016.- Режим доступа:  
<https://news.mail.ru/economics/27207059/?frommail=1>
2. Испытать поколение. Что будет с 5G и как продолжат расти LTE-сети [Электронный ресурс] – 20.05.2016. – Режим доступа:  
<https://www.gazeta.ru/tech/2016/05/19/8253671/what-about-lte.shtml>
3. Мобильная эволюция. Как 5G уничтожит кабельные подключения. [Электронный ресурс] – 19.05.2016. – Режим доступа:  
<http://www.epravda.com.ua/rus/publications/2016/04/19/590021/>
4. На пути к 5G. Будет ли очередная революция в сотовой связи? [Электронный ресурс] – 28.10- 3.11.2016.- №43(793). – Режим доступа:  
<http://www.2000.ua/v-nomere/derzhava/resursy/na-puti-k-5g.htm>
5. Сотовые сети: от 4G к 5G. Взгляд со стороны MediaTek. [Электронный ресурс] – 28.07.2015. – Режим доступа:  
<http://www.ixbt.com/mobile/mtk-lteworld-2015.shtml>
6. Тихвинский В.О. Концептуальные аспекты создания 5G / В.О. Тихвинский, Г.С. Бочечка // ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ. – № 10. – 2013. – С. 29-33.



## **5G В ЭВОЛЮЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ**

Самоуправляемые транспортные средства – еще одна область, реализация которой потребует сетей связи нового поколения. Автомобили можно будет оснастить сенсорами, считывающими всевозможную информацию о дорожной обстановке: ближайших транспортных средствах, погодных условиях, состоянии асфальта, дорожных знаках и др. На основе этих данных управление поездкой можно осуществлять в автоматическом режиме.

Помимо удобства для водителя машины, оснащение сенсорами автомобилей открывает новые возможности для повышения безопасности на дорогах. По сетям 5G автомобили смогут коммуницировать между собой и принимать мгновенные решения, что делать в той или иной ситуации на основе информации, полученной от других транспортных средств на дороге. Например, автомобиль мог бы пересылать сигнал о своем резком торможении, так чтобы машина, с которой из-за этого угрожает столкновение, могла также резко затормозить в автоматическом режиме. В сетях 4G реализовать такой сервис небезопасно, поскольку задержка сигнала слишком велика, чтобы управлять автомобилем в режиме реального времени. В июне 2016 года ABI Research опубликовала прогноз, согласно которому к 2025 году около 67 млн автомобилей будут использовать сервисы 5G.

Три миллиона из них - самоуправляемые автомобили. Технология 5G, благодаря более быстрому отклику, станет предпочтительной для широкополосного потокового мультимедиа, отправки диагностической информации сервисному центру, использования в системах V2X (Vehicle-to-Everything — система обмена данными между автомобилем и другими объектами дорожной инфраструктуры, например, с автомобилями, дорожными знаками, разметкой, светофорами; инфраструктура также должна быть подключена к интернету).

Поддержка систем V2X – это одно из ключевых требований для подключённого транспортного средства будущего. Технология V2X тесно связана с понятием совместной мобильности, которая позволяет автомобилям обмениваться друг с другом различной информацией. 5G, благодаря более низкой задержке при установке соединения, сделает взаимодействие через V2X более эффективным, а движение самоуправляемых автомобилей на интеллектуальных дорогах – более безопасным.

Чтобы технология V2X стала реальностью, две области – автомобильная и телекоммуникационная, должны расширить зону охвата 5G-сигнала и обеспечить уверенный приём. Ожидается, что это станет вполне реальным к 2025 году. 5G позволит мобильным операторам внедрить больше услуг с добавленной стоимостью для автомобильной экосистемы. Ожидают появления новых бизнес-моделей и новых возможностей для автомобильной отрасли благодаря низкой задержке при установке соединения – до 1 мс.

### **Литература:**

1. Журнал CNews, 71 выпуск, “5G Как изменится мобильная связь в ближайшие 5 лет”? с. 51-55.
2. <http://iot.ru/transportnaya-telematika/5g-prineset-novye-biznes-modeli-i-vozmozhnosti-dlya-avtomobilnoy-otrasli>

*Глушенкова А.А., к.г.н.,  
Государственный университет телекоммуникаций,  
г. Киев*

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СВЯЗИ В УКРАИНЕ**

*Показана роль инновационного потенциала в развитии предприятия. Проанализированы основные составляющие инновационного потенциала предприятий сферы телекоммуникаций и информатизации Украины. Выделены основные тенденции развития инновационной деятельности предприятий сферы телекоммуникаций и информатизации.*

*A. Glushenkova*

## **INNOVATIVE POTENTIAL ADOPTION OF NEW COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN UKRAINE**

*The role of innovation in the company's development. Analyzed the main components of the innovation potential of enterprises in the telecommunications and informatization sector of Ukraine. The basic tendencies of development of innovative activity of enterprises in telecommunications and information sector.*

В современных условиях формирование и развитие инновационного потенциала становится определяющим фактором устойчивого развития предприятия, который связан с использованием результатов научных исследований и разработок для создания принципиально новой продукции, создание и применение новых технологий ее производства с последующим внедрением и реализацией на рынке.

Телекоммуникационные технологии определяют сегодня уровень научно-технического прогресса, создают предпосылки для экономического роста и включения национальной экономики в мировые экономические процессы.

Активное развитие данной сферы экономики невозможно представить без ускорения инновационного процесса, что привело к ее беспрецедентному росту, влияющему практически на все отрасли и субъекты рынка. В 2015 доля реализованных услуг предприятиями сферы телекоммуникаций и информатизации составляла около 20% от всей сферы услуг Украины.

Количество предприятий сферы телекоммуникаций и информатизации в начале 2015 года составляло 13319, количество занятых работников на этих предприятиях – 192,7 тыс. Расходы на персонал в сравнении с 2010 г. выросли на 34%, что может свидетельствовать об усилении кадровой составляющей инновационного потенциала предприятий. Инвестиционную составляющую можно охарактеризовать с помощью показателя капитальных инвестиций, который в 2014 году составлял 8,12 млрд грн., Причем 69,3% из них – инвестиции в материальные активы, 19,5% – в интеллектуальную собственность, 8,1 – в приобретение программного обеспечения.

В тоже время, по данным Государственной службы Украины в 2015 менее 12% предприятий сферы информатизации и телекоммуникации создавали передовые технологии. Это свидетельствует об актуальности проблем развития и реализации инновационного потенциала предприятий этой сферы.

Среди существующих тенденций на рынке телекоммуникаций следует отметить, что в последнее время предприятия данной сферы ориентируются на оптимизацию процессов, связанных с предоставлением услуг, базирующихся на использовании новых технологий. Так в 2012 около 46,3% инновационно активных предприятий сферы телекоммуникаций и

информатизации занимались технологическими инновациями, в 2014 году этот показатель вырос до 64,8%.

Дальнейшее успешное развитие предприятий сферы телекоммуникаций и информатизации предусматривает повышение эффективности управления инновационным потенциалом, которое решает три основные задачи: формирование, развитие и реализацию инновационного потенциала предприятия.

### Литература

1. *Базилевич А.И. Инновационный менеджмент предприятия / Базилевич А.И. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – С. 166.*
2. *Зубанева А.В. Теоретические аспекты управления инновационным потенциалом предприятия [Электронный ресурс] / Зубанева А.В., Гончаренко О.Н. // Институт сферы обслуживания и предпринимательства филиал донского государственного технического университета – Режим доступа:  
<http://sci-article.ru/stat.php?i=1446737770>*
3. *Статистичний бюлетень «Діяльність підприємств сфери послуг» [Електронний ресурс] // Державна служба статистики України – Режим доступа:  
<http://ukrstat.gov.ua/>*
4. *Наукова та інноваційна діяльність в Україні. Статистичний збірник // Державна служба статистики України – К., 2015. – 255 с.*

*Гудзь О. Є., д.е.н., проф.,  
Державний університет  
телекомунікацій,  
м. Київ*

## **РОЗВИТОК ІТ-ІННОВАЦІЙ В УКРАЇНІ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА РИЗИКИ**

*Окреслено перспективи розвитку ІТ інновацій в Україні та визначено ризики їх впровадження. Обґрунтовано, що рівень розвитку ІТ інновацій, можна розглядати як один із найбільш надійних індикаторів рівня розвитку різних сфер діяльності усього суспільства. Акцентовано, що впровадження технології 5G матиме вагомий вплив на економіку країни.*

*O. Gudz*

## **THE DEVELOPMENT IT INNOVATIONS IN UKRAINE: PROSPECTS AND RISKS**

*In theses discussed prospects of IT innovations in Ukraine and identified risks of their implementation. Proved that the level of IT innovation can be seen as one of the most reliable indicators of development of different areas of society. It is proved that the introduction of 5G technology will have a significant impact on the economy.*

Нині, інноваційні ІТ розробки вважаються базовим елементом розвитку економіки та підприємництва. Сучасні ІТ інновації значним чином впливають на ефективність діяльності економіки країни в цілому. Сьогодні, більшість країн в повній мірі усвідомлюють колосальні переваги, які несе з собою розвиток і поширення сучасних інформаційних технологій. У різних країнах ефективно функціонуюча економічна система забезпечує постійний ріст інформаційних потреб і платоспроможний попит на інформаційні продукти та послуги, а також потужний середній клас, що є основним їх споживачем.

ІТ-індустрія є двигуном глобального економічного росту країни що генерує низку ключових переваг. Так, за даними РwС, Україна входить до топ-20 найбільших експортерів ІТ-послуг в світі. Понад 70% експорту ІТ-послуг України становить розробка ПЗ на замовлення. Уже зараз ІТ - ключовий драйвер економіки України і демонструє найбільше зростання серед інших експортних галузей. З 2011 до 2015 року внесок ІТ до ВВП збільшився з 0,6 до 3,3% (з \$ 1,1 до \$ 2,6 млрд). Такого зростання вдалося досягти завдяки молодому поколінню інженерів - за останні чотири роки число ІТ-фахівців збільшилася з 42,4 тис. до 91,7 тис. Крім того, цей сектор економіки створює зайнятість ще для 400 тис. різних працівників у різноманітних сферах діяльності – від консалтингу до вантажних авіап перевезень. Число робочих місць в ІТ-індустрії в цілому за останні роки виросло на 40%, а в галузі програмного забезпечення — на 76%. ІТ-індустрія приносить до бюджету додаткові надходження. Такі податкові надходження, пов'язані з інформаційними технологіями, виросли за останні роки на 37% і допомагають фінансувати життєво важливі державні служби і надавати державні пільги, у тому числі забезпечують суспільну безпеку, ефективну роботу підприємств і транспортної системи. Одним з найбільш перспективних інструментів для бізнесу сьогодні є хостингові та «хмарні» технології. Дані новації дозволяють економити фінанси за рахунок скорочення капітальних інвестицій. Це особливо актуально в наш час, тому що в останні роки все більше компаній намагаються мінімізувати інвестиції в розвиток інфраструктури. І хоча «хмарні» технології поки що використовують приблизно 25% ІТ-менеджерів вітчизняних компаній, проте багато з них планують перейти на цю технологію або вивчають її переваги.

Стабільно високий попит на українському ринку на ERP-системи. За оцінками SAP – сегмент великих компаній насичений цими технологіями тільки на 30%. Проте обсяг продаж ERP-систем з кожним роком збільшується, враховуючи те, що вже зараз частка ERP-рішень становить приблизно 13% усього обсягу українського ринку ПЗ і ІТ-послуг.

Доволі популярною на ринку IT-систем в наш час є технологія HANA (High Performance Analytic Appliance), яка дозволяє оброблювати та аналізувати великі масиви інформації. Основні бізнес-рішення, які базуються на подібних технологіях, стають більш релевантними.

Нині, весь світ нині змагається у розробці 5G, п'ятого покоління мобільної мережі. Хоча 5G наслідуватиме 4G і 3G, науковці покладають на цю мережу значно більше сподівань. Вони очікують, що вона буде інакшою – принципово інакшою, оскільки 5G-інтернет - це не тільки шалена швидкість передачі дані, а й значне пошкваллення економіки, інвестиції в країну, створення нових робочих місць, наповнення держбюджету й нові можливості для українців. 5G впливає на економіку, змінюючи звичний життєвий устрій і трансформуючи усталені бізнес-моделі. Основні рушійні сили розвитку 5G можуть бути згруповані в чотири блоки: нові моделі довіри, нові моделі служби доставки, розширений перелік загроз, і збільшення рівня конфіденційності. Загрози впровадження **5G**: система «гарячих точок» доступу незручна для сільської місцевості, **5G** потребує великих інвестицій, для **5G** потрібен широкий спектр частот, запуск **5G** вимагатиме модернізації усіх економічних та управлінських сфер суспільства. Так, мережі п'ятого покоління потребуватимуть принципово нову модель забезпечення інформаційної безпеки, адже вони матимуть вже значно розширений функціонал, оскільки будуть сконструйовані не лише для забезпечення потреб окремих людей та суспільства в цілому, а й для цілих індустрій (таких як фабрики, заводи, інтелектуальні системи, системи e-health тощо), вони набагато більше, ніж 4G, відіграватимуть роль в створенні принципово нового «електронного» суспільства. При цьому повний спектр систем безпеки, недоторканності приватного життя і стійкості буде проблемою, яка охоплює далеко не виключно технології 5G, а й все майбутнє «електронне» суспільство.

Отже, завдяки більш високим темпам росту у порівнянні з традиційними галузями економіки, IT-індустрія здатна забезпечити значні переваги: створення нових робочих місць, збільшення податкових надходжень і розвиток економіки. Чим вагоміший цей розвиток, тим більші економічні переваги він приносить. Прискорення темпів росту індустрії програмного забезпечення в поєднанні з впливом на підвищення значимості галузі IT-послуг дозволили їй стати основною рушійною силою розвитку інформаційних технологій, і в свою чергу призвело до розширення наданих ними переваг для підприємств різних сфер діяльності.

Ріст застосування різних IT інновацій економічними суб'єктами, викликає каскадний або мультиплікативний ефект, стимулюючи розвиток галузей та економіки в цілому. Це сприяє підйому торгівлі і розширенню сфери послуг завдяки розвитку компаній, що відбувається у відповідь на появу нових потреб споживачів. Таким чином, сучасні IT інновації допомагають створенню нових привабливих високооплачуваних і високотехнологічних робочих місць, а також збільшують доходи держави і приносять користь практично всім іншим галузям економіки, підвищуючи їх ефективність. Розвиток будь-якої галузі, призводить до загального збільшення витрат на інформаційні технології в усіх сферах, забезпечуючи поширення економічного ефекту в інші сектори економіки.

Таким чином, можна зробити висновок, що розвиток IT-індустрії вигідний для держави і суспільства в цілому. Рівень розвитку інформаційних продуктів і послуг інформатизації підприємства, можна розглядати як один із найбільш надійних індикаторів рівня розвитку різних сфер діяльності. Лише вміле використання переваг IT інновацій, може забезпечити економічне процвітання та необхідні умови для вибору вільного напрямку розвитку суспільства. IT інновації, як засвідчує закордонний досвід, спричиняє глибокі культурні трансформації. Інформаційна культура – це нове бачення інформаційних процесів, новий підхід до стилю, методів, процедур управління. Якщо їх не оцінювати з позицій здорового глузду, вони можуть негативно впливати на життя і роботу, направляти їх у потік безглуздої боротьби з труднощами, надуманих проблем, можуть звести нанівець зусилля з прискорення прогресу.

*Гусева О.Ю., д.э.н., проф.,  
заведующий кафедры  
предпринимательства, торговли  
и биржевой деятельности,  
г. Киев*

## **УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ЛИДЕРСТВОМ ПРЕДПРИЯТИЙ В АСПЕКТЕ РАЗВИТИЯ 4G и 5G ТЕХНОЛОГИЙ**

*Проблематика достижения предприятиями интеллектуального лидерства является достаточно новым и динамичным направлением современных исследований, в т.ч. в IT-сфере.*

Целью исследования является обоснование концептуальных основ управления интеллектуальным лидерством предприятий во взаимосвязи с развитием высокоскоростных 4G и 5G технологий.

Исходя из поставленной цели, сформулированы и решены такие задачи:

1. Раскрыть сущность дефиниции «Интеллектуальное лидерство предприятия» в разрезе новых парадигм конкурентного преимущества.
2. Обосновать макро- и микро-платформу интеллектуального лидерства современного предприятия с учетом факторов развития 4G, 5G.
3. Разработать концептуальную схему амбидекстрии (многозадачности) управления интеллектуальным лидерством предприятий в условиях экономики знаний.
4. Апробировать научно-методический подход к оценке уровня интеллектуального лидерства предприятия ПАО «Укртелеком».

Динамичное развитие концепта интеллектуального лидерства обусловлено сменой парадигмы устойчивого конкурентного преимущества современных предприятий. Классические концепции и модели удержания предприятиями конкурентного лидерства (н-р, концепция М. Портера) уже себя не оправдывают. Поиск незанятой рыночной ниши и стыкование с существующими условиями бизнес-среды становятся невозможным, т.к. большинство отраслей давно являются зрелыми и высококонкурентными. Следовательно, предприятия могут достичь конкурентной устойчивости только за счет создания и развития уникальных, труднокопируемых для конкурентов активов. Это возможно только на интеллектуальной основе, т.е. на основе интеллектуального лидерства предприятия.

Авторское определение дефиниции «интеллектуальное лидерство предприятия» сформировано на основе выведения его макро- и микро- платформ.

К ключевым элементам макро-платформы предлагается отнести ключевые глобальные вызовы, являющиеся императивами современной бизнес-серды. Данные вызовы особенно сильно влияют на развитие IT-сферы. К ним относятся углубление транснационализации экономики, расширение конвергенции услуг и рост вертикальной интеграции предприятий. Транснационализация проявляется в увеличении разветвленных, многоотраслевых комплексов в международном масштабе, и как следствие - в размывании экономических границ между государствами. Исследования показали, что в 2015 г. 30 % наиболее крупных ТНК в мире относятся к сфере IT, при этом 3 предприятия сферы IT входят в пятерку лидеров.

Относительно телекоммуникационной отрасли термин «конвергенция» означает слияние ранее различных услуг (телевидение, радиовещание, компьютерной связи, телефонии и печатных СМИ), объединяющим признаком которых на современном этапе является передача информации на базе IT-инфраструктуры (в основном на основе цифровой платформы). Следует отметить несколько актуальных аспектов конвергенции: конвергенции услуг, конвергенции оборудования и конвергенции сетей. Ученые прогнозируют, что в результате конвергенции у потребителя в конечном счете будет устанавливаться одна универсальная инфокоммуникационная розетка, через которую будут поставляться все услуги.

Ведущие украинские предприятия телекоммуникационной сферы с каждым годом наращивают темпы конвергентного развития, развивая перечень пакетных услуг и их наполнение.

Обоснование макро-платформы дает возможность обосновать элементы микро-платформы интеллектуального лидерства и дать авторское определение дефиниции (рис. 1) Интеллектуальное лидерство предприятия – это способность эффективного и результативного управления знаниями, позволяющее формировать и защищать уникальные и стратегические компетенции предприятия с использованием инструментария информационных технологий.



Рис. 1. Концептуальная схема элементов интеллектуального лидерства предприятия

В исследовании предложена методика оценки уровня интеллектуального лидерства ПАО «Укртелеком», реализованная с помощью инструментария нечетких множеств. Расчеты интегрального показателя показали, что предприятие имеет уровень интеллектуального лидерства выше среднего (0,658) и достичь его повышения можно за счет внедрения целостной концепции устойчивого развития.

Таким образом, внедрение высокоскоростных технологий является ключевым, системообразующим звеном управления интеллектуальным лидерством предприятий в условиях динамичной бизнес-среды.

*Дименко Р.А., к.е.н.  
Державний університет  
телекомунікацій,  
м. Київ*

## **МАРКЕТИНГ У СФЕРІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ПОСЛУГ**

*Ринок у сфері телекомунікаційних послуг являє собою безперервний оборот інформації між абонентами. Суть маркетингу стільникового зв'язку полягає в постійному оновленні своєї послуги, пристосуванні до нових умов. Грамотне використання інструментів маркетингу при просуванні нових послуг стільникового зв'язку забезпечує конкурентну перевагу на ринку.*

## **MARKETING IN TELECOMMUNICATION SERVICES**

*The market in telecommunications services is a continuous represents a continuous revolution of the information between the viewers. The essence of cellular marketing is constantly upgrading its services, adapting to new conditions. Proper use of marketing tools for the promotion of new mobile services provides a competitive advantage in the market.*

Дослідження тенденцій розвитку ринку телекомунікаційних послуг, зокрема послуг стільникового зв'язку, дозволяють судити про те, що сьогодні відбуваються зміни, пов'язані з ефективним використанням нових інформаційних технологій як індивідуальними так і корпоративними користувачами. В умовах сучасного ринку, що динамічно розвивається, особливого значення набуває вміння вдало використовувати нові комунікаційні технології, інструменти маркетингу при просуванні нових послуг з метою досягнення конкурентних переваг у ринковому просторі. Так, ринок послуг стільникового зв'язку – це складна система обігу інформаційних потоків, яка може оперативно передавати інформацію практично до будь-якого регіону і на будь-яке підприємство, фільтрувати і контролювати прийом-передачу значних масивів інформації, необхідних як для ведення бізнесу, так і для індивідуальних зацікавлених користувачів. Проте, слід зазначити, що на місцях конкуренція між операторами не сприяє розвитку бізнесу телекомунікаційних послуг. Тому маркетинговий механізм формування конкурентних відносин на ринку стільникового зв'язку представляє теоретичний і практичний інтерес.

Актуальність звернення до маркетингових досліджень послуг стільникового зв'язку обумовлена відсутністю єдиного підходу до визначення сутності подібної діяльності операторів зв'язку. Це пояснюється тим, що не всі інструменти маркетингу в даний час апробовані операторами ринку послуг стільникового зв'язку при просуванні інформаційних послуг.

Підприємства, що надають продукти стільникового зв'язку, для утримання переваг на ринку змушені пропонувати конкурентні послуги, знижувати витрати виробництва, розширювати діапазон дії операторів зв'язку, що досягається за рахунок оновлення технологічного обладнання, використання досягнень науково-технічного прогресу в області просування нових інформаційних технологій.

Невіддільність послуги від надання пов'язана з тим, що повне або часткове споживання послуги співвідноситься у часі з процесом її надання. З цієї точки зору товари виробляються, продаються і споживаються, в той час як послуги спочатку продаються, а потім споживаються. Ця властивість, зокрема, проявляється в тому, що послугу, зазвичай, не можна перепродати, що повинно враховуватися при визначенні ціни на неї. Це твердження справедливе, якщо мова йде про послуги для кінцевих користувачів. Якщо ж оператори стільникового зв'язку надають один одному взаємні послуги, тобто власні виробничі



потужності для здійснення процесів передачі інформації іншими операторами, то вже останні, як правило, надають послуги кінцевим споживачам.

Незбережність послуги стільникового зв'язку також пов'язана з її нематеріальністю – після закінчення телефонної розмови немає жодних свідчень про те, яким чином вона відбулася і чи відбулася взагалі, особливо, якщо немає почасового обліку часу заняття лінії. При цьому зберігається не сама послуга як така, а слід від неї у формі того блага, яке отримав користувач. Одним з основних напрямків формування стратегічних конкурентних переваг є надання послуг більш високої якості порівняно з конкуруючими аналогами. Дуже часто сприйняття послуги споживачем відбувається через уявлення про прийнятні терміни її виконання. В даному випадку для клієнта часові рамки виявляються важливішими цінних показників і навіть репутації виробника послуг. При цьому сприйняття термінів обслуговування виявляється більш складним, ніж спрощена оцінка ролі фактора часу.

Враховуючи, що сприймаєма клієнтом якість послуги зв'язку завжди має основне значення при виборі послуги, операторам необхідно прагнути до введення кількісних параметрів, які допомагають оцінювати процес телекомунікаційного обслуговування і впливати на нього. При цьому основною проблемою стають вимоги до якості послуг зв'язку. А оцінити якість послуги набагато складніше, ніж якість товару. Адже клієнт сприймає не тільки результат послуги, а й стає співучасником її надання. Попри це, висока якість процесів наданої послуги ще не дає гарантії побудови тривалих відносин з клієнтом.

Послуги зв'язку, на відміну від товарів, неможливо розділити на стадії експлуатації. Однак одним з інструментів контролю за якістю послуг є маркетингові дослідження. Маркетингові дослідження дозволяють виявити джерела майбутніх проблем.

Таким чином, для ринку послуг стільникового зв'язку необхідна адаптація маркетингових досліджень, так як класичний алгоритм проведення маркетингових досліджень може бути неефективний.

Характерна риса сучасного ринку телекомунікаційних послуг – можливість впровадження новітніх технологій в процес обміну інформаційними ресурсами. Телекомунікаційна галузь в даний час є базовою галуззю будь-якої держави, і послуги, що надаються операторами стільникового зв'язку, відіграють важливу роль у розвитку відносин.

Сучасний розвиток ринку послуг зв'язку спричинив виникнення багатограних змін, нововведень, поліпшень, пов'язаних з комунікаціями. Природний хід розвитку передбачає зародження, становлення, перетворення і застосування ідей, нових електронних технологій та послуг в практичній діяльності, при цьому ринковий механізм попиту і пропозиції певним чином врівноважує розвиток галузі.

На сьогоднішній день в умовах ринкової економіки, змін ринкової кон'юнктури, високого ступеня господарської невизначеності оператори ринку послуг стільникового зв'язку практично позбавлені захисту від втрат і глибоких потрясінь, що, в свою чергу, обумовлюється наявністю негативних факторів зовнішнього середовища, таких як наявність конкуренції, коливання попиту, цін і т. д.

Ринок послуг стільникового зв'язку являє собою складну систему, що включає різноманітні елементи, основною функцією якої є задоволення поширюючися потреби індивідів та бізнесу в різноманітних комунікаціях. При цьому сектор послуг стільникового зв'язку є важливою частиною реального сектора економіки. Так, в системі маркетингу оператор стільникового зв'язку, що діє на ринку, розглядається не сам по собі, а з урахуванням усієї сукупності відносин, що пов'язують його з іншими суб'єктами ринку.

З іншого боку, маркетингове середовище стільникового оператора складається з мікросередовища і макросередовища. Мікросередовище представлене силами, що мають безпосереднє відношення до самого оператора і його можливостям з обслуговування клієнтури, тобто постачальниками, посередниками, клієнтами, конкурентами і контактними аудиторіями. Макросередовище представлене силами більш широкого соціального плану, які впливають на мікросередовище (фактори демографічного, економічного, природного, технічного, політичного та культурного характеру).

Таким чином, конкуренти є важливою складовою маркетингового мікросередовища, без обліку та вивчення якого неможлива розробка прийнятної стратегії і тактики функціонування на ринку.

За останні роки ринок послуг стільникового зв'язку істотно змінився. Зміни торкнулися всіх рівнів – національного, регіонального і міжнародного. В даний час ринок послуг стільникового зв'язку переживає бурхливий розвиток, пов'язаний з впровадженням нових технологій у процес комунікації.

Проблема підвищення конкурентоспроможності ринку послуг стільникового зв'язку пов'язана з необхідністю виявлення найбільш істотних факторів, що визначають його стан, можливості і механізми впливу на поліпшення якості надання послуг. Особливості розвитку ринкової структури чинять безпосередній вплив на конкурентну поведінку операторів.

У кожній країні управління стільниковою галуззю має свою специфіку. Однак поява цифрових технологій і масове впровадження послуг по наданню доступу мережу призвели до того, що сьогодні практично будь-який оператор зв'язку працює не тільки на локальному (регіональному або загальнонаціональному), але і на світовому ринку послуг стільникового зв'язку.

В останні роки чітко виявляють себе такі тенденції галузі, як глобалізація, конвергенція, персоналізація та дерегуляція, підвищення значення мобільного зв'язку для розвитку галузі в цілому, оптимізація діяльності операторів стільникового зв'язку. Дані тенденції є приватними випадками загальних закономірностей розвитку світової економіки в цілому, що дозволяє говорити про коригування загальних демаркаційних шляхів еволюції суспільства в межах економічних відносин на окремо взятому ринку.

#### Література:

1. Gronroos, Ch. *From Marketing Mix to Relationship Marketing: Towards a Paradigm Shift in Marketing* /Ch. Gronroos // *Management Decision*. – 2004. – Vol. 32. – № 2. – P. 4–20.
  2. Cateora, P. *International Marketing* /P. Cateora. – Boston, MA 02116, 2000. – P. 33.
  3. Chase, R. B. *Production and Operations Management* /R. B. Chase. – Homewood IL 60430, Boston MA 02116.
  4. Попов, Е. В. *Искусство маркетинга* / Е. В. Попов, Л. Н. Попова. – Екатеринбург: Терминал Плюс, 2005.
- Дайан, А. *Академия рынка: маркетинг* / А. Дайан

*Капелюшина Т. В., к.е.н,  
Державний університет  
телекомунікацій,  
м. Київ*

## **РОЛЬ СФЕРИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ У ДЕРЕГУЛЯЦІЇ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

*Приділено увагу питанням ведення господарської діяльності на теперішній час, розглянуто заходи щодо спрощення адміністративних процедур регулювання господарської діяльності та умов провадження підприємницької діяльності у телекомунікаційній сфері, а також сфери інформаційних технологій. Відзначено важливість телекомунікаційної сфери у господарському і адміністративному регулюванні ведення господарської діяльності.*

## **ROLE OF TELECOMMUNICATIONS IN THE DEREGULATION OF ECONOMIC ACTIVITY**

*Attention is paid to issues of business activity at present, considered measures to simplify administrative procedures regulating economic activity and conditions for business activity in telecommunications and information technology. Noted the importance of the telecommunications sector in economic and administrative regulation of business activity.*

Інтенсивність взаємозв'язків у фінансовій сфері, сфері товарообміну, інвестицій, культурній та інформаційній сфері стали на теперішній час закономірним наслідком тенденцій розвитку нашої країни на шляху до співтовариства з європейськими державами. Виникає потреба у більш простому та швидкому передаванні інформації в просторі й часі, має спрощуватися ведення господарської діяльності. Аналізуючи низку запропонованих Національною радою реформ, варто відзначити план заходів щодо дерегуляції господарської діяльності від 18 березня 2015 року, що доопрацьований і затверджений на 2016-2017 роки від 23 серпня поточного року. Законопроект передбачає оптимізацію та скорочення функцій регулювання та ведення господарської діяльності у сферах сільського господарства та безпеки харчових продуктів, будівництва, енергетики, транспорту та інфраструктури, інформаційних технологій та телекомунікацій.

Телекомунікаційна сфера відіграватиме одну з ключових ролей, оскільки техніка та технології сприяють швидкому переміщенню інформації, а отже створить сприятливіші умови ведення бізнесу в країні, що знайшло відображення у низці заходів щодо спрощення адміністративних процедур регулювання господарської діяльності, а саме: у вдосконаленні дозвільних процедур у сфері господарської діяльності шляхом запровадження процедури видачі документів дозвільного характеру за допомогою засобів телекомунікацій (в електронному вигляді) та скорочення переліку документів, які суб'єкт господарювання повинен подати для одержання документа дозвільного характеру; скасування ліцензування видів діяльності у сфері телекомунікацій та впровадження заявницького принципу провадження такої діяльності; заміни форми подачі ряду документів з текстової на електронну; спрощення провадження господарської діяльності операторами телекомунікацій в частині скасування обов'язковості отримання санітарного паспорта.

У сферах інформаційних технологій та телекомунікацій, в свою чергу, також відбулися спрощення щодо умов провадження підприємницької діяльності, основними з яких є: удосконалення правового регулювання прав інтелектуальної власності у сфері програмного забезпечення; сприяння укладенню Угоди про оцінку відповідності та прийнятність промислової продукції (Угоди АСАА) для сфери радіо- і телекомунікаційного термінального обладнання; забезпечення гармонізації процедури виділення та перерозподілу (рефармінгу) радіочастотного ресурсу з вимогами законодавства ЄС з метою підвищення

ефективності його використання; удосконалення нормативно-правового регулювання електронного документообігу з метою наближення умов його застосування до документообігу на паперових носіях; спрощення електронної взаємодії суб'єктів владних повноважень із суб'єктами господарювання в частині перегляду умов підключення органів державної влади до глобальних мереж передачі даних; установлення для суб'єктів господарювання, які мають намір провадити (провадять) діяльність у сфері телекомунікацій, порядку доступу та використання об'єктів інфраструктури для розвитку телекомунікаційної мережі загального користування України з метою задоволення потреб споживачів телекомунікаційних послуг.

Розвиток та сприяння функціонуванню сфері телекомунікацій пришвидшить взаємодію між органами державного нагляду, подання податкової звітності, удосконалить процедури технічного регулювання щодо питань ведення бізнесу, отже з часом відбуватиметься оптимізація процедур регулювання господарської діяльності та процедур адміністративного регулювання діяльності суб'єктів господарювання, що покращить і полегшить ведення господарської діяльності.

### **Література:**

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 березня 2015 р. № 357 "Про затвердження плану заходів щодо дерегуляції господарської діяльності". - Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/615-2016-%D1%80/card6#Public>
2. Мадзігон В. Підприємництво та підприємство, вибір підприємницької ідеї та реєстрація підприємства / В. Мадзігон // Молодь і ринок. – 2013. - №6. – С. 33-38.

## **ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ЕКОНОМІКИ**

*Визначено значення сучасних телекомунікаційних технологій як передумови інноваційного ефективного економічного розвитку економіки шляхом зняття інформаційної невизначеності різного характеру і досягнення економічного ефекту від господарської діяльності.*

*S. Legominova*

## **THE IMPLEMENTATION OF TELECOMMUNICATIONS TECHNOLOGIES AND INNOVATIVE ECONOMIC DEVELOPMENT**

*Determined values of modern telecommunications technologies as a prerequisite for effective innovative economic development of economy by removing the uncertainty of various kinds of information and the achievement of economic effect from the household activity.*

Новації сьогодення викликають трансформувати структури світової та національних економік, переформатовують стратегічні напрямлення соціально-економічного розвитку країн, пріоритети підприємств, взаємовідносини між суб'єктами міжнародних відносин набувають іншого формату.

Вимогами часу є поширення та швидка обробка величезних масивів різноманітної інформації та її передача і вчасне використання при прийнятті управлінських рішень, таку можливість надає подальший розвиток ринку телекомунікацій (ринку фіксованого зв'язку, ринку мобільного зв'язку, ринку обладнання, комп'ютерної техніки та Інтернету), а також ІТ-ринок (ринок обладнання, програмного забезпечення, та всі послуги, пов'язані з ІТ – індустрією: написання програм, їх тестування, веб-дизайн). Щодо галузі інформаційних технологій - це посередницькі послуги, які не пов'язані повністю з виробництвом апаратного та програмного забезпечення, а саме – продаж ліцензій на використання програмного забезпечення, реінжиніринг програмних продуктів, бізнес-консалтинг.

Зняття інформаційної невизначеності (подача якісно нової, стислої достовірної інформації, яка чітко визначена в просторі і часі, а також чітко відповідає вимогам споживача) в мінливому економічному просторі має дозволити консолідувати ресурси та отримувати синергетичний ефект в економіці.

Інноваційний економічний розвиток підприємства – це процес цілеспрямованого, послідовного руху підприємства до збалансованого інноваційного стану під впливом синергетичної дії зовнішніх та внутрішніх факторів, що визначають стійкість організаційно-функціональної системи підприємства в умовах ринкової економіки, який характеризується результатом якості досягнутих результатів в залежності від інтенсивності та швидкості інноваційних процесів на підприємстві.

Внутрішня і зовнішня конкуренції обумовлюють інноваційну діяльність підприємства, яка орієнтована на стратегічний успіх. Тому важливим є питання оцінки ефективності цієї інноваційної діяльності. Сприймаючи ефективність як поняття комплексне, можна говорити про різні види ефективності, в тому числі стосовно до інноваційного процесу, з позиції результативності інноваційної діяльності, її адаптивної успішності в досягненні як цільових установок, так і проміжних і побічних ефектів. Підвищуючи ефективність управління інноваційною діяльністю за рахунок обліку всього комплексу її результатів можна досягти високого рівня конкурентоспроможності та зростання інвестиційної привабливості підприємств.

Ринок не завжди забезпечує ефективний розподіл ресурсів, що говорить про його неефективність (неспроможність, недосконалість). Причинами неефективності на думку Стігліц Дж. є зовнішні ефекти, неефективна конкуренція та неповні ринки, блага колективного вжитку та асиметрична інформація [1].

Сучасний економічний суб'єкт в процесі діяльності контактує з різними видами невизначеності:

- 1) кон'юнктурною – зумовлена змінами об'єкта на національному та глобальному рівнях господарювання, що розповсюджуються на рівень регіонів і окремих господарських суб'єктів;
- 2) інституціональною – породжується розбіжністю, запізнюванням або випередженням формальних і неформальних обмежень та стимулів і механізмів як об'єктів регулювання;
- 3) часовою – припускає вплив ретроспективних, поточних і перспективних змін на стан об'єкта;
- 4) ресурсною – пов'язана з нераціональним розподілом і зміною потреб під впливом технологічної невизначеності;
- 5) політичною – пов'язана з трансформацією політичних установок, що визначають функціонування господарських суб'єктів.

Всі види невизначеностей тісно пов'язані між собою, і на практиці не завжди можна відмежувати одну від іншої, що значно ускладнює процес прийняття рішень і може призвести до непередбачуваних результатів [2].

Активна імплементація інформаційно-комунікаційних новітніх технологій дозволить знизити невизначеність та асиметрію інформації та строки її передачі.

Безперервний прогресивний розвиток інфокомунікаційних технологій - втілення бездротового зв'язку, в основі яких лежать стандарти стільникового зв'язку GSM і CDMA, а також стандарти систем передачі даних IEEE 802. Два незалежні напрямки – системи телефонного зв'язку та системи передачі даних (Wi-Fi, WiMAX) мають тенденцію до зближення та злиття своїх функцій. Обсяг пакетних даних у мережах зв'язку третього покоління (3G, 4G) вже перевищує обсяг голосового трафіку, що пов'язано з впровадженням новітніх технологій. У свою чергу, сучасні мережі передачі інформації обов'язково забезпечують заданий рівень якості послуг для різних видів трафіку. Реалізується підтримка пріоритетів окремих потоків інформації, причому як на мережевому/транспортному рівнях (на рівні TCP/IP), так і на MAC-рівні.

У зв'язку з цим саме поняття мереж третього, четвертого (3G, 4G), а також їх конвергенції нерозривно пов'язано зі створенням універсальних мобільних мультимедійних мереж передачі інформації.

Остане десятиріччя доходи ринку інфокомунікаційних технологій в рази збільшуються.

Частка ІКТ у світовому ВВП дорівнюватиме майже 6,2% (порівняно з часткою в 5% у 2013 році) [3]. Даний показник відображає стрімке зростання значимості ринку інформаційно-комунікаційних послуг як для розвитку світової економіки, так і для подальшого розвитку суспільства в цілому. Аналіз тенденцій світового телекомунікаційного ринку також підтверджує зростання ролі провідних ІКТ технологій у розвитку світової економіки.

Розвиток новітніх інфокомунікаційних технологій обумовлює нові сфери в економіці. Кількість малих та середніх підприємств залучених у ній як в світі, так і в розвинених регіонах – активних рушіях розвитку ІКТ – інфраструктури, свідчить про вплив нових сфер ведення бізнесу на подальше переформатування сучасного світового економічного порядку.

**Література:**

1. Стігліц Дж. Е. Економіка державного сектора / Дж. Е. Стігліц. – Київ: Основи. – 1998. – 854 с.
2. Лебедева Ю. Н. Теоретические подходы к классификации асимметрии информации как экономического феномена / Ю. Н. Лебедева // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 3. Экономика. Экология. – 2011. – № 1 (18). – С. 25–31.
3. Сайт аналітичної та фінансової інформації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.statista.com/statistics/268295/forecast-on-the-gdp-growth-by-world-regions>
4. Ладиченко К. І., Тронько В.В. Сучасні тенденції розвитку світового ринку інформаційно-комунікаційних послуг / К.І.Ладиченко, Тронько В.В. // Ефективна економіка. – 2015. – № 2. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3830>

Пархоменко В. Л. к. т. н., доц.,  
Сайко В. Г. д. т. н., проф.,  
Кравченко В. І., асп.,  
Державний університет телекомунікацій,  
Київ

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРСПЕКТИВНИХ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКОНОМІЧНИХ КРИТЕРІЙ

Серед різних критеріїв вибору інформаційних систем розглянуто критерій приведених витрат, як найбільш доцільний показник для порівняння конкурентоспроможності систем. Проведено аналіз розвитку показників і характеристик інформаційних систем, а так само розглянуті підходи для визначення параметрів ймовірності, надійності і оперативності обробки інформації в кожній з підсистем і системи в цілому.

**Ключові слова:** інформаційна система, розвиток технологій, параметри системи, економічні показники, конкурентоспроможність системи

Питання формування критерію вибору раціональних інформаційних систем є дискусійним. Його рішення має різні точки зору та породжує науково-практичні дискусії. Зазвичай для визначення відповідності інформаційної системи (ІС) потрібним вимогам досить мати чітке уявлення про стратегію розвитку підприємства, контекстного опису і формалізованого опису його діяльності. Якщо компоненти, необхідні для вибору системи відсутні, то їх включають в етап підготовки вихідних даних для вибору системи.

Технічний процес в різних галузях промисловості в значній мірі зумовлений ефективністю управління виробництвом, що викликає необхідність удосконалення шляхів побудови інформаційних систем. Цей процес визначається досвідом побудови систем, накопиченим за попередні роки, та завданнями, які ставляться в галузі створення ІС. Параметри ІС визначають вимоги від виробництва з питань оперативності (С), достовірності (Д) та надійності обробки інформації ( $\lambda$ ).

Визначено, що найбільш часто застосовуваним є економічний критерій. В статті запропоновано та розглянуто критерій приведених витрат, як найбільш доцільний показник для порівняння конкурентоздатних систем. Для цього приймемо приведені витрати на обробку відповідно до графіку надходження і споживання об'ємів інформації (НСО).

Тоді приведені витрати на  $i$ -й функціональний перетворювач (ФП), що входить до складу ІС визначається за формулою:

$$S_i = \frac{E_H}{Q} \cdot K_i + \mathcal{E}_i \quad (1)$$

$E_H$  - коефіцієнт окупності капітальних витрат;

$K_i$  - капітальні витрати (одночасні витрати) на  $i$ -й ФП;

$Q$  - кількість обробок ІС графіка НСО (в рік);

$\mathcal{E}_i$  - експлуатаційні витрати (витратний матеріал, зарплата в кожену одиницю часу) на  $i$ -м ФП при обробці графіка НСО.

Як відомо, система складається з технологічно обґрунтованого набору функціональних перетворювачів (ФП). Із сукупності наявних ФП  $i$ -го типу необхідно вибрати конкретний функціональний перетворювач з параметрами  $C_i, D_i, \lambda_i$ , які задовольняють вимогам визначеним для ІС. Часто може виявитися, що існуюча множина ФП  $i$ -го типу не містить пристроїв з раціональними параметрами. На практиці виникає необхідність, з метою зменшення кількості приладів при проектуванні ІС, знайти їх доцільні параметри. У зв'язку із цим складові формули (1)  $K_i$  і  $\mathcal{E}_i$  необхідно представити явно



вираженими функціями параметрів надійності  $\Lambda_i$ , достовірності  $D_i$ ; і швидкості обробки інформації  $C_i$ .

### **Висновки**

Основна мета промислової автоматизації об'єктів будь-якої складності - підвищення економічного ефекту при виробництві тієї чи іншої продукції. Тому в задачах впровадження інформаційних систем завжди важливим є питання ціни (вартість впровадження або вдосконалення системи) - якість (якість продукції, що випускається, а також економія матеріальних і енергетичних ресурсів виробництва)..

Проведені дослідження дозволяють:

1. Сформувані точку зору на критерій вибору, який включає програмо-технічні параметри ІС та встановлює взаємозв'язок між ними.
2. Об'єднати технічні і економічні показники та розкрити їх суть.
3. Сформувані вимоги до перспективних засобів обробки інформації що дозволить мінімізувати ресурси держави до створення інформаційних систем.
4. Сформувані філософське підґрунтя для навчальних процесів, в яких показана єдність інформаційних процесів, матеріальних та економічних ресурсів для створення ІС на рівні підприємства і держави.

Для того щоб правильно орієнтуватися в питанні створення ІС, інформація повинна бути повною і точною. Завдання отримання повної і точної інформації про природу створення ІС є актуальною задачею, яка вимагає глибоких подальших наукових досліджень.

### **Література**

1. Пархоменко В.Л. , Сайко В.Г., Кравченко В.І. «Розробка економічних критерій для порівняння конкурентоспроможних варіантів інформаційних систем» // Зв'язок.– №5.– 2017. Подано до друку.
2. В.В. Герасимов, Л.С. Минина, А.В. Васильева // Информационные технологии производственных систем: Учеб. пособие. – Новосибирск: НГАСУ, 2001.
3. И.В. Чернышев, А.Н. Никулин, Д.Н. Расторгуев // Информационные системы в экономике, УлГТУ, 2009.
4. Е.А. Ракитина, В.Л. Пархоменко // Информатика и информационные системы в экономике. Часть 1. – Тамбов: изд-во Тамб. Гос. Техн. Ун-та, 2005.

*Стрилецкий Д.Ф., студент  
Государственный университет телекоммуникаций,  
г. Киев*

## **ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ НА РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ОБЩЕСТВЕННОСТИ И ЛИЧНЫЙ ПРОЕКТ КАК ПРИМЕР**

*Возможности 4G и его скорость. Мессенджер Telegram и его инструмент для решения задач в виде ботов. DuttyBot – пример бота в реальной жизни на основе доступа к расписанию университета. Инструменты для разработки.*

4G, как и его предшественники, как и его будущие последователи – это неизменный доступ к инструментам обмена информацией: передавать потоковое видео очень высокого качества, загружать большие файлы в мгновение ока и даже, в определенных условиях, использовать некоторые из этих сетей как замену DSL. К четвертому поколению принято относить перспективные технологии, позволяющие осуществлять передачу данных со скоростью, превышающей 100 Мбит/с — мобильным и 1 Гбит/с — стационарным абонентам.

Telegram – бесплатный кроссплатформенный мессенджер для смартфонов и других устройств, позволяющий обмениваться текстовыми сообщениями и медиафайлами различных форматов. Используется проприетарная серверная часть с закрытым кодом, работающая на мощностях нескольких компаний США и Германии, финансируемых Павлом Дуровым.

При помощи специального API сторонние разработчики могут создавать «ботов», специальные аккаунты, управляемые программами. Типичные боты отвечают на специальные команды в персональных и групповых чатах, также они могут осуществлять поиск в интернете или выполнять иные задачи, применяются в развлекательных целях или в бизнесе. В сентябре 2015 года Павел Дуров заявил о скором появлении возможностей монетизации и размещения рекламы в ботах.

DuttyBot – один из примеров ботов, созданный для решения проблемы недоступности расписания университета на мобильных устройствах. Пользователи могут иметь в распоряжении ряд функций: расписание на сегодняшний и завтрашний день, время пар, удобный интерфейс, отзывчивость автора, возможность оставить отзыв и предложения, а также следить за разработкой и новостями.

Для создания DuttyBot использовался язык программирования Python (версия 3.5+), разного рода API и библиотеки в свободном доступе, облачная платформа Heroku, базы данных PostgreSQL и разного рода дополнительные минорные инструменты.

*Танащук К. О., к.е.н., доц.,  
Одеський національний політехнічний університет,  
Науково-дослідний центр  
«Телекомунікації без меж», м. Одеса  
Ващенко О.П., аспірант,  
Держаний університет телекомунікацій,  
м. Одеса*

## **МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВАРТОСТІ РОЗМІЩЕННЯ РАДІОПЕРЕДАВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ТЕХНОЛОГІЙ 3-4G**

*Запропоновано методикау визначення плати за розміщення радіопередавального обладнання операторів рухомого (мобільного) зв'язку. Методика може застосовуватися в процесі впровадження сучасних телекомунікаційних послуг мереж 4G і 5G. Визначено основні класи, види та групи послуг та методи розрахунку собівартості послуг при розміщенні обладнання мереж 3G.*

*Tanashchuk K.O., Vashchenok O.P.*

## **METHOD OF CALCULATION FEE FOR PLACING RADIO EQUIPMENT IN THE PROCESS OF IMPLEMENTING TECHNOLOGIES 3-4G**

*The method of determining the fees for placing radio equipment mobile operators. The method can be used in the implementation of modern telecommunications networks 4G and 5G. The basic classes and types of services and methods of calculating the cost of services while placing network equipment 3G.*

В процесі розвитку мереж рухомого (мобільного) зв'язку оператори телекомунікацій України зіштовхуються з проблемою визначення розмірів плати за розміщення власних мереж на об'єктах житлового та нежитлового фонду. Законодавча невизначеність цього питання особливо ускладнює взаємодію мешканців, управляючих компаній, комунальних підприємств та операторів при розміщенні сучасного обладнання мереж 3G, що в свою чергу, створюватиме аналогічні проблеми впровадження в Україні технологій 4-5 G.

Відповідно до чинного законодавства [1] плата за розміщення обладнання телекомунікаційних мереж доступу в т.ч. рухомого (мобільного) зв'язку здійснюється операторами на користь власників об'єктів житлового та нежитлового фонду, а також місцевих комунальних підприємств, управляючих або керуючих компаній, що здійснюють їх експлуатацію. З метою усунення зазначених проблем, а також на основі [2] було розроблено Методикау розрахунку плати за послуги моніторингу та розміщення телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку на об'єктах житлового та нежитлового фонду.

Алгоритм методикау передбачає:

1. Визначення класів та видів послуг.
2. Формування принципів розрахунку плати з урахуванням розподілу послуг на разові та щомісячні.
3. Визначення розмірів поточних експлуатаційних витрат з обслуговування об'єктів мереж рухомого (мобільного) зв'язку для розрахунку собівартості відповідних класів та видів послуг.
4. Визначення розмірів інвестиційних витрат, що пов'язані з модернізацією, реконструкцією та розвитком інфраструктури об'єктів житлового та нежитлового фонду, що використовуються для розміщення обладнання мереж рухомого (мобільного) зв'язку.

Відповідно до процесу надання та отримання плати послуги з розміщення телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку було розподілено на такі класи:

*Клас 1. - Разові послуги з моніторингу розміщення телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку – це послуги з видачі дозвільних документів для розміщення суб'єктами господарювання на договірній основі обладнання власних телекомунікаційних*

мереж рухомого (мобільного) зв'язку та внесення даних в реєстр об'єктів телекомунікаційних мереж;

*Клас 2. - Щомісячні послуги з розміщення телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку – це послуги надання суб'єктам господарювання у обмежене користування об'єктів житлового та нежитлового фонду для розміщення обладнання телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку, їх реконструкція та будівництво.*

За процесом реалізації послуги Підприємства з розміщення телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку було розподілено на такі групи:

*Клас 1: Група 1: Моніторинг розміщення обладнання телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку – виконання комплексу робіт з визначення можливості та вимог до розміщення телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку.*

*Клас 2: Група 2.1.: Розміщення обладнання телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку на об'єктах житлового та нежитлового фонду;*

Відповідно до кожного класу та групи формуються такі види послуг Підприємства для суб'єктів господарювання (див. табл.1.)

Таблиця 1

Види послуг з моніторингу та розміщення телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку

Класи послуг	Групи послуг	Види послуг
1. Разові послуги	1.1.Моніторинг	1.1.1. Видача Технічних умов на розміщення обладнання телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку
		1.1.2. Укладання договору на розміщення обладнання телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку
2. Щомісячні послуги	2.1.Розміщення	2.1.1. Користування об'єктами розміщення обладнання телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку
		2.1.2. Реконструкція та будівництво об'єктів розміщення телекомунікаційних мереж рухомого (мобільного) зв'язку

При визначенні підходів до формування плати за разові послуги Класу 1. було застосовано методологію визначення розміру плати на основі собівартості, що розраховується відповідно до трудовитрат персоналу підприємства, що експлуатує об'єкти житлового та нежитлового фонду.

При визначенні підходів до формування плати за Послуги Класу 2. групи 2.1. «Розміщення», виду 2.1.1. було застосовано методологію визначення вартості об'єкту розміщення з урахуванням опосередкованої вартості будівництва одного квадратного метру площі.

При визначенні підходів до формування плати за Послуги Класу 2. групи 2.1. «Розміщення», виду 2.1.2. застосовується методологія визначення собівартості на основі економічно обґрунтованих поточних витрат із забезпеченням повернення інвестиційних витрат на основі додаткових договірних відносин із суб'єктами господарювання.

Розроблена методика дозволяє прозоро формувати розрахунок розмірів плати за розміщення обладнання мереж рухомого (мобільного) зв'язку та створити організаційно-економічні умови для розвитку та впровадження нових видів послуг на базі технологій 4G та 5 G.

### Література

1. Закон України «Про особливості здійснення права власності у багатоквартирному будинку» від 14.05.2015 р. № 417-VIII.

2. Танащук К.О., Філіпова О.І. Методологія побудови класифікатора експлуатаційних витрат операторів телекомунікацій / К.О. Танащук, О.І. Філіпова // Праці Од. нац. політ. унів. та. – Вип. 2 (32).– 2009. – С. 289-293.

*Танащук К.О., к.е.н., доц.,  
Одеський національний політехнічний університет,  
Науково-дослідний центр «Телекомунікації без меж», м. Одеса  
Степанюк З. А., аспірант,  
Державний університет телекомунікацій, м. Одеса*

## **ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ ОПЕРАТОРІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ В ПРОЦЕСІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 4G І 5G**

*Обґрунтовано необхідність оновлення підходів до планування чисельності персоналу операторів телекомунікацій в процесі впровадження сучасних телекомунікаційних послуг мереж 4G і 5G. Визначено основні показники планування чисельності персоналу операторів телекомунікацій в процесі впровадження новітніх технологій.*

*Tanashchuk K.O., Stepaniuk Z.A.*

## **PROBLEMS OF THE HUMAN RESOURCE MANAGEMENT FOR TELECOMMUNICATIONS OPERATORS IN COURSE OF 4G AND 5G TECHNOLOGY**

*The article substantiates the need to update approaches to planning headcount telecommunications operators in the introduction of modern telecommunications networks 4G and 5G. Key figures headcount planning of telecommunications operators in the implementation of new technologies determined*

Суттєві організаційно-економічні та технологічні зміни, що відбуваються останні 5–10 років в сфері телекомунікацій, розвиток конкуренції та широкомасштабне впровадження технологій NGN, 3G, 4G і 5G, змушують операторів телекомунікацій приділяти значну увагу довгостроковим аспектам планування персоналу. За таких умов оператори телекомунікацій відчують потребу у якісно новому персоналі, що здатний забезпечити не тільки побудову та експлуатацію сучасних мереж електронних комунікацій, але й окупність інвестицій, підвищення економічної ефективності продажу нових видів послуг, конкурентні переваги в просуванні на високотехнологічні ринки телекомунікаційних послуг.

Зазвичай кожний оператор телекомунікацій застосовує певні підходи до планування персоналу, проте частіш за все цьому процесові бракує науково-методичного обґрунтування. Як показує світовий досвід, довгостроковий успіх будь-якого оператора телекомунікацій, беззаперечно, залежить від наявності необхідних працівників у необхідний час на правильно визначених посадах. Досягнення стратегічних цілей мають значення лише тоді, коли над їх реалізацією працюють працівники відповідної кваліфікації.

У класичній економічній теорії методи планування чисельності персоналу ґрунтуються на аналізі виробничих трудових витрат. Для того, щоб організувати планування персоналу в сфері телекомунікацій, працівники кадрових служб повинні здійснювати моніторинг динаміки персоналу. На підставі аналізу [1-4] було визначено наступні основні показники.

1. Структура співробітників по категоріях:

- кількість працівників виробничого персоналу на одного працівника невиробничого персоналу;
- кількість працівників виробничого персоналу на одного працівника адміністративного персоналу;
- відношення кількості адміністративних працівників до загальної чисельності персоналу.

Ці показники розглядаються або в ретроспективі, або в порівнянні з показниками конкурентів, або в середньому по галузі, завдяки чому встановлюється відповідність між категоріями співробітників та виробничими процесами оператора.

2. Вікова структура співробітників. Необхідно відслідковувати динаміку вікової структури по категоріях співробітників, окремим підрозділам, спеціальностям, що з дозволяє більш ефективно управляти процесами формування кадрового резерву, професійного навчання та підвищення кваліфікації співробітників.

3. Освітня структура. Аналогічно віковій структурі організації аналізують склад співробітників за рівнем отриманої освіти для визначення кваліфікаційного рівня персоналу. Цей показник безпосередньо зв'язаний з визначенням якості персоналу оператора телекомунікацій.

4. Стаж роботи – показник стабільності персоналу.

5. Плинність кадрів. Існує декілька методів розрахунку плинності, найпоширеніший – відношення числа співробітників, що покинули організацію, за винятком звільнених по скороченню штату, до середнього числа працюючих протягом року. Чим вище показник плинності, тим нижче стабільність персоналу організації. Для керівництва операторів телекомунікацій важливий не стільки сам показник плинності кадрів, але й причини, за яких люди залишають організацію. Тому відділ кадрів повинен проводити аналіз причин плинності й виявляти найбільш серйозні з них.

6. Витрати на одного співробітника – цей показник визначає обсяги витрат на одного співробітника протягом року.

7. Витрати на одну продуктивну годину – цей показник визначає вартість однієї години продуктивної праці з позиції витрат на робочу силу та розраховується як загальні витрати на робочу силу, розділені на загальне число продуктивних годин за певний період. Показник витрат на одну годину продуктивної праці широко використовується не тільки для аналізу ефективності використання персоналу, але й при плануванні, наприклад, визначенні витрат на впровадження нових видів послуг на базі технологій NGN, 3G, 4G і 5G .

Ефективне планування персоналу можливе за умови коли кадрові служби та підрозділи економічного планування операторів телекомунікацій зорієнтовані на спільне вирішення наступних задач:

- аналіз та прогнозування перспективних потреб у персоналі по категоріях;
- вивчення та аналіз ринку праці висококваліфікованих фахівців, розробка заходів щодо його використання;
- аналіз штатного розпису та структури організації посад працівників оператора телекомунікацій;
- розробка програм та заходів щодо підвищення ефективності роботи персоналу.

Особливістю застосування сучасних принципів планування персоналу є те що вони не достатньою мірою формалізовані, особливо це стосується аналізу структури наявного персоналу, встановлення її відповідності організаційним та виробничим процесам, а також довгострокового прогнозування потреби у персоналі.

Виходячи з цього, основне завдання в процесі управління персоналом операторів телекомунікацій в процесі впровадження сучасних технологій NGN, 3G, 4G і 5G, має полягати в розробці формалізованої методики розрахунку потреби та прогнозування чисельності персоналу в процесі вивільнення робочих місць при відмові від телекомунікаційних послуг, що надаються за старими технологіями, на користь високотехнологічних.

### Література

1. Журлов А.Н., Ковбасюк М.Р. *Анализ эффективности использования трудовых ресурсов предприятия.* – Киев, 1998. – 152 с.
2. Зудина Л.Н. *Организация управленческого труда.* – М., 1997. – 256 с.
3. Пушкарев Н.Ф. *Кадровый менеджмент: зарубежный и отечественный опыт.* – М.: Хронограф, 1996. – 81 с.

## СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК КОНКУРЕНТНА ПЕРЕВАГА ПІДПРИЄМСТВА

*Розглянуто сучасні інформаційні технології у контурі конкурентоспроможності підприємства та генерування конкурентних переваг. Обґрунтовано, що впровадження новітніх інформаційних технологій відкриває нові можливості для ефективного вирішення основних завдань підприємства.*

Останнім часом, інформаційні технології стали одним з найважливіших факторів, що впливають на розвиток підприємств. Вже ні в кого не викликає сумніву той факт, що рух до інформаційного забезпечення менеджменту підприємств – це шлях до лідируючих позицій на ринку, прагнення бути обізнаним першим щодо змін, які відбуваються в полі діяльності їх інтересів. Слушним вважаємо, що конкурентоспроможність підприємства – це його здатність підтримувати стійкі позиції на ринку, функціонувати прибутково, бути привабливим для інвесторів, заслужити добрий імідж серед споживачів та різноманітних суб'єктів господарювання [1]. Конкурентна перевага – рівень ефективного використання наявних у розпорядженні фірми (а здобувають також для майбутнього споживання) всіх видів ресурсів. Конкурентні переваги є концентрованим проявом переваги над конкурентами в економічній, технічній, організаційній сферах діяльності підприємства, які можна виміряти економічними показниками (додатковий прибуток, більш висока рентабельність, ринкова частка, обсяг продаж). Необхідно особливо підкреслити, що конкурентну перевагу не можна ототожнювати з потенційними можливостями компанії. На відміну від можливостей, – це факт, що фіксується в результаті реальних й очевидних переваг покупців. Саме тому в практиці бізнесу конкурентні переваги вважаються метою й результатом діяльності.

Тему конкурентних переваг протягом багатьох десятиліть досліджувало чимало вчених. Це такі як О.В. Виноградова, А.В. Войчак, О.Є. Гудзь, І. Коломоєць, П.А. Стецюк та інші.

Конкурентні переваги — це сукупність ключових відмінних від суперників чинників успіху, які сприяють забезпеченню підприємству стійкої лідируючої конкурентної позиції на ринку на певний період [2]. Тобто, головна вимога – відмінність від конкурентів повинна бути реальною, виразною, суттєвою.

До характерних рис та ознак ІТ, як конкурентних переваг підприємства, слід віднести:

- входження в глобальний інформаційний простір, що забезпечує ефективне інформаційне забезпечення, доступ до світових інформаційних ресурсів і задоволення своїх потреб в інформаційних продуктах і послугах;
- становлення та наступне домінування в економіці нових технологічних устроїв, що базуються на масовому використанні ІТ, які ведуть до появи нових форм економічної діяльності (е-комерція, дистанційне співробітництво тощо);
- участь у розвитку ринку інформації та знань, як факторів виробництва на додаток до ринків природних ресурсів, праці й капіталу, перехід інформаційних ресурсів підприємства в реальні ресурси економічного розвитку й перетворення інформації в товар;
- підвищення рівня професійного розвитку за рахунок розширення можливостей систем інформаційного обміну, підвищення ролі кваліфікації, професіоналізму та здібностей як найважливіших характеристик послуг праці;

Як засвідчує світовий досвід, успішне просування сучасних інформаційних технологій, визначається передусім тими цілями та пріоритетами, які є стратегічно – перспективними для кожного підприємства.

Цілеспрямованість до інформатизації, має виражатися насамперед у бажаннях реалізувати свої можливості на більш широких просторах діяльності, у вірогідності отримання інформації, у розвитку індустрії та інфраструктури інформаційних і телекомунікаційних послуг. Це диктує необхідність конвергенції, тісної взаємодії всіх складових процесів інформатизації.

Можна вважати, що рівень конвергенції інформаційних і комунікаційних технологій, узгодження процесів розвитку зв'язку та інформатизації є базовими чинниками просування підприємства до інформатизації виробництва. Необхідність вирішення проблеми переходу до інформаційного забезпечення підприємства, вимагає істотного посилення регулюючого впливу з боку керівництва на процеси інформатизації.

Інформаційні технології дозволяють підприємству вирішувати наступні завдання:

- удосконалення і розвиток політики інформатизації підприємства, а також самої бази забезпечення цих процесів;
- активна участь вищого керівництва у розвитку і модернізації існуючих інформаційних технологій і засобів їхньої реалізації;
- інформаційна підтримка діяльності окремих структурних підрозділів на основі сучасних інформаційних технологій та інтелектуальних систем;
- формування і розвиток спеціалізованої внутрішньої структури надання інформаційних і телекомунікаційних послуг, у стратегічно-значимих підрозділах;
- підвищення якості та конкурентноздатності інформатизації продукції.

Вирішення цих масштабних завдань буде означати реальне перетворення інформації і знань у справжній ресурс економічного й стратегічного розвитку підприємства. Рух за обраним шляхом дозволить створити нові види діяльності, сформувати нові типи відносин як у сфері бізнесу, так і у сфері індивідуальної праці, підсилити інтелектуальний, творчий потенціал працівників. Це особливо важливо для перемоги в конкурентному просторі сучасних економічних відносин.

Отже, встановлені стратегічні напрями розвитку ІТ в менеджменті підприємства, визначають конкретні заходи, а саме:

- розробка технічних і споживчих вимог до інформаційних технологій і засобів їхньої реалізації, що використовуються для вирішення завдань нарощення конкурентних переваг підприємства;
- розширення клієнтської бази і внутрішньої інформаційної підтримки;
- просування проектів, які вимагають зовнішньої підтримки;
- розвиток комплексів інфокомунікаційних послуг для можливості доступу до національних та світових інформаційних ресурсів.

Вважається, що вимоги, які лежать в основі сучасних ІТ щодо систематизації зв'язків, повинні стати надбанням кожного керівника. Цими вимогами є:

- досягнення нерозривного зв'язку між оперативним, статистичним і бухгалтерським обліком;
- мінімізація інформаційного шуму, асиметрії та обмеження інформаційної надмірності;
- забезпечення нерозривного зв'язку між комплексним первинним обліком і прийняттям рішень на всіх рівнях ієрархії управління;
- раціоналізація системи оцінних показників відповідно до цільової функції управління;
- розмежування контурів управління, мінімізація їх перетинань і суміщень;
- відділення рутинного опрацювання масових даних від творчої частини аналізу і підготовки рішень, переклад опрацювання масових даних на комп'ютерні технології.

Водночас, впровадження сучасних інформаційних технологій на підприємстві вимагають радикальної зміни кадрової політики. Таким чином, впровадження інформаційної системи відкриває нові можливості для ефективного вирішення основних завдань



підприємства, оскільки дозволяє реалізувати програми ресурсозбереження, сприяє зниженню експлуатаційних витрат на утримання систем зв'язку, збільшенню продуктивності праці, поліпшенню якості послуг і підвищенню прибутковості.

### **Література**

1. Шевельова С.О. Конкурентоспроможність молочного підкомплексу [С.О. Шевельова]. Монографія – Тернопіль: Збруч, 2001. – 408 с.
2. Близнюк С.В, Остапенко А.В. Конкурентний потенціал підприємництва як категорія сучасних економічних досліджень / С.В Близнюк, А.В. Остапенко / Інвестиції: практика та досвід.-2011.-№7.-с. 41-42.

Шевченко Г. В., к.т.н.  
Шевченко С. М., к.пед.н,  
Дахно Н. Б.

Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ СТРАТЕГІЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ В УМОВАХ НЕПОВНОЇ ВИЗНАЧЕНОСТІ

*Розроблено методикку оцінки ефективності альтернативних стратегій рекламування в умовах конкуренції і неповної інформованості за допомогою точкових і інтервальних оцінок результатів рішень щодо застосування тієї, чи іншої стратегії у разі передбачуваних дій конкурента, якими є значення функції корисності на множині виходів. Представлено якісні властивості методів оцінки, а також схему обчислення в якій використовується структура абстрактної мережі, яка лежить в основі даної задачі.*

Ефективність інвестування в інформаційну технологію таргетингу – це величина, що характеризує відношення витрачених інвестицій таргетингового спрямування та одержаних вигід з врахування впливу фактору часу та мінімізації ризиків [1]. Для визначення доцільності використання таргетингу з метою просування інноваційних продуктів та ІТ-послуг, використані методи теорії системного аналізу, зокрема методи системного оцінювання ступеня і рівня ризику під час розкриття невизначеності дій протидіючих сторін. У реальних умовах протидії сторін зазвичай наявна взаємна дезінформація: обравши одну стратегію, кожна сторона удає, що прийнята інша стратегія [2]. Звідси випливає, що ступінь ризику у разі протидії сторін залежить, як від ймовірності вибору супротивником певної стратегії, так і від ймовірності розпізнавання прийнятого рішення. Рівень ризику визначає розмір збитку кожного гравця. Між альтернативами і множиною варіантів немає взаємооднозначної відповідності. Тобто кожній альтернативі ставиться у відповідність множина виходів  $z_{ij} = g(x_{i1}, x_{j2}), i=1, \dots, n, j=1, \dots, n$ , де  $x_{i1}$  – альтернатива, обрана першою компанією, а  $x_{j2}$  – альтернатива конкуруючої компанії. Ефективність альтернативних стратегій рекламування в умовах конкуренції і неповної інформованості знаходиться за допомогою точкових і інтервальних оцінок результатів рішень щодо застосування тієї, чи іншої стратегії у разі передбачуваних дій конкурента, якими є значення функції корисності на множині виходів [3]. В якості функції корисності компанії обрано загальний прибуток  $P_a$ , оскільки він досить легко може бути зведеним до грошового виміру, отже  $E(x) = [P_a(z)]^*$ . Результати  $z_k (k=1, \dots, m)$  вибору стратегії  $x_{i1} (i=1, \dots, n)$  мають корисність  $P(z_{kj}) = g_{ij}^k(x_{i1}; x_{j2}), i=1, \dots, n; j=1, \dots, n$  і призводять до гарантованого прибутку  $g_k^*$ . Тоді економічну ефективність використання кожної стратегії можна знайти за формулою:  $E(x) = \max_k P(z_k)$ .

Для розкриття невизначеності поведінки протидіючих компаній використано два підходи: орієнтування на досягнення гарантованого результату за найгірших умов і орієнтування на найімовірніший варіант поведінки конкуруючої компанії і забезпечити собі найкращий результат за цих умов. Тобто обираються такі параметри рекламування, щоб у найгіршій ситуації мати максимально можливе значення цільової функції. В такому разі для знаходження гарантованого прибутку для кожної з конкуруючих компаній використовується критерій:

$$g_1^* = \max_{x_1} \min_{x_2} g_1(x_1, x_2), \quad g_2^* = \max_{x_2} \min_{x_1} g_2(x_1, x_2)$$

Тоді для першої компанії гарантовано, що при  $x_1 = x_1^*$  за будь-якого значення  $x_2$  виконується умова:  $g_1(x_1^*, x_2) \geq g_1^*$ . І для другої компанії при  $x_2 = x_2^*$  за будь-якого значення  $x_1$  виконується умова:  $g_2(x_1, x_2^*) \geq g_2^*$ .

Для знаходження гарантованих прибутків можна використати табличний, графічний, або класичний метод, який ґрунтується на дослідженні екстремальних властивостей функцій.

Для знаходження абсолютних мінімуму і максимуму функцій, які використані в методі інтервального порівняння, використовується інший критерій:

$$g_1^+ = \max_{x_1} \max_{x_2} g_1(x_1, x_2), \quad g_2^+ = \max_{x_2} \max_{x_1} g_2(x_1, x_2)$$

$$g_1^- = \min_{x_1} \min_{x_2} g_1(x_1, x_2), \quad g_2^- = \min_{x_2} \min_{x_1} g_2(x_1, x_2).$$

Ситуація оцінюється значенням цільової функції в числовому інтервалі, мінімальне значення якого відповідає найгіршій ситуації, а максимальне – найкращій.

Для цільової функції кожної компанії  $g_{ij}(x_1, x_2), i, j = 1, \dots, n$ , інтервальна оцінка подається у вигляді:

$$I_1^-(x_1, x_2) = \frac{g_1(x_1, x_2) - g_1^-}{g_1^+ - g_1^-}; \quad I_1^+(x, y) = \frac{g_1^+ - g_1(x_1, x_2)}{g_1^+ - g_1^-};$$
$$I_2^-(x_1, x_2) = \frac{g_2(x_1, x_2) - g_2^-}{g_2^+ - g_2^-}; \quad I_2^+(x_1, x_2) = \frac{g_2^+ - g_2(x_1, x_2)}{g_2^+ - g_2^-}.$$

Тут  $I_1^-, I_2^-, I_1^+, I_2^+$  є оцінками, які визначають відносний рівень відмінності функцій корисності від їх мінімальних і максимальних значень, відповідно.

$$g_1^- \leq g_1(x_1, x_2) \leq g_1^+; \quad g_2^- \leq g_2(x_1, x_2) \leq g_2^+.$$

Легко перевірити, що  $I_1^- + I_2^+ = 1; I_1^+ + I_2^- = 1$ . Тобто, достатньо отримати одну оцінку для кожної функції і заздалегідь визначити, або задати допустиму нижню межу.

Таким чином, для оцінки ефективності альтернативних стратегій рекламування в умовах неповної визначеності потрібно:

- визначити виходи по кожній стратегії;
- побудувати функцію загального прибутку на множині результатів застосування кожної стратегії;
- для кожної стратегії розрахувати її гарантоване та абсолютні граничні значення;
- виконати інтервальне порівняння.

Оскільки точно невідомі ймовірності появи станів зовнішнього середовища, більш надійним буде використання максимінного критерію для знаходження гарантованого прибутку. Кращою альтернативою є та, у якої мінімальний елемент найбільший. Обрана за цим критерієм альтернатива повністю виключає ризик. Для знаходження абсолютного максимуму і мінімуму використовують відповідно максимаксний і мінімінний критерії. Кращою альтернативою буде та, у якої максимальний елемент найбільший і мінімальний елемент найменший.

## Література

1. Chatterjee P., Hoffman D.L., Novak T.P. Modeling the clickstream: implications for web-based advertising efforts / P. Chatterjee, D.L. Hoffman, T.P. Novak // *Marketing Science* 22. - 2003. - P. 520–541
2. Яковенко Л.І Прогнозування рекламного ефекту методом комплексної оцінки ефективності реклами / Л.І. Яковенко, В.В. Ковалевська // *Економіка і регіон*, 2012. – № 2 (33). – С.63 – 70.
3. Блудова Т.В. Моделювання економічного ризику для оцінювання рівня економічної безпеки регіонів [Електронний ресурс] / Т.В. Блудова, Д.Р. Черевко // *Бізнес Інформ*. 2014. – № 8. – С. 94 – 98. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf\\_2014\\_8\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2014_8_17)

*Щербина В. В., аспірант,  
кафедра Менеджменту,  
Державний університет телекомунікацій,  
м. Київ*

## **КОНКУРЕНТНІ ПЕРЕВАГИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

*Найбільш складним є оцінка міри конкурентоспроможності, тобто виявлення характеру конкурентної переваги порівняно з іншими. Таким чином, рівень конкурентної переваги потрібно оцінювати щодо відповідної фірми-лідера. Одним із головних завдань підприємства є поліпшення показників фірми, щоб підсилити наявні переваги, наприклад, більш ефективно експлуатувати виробничі потужності або організувати більш гнучке обслуговування клієнтів. Тоді конкурентам буде ще сутужніше обійти їх, для цього їм буде потрібно терміново поліпшувати власні показники, на що в них може просто не вистачити сил.*

Сучасні економічні відносини, до яких прагне залучитися переважна кількість вітчизняних телекомунікаційних підприємств, все в більшій мірі концентрують увагу на конкурентних перевагах. Ці конкурентні переваги зводяться до усвідомлення та реального втілення відповідної поведінки підприємств, що характеризується прагненням до постійного вдосконалення процесу поєднання факторів виробництва та управлінських рішень за допомогою зміни своєї свідомості, переорієнтації власної мотивації, спрямованості інтересів, ціннісних орієнтацій, відмінних від колишніх. Хоча питання формування конкурентних переваг телекомунікаційних підприємств і досліджувалося провідними науковцями як вітчизняного, так і закордонного простору, слід зазначити, що вдосконалення вимагає творчого ставлення у контексті з'ясування нових важелів та механізмів впливу на формування конкурентних переваг.

Серед вітчизняних науковців проблематиці формування конкурентних переваг телекомунікаційних підприємств присвячені праці О.Виноградової, О.Гудзь, О.Гусевої, О. Лапко, Л. Федулової, В. Онікієнко та ін.

Забезпечення конкурентоспроможності продукції підприємства можливо досягти, здійснивши для цього: — антимонопольне регулювання підприємницького середовища для забезпечення реструктуризації національних підприємств усіх форм власності.

Реструктуризація має здійснюватися з метою збільшення інноваційного прибутку, зменшення витрат, підвищення частки заробітної плати в ціні інноваційного продукту та інших заходів, що досягаються державою інструментами податкової політики: — впровадження механізмів дієвої інноваційної мотивації на основі прямих і непрямих форм стимулювання з метою підвищення інноваційної складової вітчизняних товарів та послуг; — удосконалення економічних методів регулювання ринкової кон'юнктури для забезпечення пріоритетності формування та розвитку інноваційних підприємств; — усунення диспаритету між цінами на внутрішньому ринку України та світовими цінами на товари і послуги з метою попередження неналежного відшкодування вітчизняних ресурсів (праці, сировини, капіталу тощо); — забезпечення структурної перебудови вітчизняної економіки шляхом стимулювання ефективності інноваційного виробництва та підтримки наукоємних підприємств.

Для забезпечення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств необхідно активізувати діяльність їхнього менеджменту та органів державної влади з нарощування конкурентних переваг інноваційного характеру (за рахунок розвинутих факторів). Це дозволить як підприємствам, так і державі Україна, інтегруватися (на вигідних умовах) у світове співтовариство та забезпечити належний рівень економічної безпеки й добробуту населення.