

Лекція 1 з дисципліни:

„Мережі та системи цифрового радіозв'язку і радіодоступу нового покоління”.

## Тема: Принципи Радіозв'язку.

**Лінія зв'язку, лінія передачі** — сукупність технічних пристроїв і фізичного середовища, що забезпечують передавання електричних сигналів одного, двох або багатьох каналів зв'язку на віддаль. Найпоширеніші електричні лінії передачі поділяють на провідні (кабельні лінії зв'язку, повітряні лінії зв'язку) та безпроводові — радіотехнічні (наприклад, лінії радіорелейного зв'язку). Крім того, є лінії зв'язку звукові (гідроакустичний зв'язок) та оптичні. Для одночасного і незалежного передавання сигналів вдаються до ущільнення лінії зв'язку.

У ширококомовному зв'язку зазвичай використовується однонаправлена передача сигналу від радіостанції до споживача, в телекомунікаціях зазвичай застосовується двосторонній зв'язок, тобто на кожному кінці системи зв'язку є і передавач і приймач. При магістральному зв'язку на далекі відстані через простір і в лініях передачі використовуються так звані ретранслятори, які ставляться вздовж траси. Вони посилюють сигнал, очищають його від завад і передають (ретранслюють) далі.

Радіозв'язок — різновид зв'язку, у котрому носієм інформації є радіохвилі.

Радіохвилі — діапазон електромагнітних хвиль з довжиною хвилі  $10^{10} > \lambda > 5 \cdot 10^{-5}$  м. В експериментах Герца (1888 р.) вперше були одержані хвилі з довжиною кілька десятків сантиметрів. В 1895-99 О. Попов вперше використав радіохвилі для бездротового зв'язку. З розвитком радіотехніки розширявся і частотний діапазон хвиль, що можуть бути згенеровані чи сприйняті радіоапаратурою. В природі існують і природні джерела радіохвиль у всіх частотних діапазонах. Наприклад таким джерелом може бути будь-яке нагріте тіло. Також радіохвилі можуть генеруватися деякими природними явищами (блискавка) або космічними об'єктами (нейтронні зірки).

Використовуються радіохвилі не лише для власне радіо але й для локації, дослідження космічних об'єктів, дослідження середовища, в якому вони поширюються, і в радіометеорології.

Частотна сітка, використовуєма у радіозв'язку, поділяється на діапазони:

Довгі хвилі (ДХ) —  $f = 150\text{—}450$  кГц ( $\lambda = 2000\text{—}670$  м)

Середні хвилі (СХ) —  $f = 500\text{—}1600$  кГц ( $\lambda = 600\text{—}190$  м)

Короткі хвилі (КХ) —  $f = 3\text{--}30$  МГц ( $\lambda = 100\text{--}10$  м)

Ультракороткі хвилі (УКХ) —  $f = 30$  МГц —  $300$  МГц ( $\lambda = 10\text{--}0,01$  м)

В залежності від діапазона радіохвилі мають свої особливості та закони розповсюдження:

ДХ сильно поглинаються іоносферою, основне значення мають приземні хвилі, які розповсюджуються, огинаючи землю. Їх інтенсивність по мірі віддалення від передавача зменшується порівняно швидко.

СХ сильно поглинаються іоносферою вдень, район їх дії визначається приземною хвилею, ввечері добре відбиваються від іоносфери і район дії визначається відбитою хвилею.

КХ розповсюджуються виключно відбиттям від іоносфери, тому навколо передавача існує т. н. мертва зона. Вдень краще розповсюджуються більш короткі хвилі (30 МГц), вночі — більш довгі (3 МГц). Короткі хвилі можуть розповсюджуватися на великі відстані при малій потужності передавача.

УКХ розповсюджуються в ідеальних умовах по прямій як світло. При проходженні УКХ через іонізовані ділянки атмосфери (грозова активність, магнітні бурі на Сонці) вони зазнають менших втрат і радіозв'язок може відбутися на більші відстані.

Розповсюдження радіохвиль від джерела до приймача може відбуватися декількома шляхами одночасно. Таке розповсюдження має назву багатопроміневість. Як наслідок багатопроміневості та зміни параметрів середовища, виникають завмирання (англ. fading) — зміна рівня отримуюмого сигналу у часі. При багатопроміневості зміна рівня сигналу відбувається внаслідок інтерференції, тобто у точці прийому електромагнітне поле є сумою зміщених у часі радіохвиль одного й того ж сигналу.

### Класифікація за довжиною

Радіохвилі довжиною 100–10 км (частота 3–30 кГц) та довжиною 10–1 км (частота 30–300 кГц) називаються наддовгими (НДХ) та довгими (ДХ) хвилями, розповсюджуються у вільному просторі вздовж поверхні Землі і вдень і вночі і мало поглинаються водою. Тому їх використовують, наприклад, для зв'язку з підводними човнами (наддовгі хвилі). Однак, вони сильно слабшають по мірі віддалення від передавача, і тому передавачі повинні бути дуже потужними.

Хвилі довжиною 1000–100 м (частота 0,3–3 МГц), так звані середні хвилі (СХ), вдень сильно поглинаються іоносферою (верхнім шаром атмосфери, що має велику концентрацію іонів) та швидко слабшають, коли вночі іоносфера їх відбиває. Середні хвилі використовують для радіомовлення, причому вдень можна чути лише близько розташовані станції, а вночі – ще й дуже віддалені.

Хвилі довжиною 100–10 м (частота 3–30 МГц), так звані короткі (КХ), надходять до антени приймача, відбиваючись від іоносфери, причому вдень краще відбиваються коротші, а вночі – довші з них. Для таких радіохвиль можна створювати антени передавачів, котрі випромінюють електромагнітну енергію направлено, фокусують її у вузький промінь, і таким чином збільшувати потужність сигналу, що надходить до антени приймача. На коротких хвилях працює більшість станцій радіозв'язку – суднових, літакових та ін., а також багато станцій радіомовлення.

Радіохвилі довжиною 10 м–0,3 мм (частота 30 МГц–1 ТГц), що називаються ультракороткими (УКХ), не відбиваються і не поглинаються іоносферою, а на кшталт світлових променів, пронизують її і відходять у космос. Тому зв'язок на УКХ можливий лише на таких відстанях, коли антена приймача «бачить» антену передавача, тобто коли немає нічого між антенами, що могло б заступати шлях цим хвилям (гора, будинок, опуклість Землі та ін.). Тому, УКХ використовують в основному для радіорелейного зв'язку, телебачення, супутникового зв'язку, а також в радіолокації.

Радіорелейний зв'язок — радіозв'язок по лінії, утвореною ланцюжком приймально-передавальних (ретрансляційних) радіостанцій. Наземний радіорелейний зв'язок здійснюється звичайно на деци- і сантиметрових хвилях. Антени сусідніх станцій звичайно розташовують у межах прямої видимості, тому що це самий надійний варіант. Для збільшення радіуса видимості антен їх встановлюють як найвище — на мачтах (вежах) висотою 70-100 м (радіус видимості — 40-50 км) і на високих будівлях.

Граничним випадком цього підходу є супутниковий зв'язок — у ній ретранслятор винесений на максимально можливу висоту (десятки тисяч кілометрів!), і в зоні його видимості — майже половина Земної кулі! Довжина наземної лінії радіорелейного зв'язку — до 10000 км, ємність — до декількох тисяч каналів.

Глобальна мережа радіорелейного зв'язку активно розверталася в СРСР в 70-х рр. (оскільки це на багато порядків дешевше, ніж кабельні лінії, особливо в умовах величезних просторів з нерозвинутою інфраструктурою; високої ж швидкості передачі інформації тоді ще не були потрібні), і ретранслятори можна знайти практично де завгодно — на будь-якому висотному будинку або піднесенні й уздовж будь-якої транспортної (особливо — залізничної)

магістралі. Пізніше на її основі (як магістральної мережі) будувалася мережа сотового зв'язку, особливо в регіонах.

Радіочастотний ресурс - це частина радіочастотного спектру, придатна для передавання та/або приймання електромагнітної енергії радіоелектронними засобами і яку можливо використовувати для поширення будь-якої інформації на території України та за її межами відповідно до законів України та міжнародного права, а також на виділених для України частотно-орбітальних позиціях.

Радіочастотний спектр, в свою чергу, визначається як безперервний інтервал радіочастот не вищий за 3 ТГц (3000 ГГц). Радіочастота – це електромагнітна хвиля у просторі без штучного спрямовуючого середовища з певним номіналом частоти у межах радіочастотного спектру.

(Стаття 1 Закону України "Про радіочастотний ресурс України" у редакції від 24 червня 2004 року)

Відповідно до Декларації керівних засад використання мовлення через супутники для вільного поширення інформації, розвитку освіти і розширення культурних обмінів (Париж, 15 листопада 1972 року) і ч. 2 ст. 44 Статуту Міжнародного союзу електрозв'язку, радіочастоти і орбіта геостаціонарних супутників є обмеженими природними ресурсами, що належать усім народам і їх використання регулюється Конвенцією Міжнародного союзу електрозв'язку та її Регламентом радіозв'язку. Статут Міжнародного союзу електрозв'язку і Конвенція Міжнародного союзу електрозв'язку (Женева, 22 грудня 1992 року) ратифіковані Законом України від 15 липня 1994 року.

Положення міжнародно-правових актів відображені у п. 4 Концепції розвитку зв'язку України до 2010 року, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 9 грудня 1999 року № 2238, згідно з яким, радіочастотний ресурс є обмеженим природним ресурсом, ефективність використання якого впливає на економічне становище країни та на стан довкілля.

Радіо — ділянка науки й техніки, пов'язана з передаванням на віддаль електромагнітних коливань високої частоти — радіохвиль, з допомогою якого здійснюється зокрема радіомовлення — передача через радіо сигналів, мови, музики для необмеженої кількості слухачів.

Радіо використовується в Україні для радіотелеграфічного зв'язку з 1902. Початки радіомовлення припадають на 1924, коли у Харкові, через 4 роки після того, як почали діяти 4-кіловатні радіостанції в Москві, Ленінграді й Казані, розпочато радіопересилання через малопотужні передавачі. Перші потужні радіостанції були збудовані у Харкові й Києві 1925 Московським акціонерним товариством для широкого мовлення по радіо. Згодом постали

радіостанції в Одесі, Дніпропетровську, Донецьку та інших містах. Введена у дію 1927 Харківська «РВ 4» (Радиовещательная станция 4) була четверта за потужністю в усьому СРСР. 1941 найпотужнішою довгохвильовою радіостанцією УРСР була Київська («РВ 84»), призначена також для пропагандивних пересилань за кордон.

Супутниковий зв'язок — один з видів радіозв'язку, заснований на використанні штучних супутників Землі на яких змонтовані ретранслятори. Супутниковий зв'язок здійснюється між земними станціями, які можуть бути як стаціонарними, так і мобільними.

Оскільки супутниковий зв'язок є радіозв'язком, для передачі через супутник сигнал повинен бути промодульованим. Модуляція відбувається на земній станції. Модульований сигнал переноситься на потрібну частоту, підсилюється та надходить на передавальну антену.

Звичайний (нерегенеративний) супутник, прийнявши сигнал від однієї наземної станції, переносить його на іншу частоту, підсилює й передає іншій наземній станції. У супутнику може бути кілька незалежних каналів, що здійснюють ці операції, кожний з яких працює в певному діапазоні частот (ці канали обробки називаються транспондерами).

Регенеративний супутник демодулює прийнятий сигнал та знову модулює його. Завдяки цьому помилки виправляються два рази: на супутнику та на прийомній земній станції. Недоліком цього методу є складність, висока вартість супутника та наземного обладнання.

Ku-діапазон — діапазон частот сантиметрових хвиль. Використовується в супутниковому телебаченні. Частоти Ku-діапазону розміщені в межах від 10,7 до 12,75 ГГц. Для супутникового телебачення використовуються два основних діапазона: Ku-діапазон (10.7 — 12.75ГГц) і C-діапазон (3.5 — 4.2ГГц). Європейські супутники транслюють переважно в Ku-діапазоні. Російські та азіатські супутники зазвичай транслюють в обох діапазонах.

Ku-діапазон умовно поділений на три піддіапазони:

Перший діапазон (10.7-11.8ГГц) — FSS-діапазон;

Другий діапазон (11.8-12.5ГГц) — DBS-діапазон;

Третій діапазон (12.5-12.75ГГц) — використовується французькою фірмою Telecom.

Супутникове телебачення — система передачі телевізійного сигналу від передавального центру до споживача через штучний супутник Землі, розташований на геостаціонарній навколоземній орбіті над екватором.

Стандартна система для приймання супутникових каналів складається із супутникової антени, кронштейна (кріплення антени до стіни або даху), конвертера, кабелю й ресивера (супутникового приймача).

Молнія-1 (рос. Молния-1) — серія штучних супутників Землі, запущених в СРСР на високу еліптичну орбіту для зв'язку через космос. Перший супутник запущено 23 квітня 1965, другий — 14 жовтня 1965, третій — 25 квітня 1966, четвертий — 20 жовтня 1966, п'ятий — 25 жовтня 1967. Основна мета запуску — здійснення передач програм телебачення і далекого двостороннього багатоканального телефонного, фототелеграфного і телеграфного зв'язку.

GPS, Система глобального позиціонування (англ. Global Positioning System) — сукупність супутників, обладнаних радіочастотним приймально-передавальним обладнанням та запущених на замовлення військового відомства — Управління Оборони США, що використовуються для визначення розташування об'єкта на поверхні Землі під час наведення ракет на ціль та координації пересування підрозділів авіаційного, морського і наземного базування.

Військове відомство США дозволило цивільним користувачам використання системи з меншою точністю. Використовуючи GPS-приймач, можна точно визначити його позицію на поверхні Землі. На сьогодні окрім приймачів спеціального призначення випускаються прилади, вмонтовані в наручні годинники, сотові телефони, ручні радіостанції, за допомогою яких можна орієнтуватись на місцевості. Їх використовують альпіністи, рятувальники, туристи.

Принцип дії

GPS приймач обчислює власне положення вимірюючи час, коли було послано сигнал із GPS супутників. Кожен супутник постійно надсилає повідомлення, в якому міститься інформація про час відправки повідомлення, точку орбіти супутника, з якої було надіслано повідомлення (ефемерис), та загальний стан системи і приблизні дані орбіт всіх інших супутників угруповання системи GPS(альманах). Ці сигнали розповсюджуються зі швидкістю світла у всесвіті, та із трохи меншою швидкістю через атмосферу. Приймач використовує час отримання повідомлення для обчислення відстані до супутника, виходячи з якої, шляхом застосування геометричних та тригонометричних рівнянь обчислюється положення приймача[1]. Отримані координати перетворюються в більш

наочну форму, таку як широта та довгота, або положення на карті, та відображається користувачеві.

Оскільки для обчислення положення необхідно знати час з високою точністю, необхідно отримувати інформацію із 4-х або більше супутників задля усунення необхідності в надточному годиннику. Іншими словами, GPS приймач використовує чотири параметри для обчислення чотирьох невідомих:  $x$ ,  $y$ ,  $z$  та  $t$ .

В деяких окремих випадках може бути необхідно менша кількість супутників. Якщо заздалегідь відома одна змінна (наприклад, висота над рівнем моря човна в океані дорівнює 0), приймач може обчислити положення використовуючи дані з трьох супутників. Також, на практиці, приймачі використовують різну допоміжну інформацію для обчислення положення з меншою точністю в умовах відсутності чотирьох супутників.

Wi-Fi , WiFi (від англ. Wireless Fidelity) - торгова марка, що належить Wi-Fi Alliance. Загальноживана назва для стандарту бездротового (радіо) зв'язку передачі даних, який об'єднує декілька протоколів та ґрунтується на сімействі стандартів IEEE 802.11 (Institute of Electrical and Electronic Engineers - міжнародна організація, що займається розробкою стандартів у сфері електронних технологій). Найбільш відомим та поширеним на сьогоднішній день є протокол IEEE 802.11b, що визначає функціонування бездротових мереж.

Наявність Wi-Fi-зон (точок) дозволяє користувачу підключитися до точки доступу (наприклад, до офісної, домашньої або публічної мережі), а також підтримувати з'єднання декількох комп'ютерів між собою.

Максимальна дальність передачі сигналу у такій мережі складає 100 метрів, однак на відкритій місцевості вона може досягати до 300-400 м.

Окрім 802.11b ще існує бездротовий стандарт 802.11a, який використовує частоту 5 ГГц та забезпечує максимальну швидкість 54 Мбіт/сек., а також 802.11g, що працює на частоті 2,4 ГГц і також забезпечує 54 Мбіт/сек. Крім цього, наразі ведеться розробка стандарту 802.11n, який у майбутньому зможе забезпечити швидкості до 320 Мбіт/сек.

Ядром бездротової мережі WiFi є так звана точка доступу (Access Point), яка підключається до якоїсь наземної мережевої інфраструктури (каналам Інтернет-провайдера) та забезпечує передачу радіосигналу. Зазвичай, точка доступу складається із приймача, передавача, інтерфейсу для підключення до дротової мережі та програмного забезпечення для обробки даних. Навколо точки доступу формується територія радіусом 50-100 метрів (її називають хот-спотом або зоною WiFi), на якій можна користуватися бездротовою мережею.

Для того щоб підключитися до точки доступу та відчути всі переваги бездротової мережі, власник ноутбуку або мобільного пристрою із WiFi адаптером, необхідно просто потрапити в радіус її дії. Усі дії із визначення пристрою та налаштування мережі більшість операційних систем комп'ютерів та мобільних пристроїв проводять автоматично. Якщо користувач одночасно потрапляє в декілька WiFi зон, то підключення здійснюється до точки доступу, що забезпечує найсильніший сигнал.

Bluetooth (англ. Bluetooth) — це технологія бездротового зв'язку, створена у 1998 році групою компаній: Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba.

В даний час розробки в області Bluetooth ведуться групою англ. Bluetooth SIG (англ. Special Interest Group), до якої входять також Lucent, Microsoft та інші компанії, чия діяльність пов'язана з мережними технологіями. Основне призначення Bluetooth - забезпечення економного (з точки зору споживаного струму) і дешевого радіозв'язку між різноманітними типами електронних пристроїв, таких як мобільні телефони та аксесуари до них, портативні та настільні комп'ютери, принтери та інші. Причому, велике значення приділяється компактності електронних компонентів, що дає можливість застосовувати Bluetooth у малогабаритних пристроях розміром з наручний годинник.

Інтерфейс Bluetooth дозволяє передавати як голос (зі швидкістю 64 Кбіт/сек), так і дані. Для передачі даних можуть бути використані асиметричний (721 Кбіт/сек в одному напрямку і 57,6 Кбіт/сек в іншому) та симетричний (432,6 Кбіт/сек в обох напрямках) методи. Працюючи на частоті 2.4 ГГц, прийомопередавач (Bluetooth-чип) дозволяє встановлювати зв'язок у межах 10 або 100 метрів. У стандарті Bluetooth передбачене шифрування даних, що передаються з використанням ключа ефективною довжини від 8 до 128 біт і можливістю вибору односторонньої або двосторонньої аутентифікації. Додатково, до шифрування на рівні протоколу, може бути використано шифрування на програмному рівні.

Назва Bluetooth походить від прізвища середньовічного короля Данії Гаральда I Синезубого (норв. Harald Blåtann). Гаральд вмів посадити за стіл переговори ворогуючі партії, домовляючись з кожною партією окремо, тому назва Bluetooth стала відповідним ім'ям для технології, що дозволяє різним пристроям спілкуватися один з одним. Використовуючи перші літери імені короля (руни В та Н) у комбінації, створено й логотип технології.

Цифровий зв'язок — область техніки, пов'язана з передачею цифрових даних на відстань.

В даний час цифровий зв'язок повсюдно використовується також і для передачі аналогових сигналів, які для цієї мети оцифровуються.



Сучасні системи цифрового зв'язку використовують кабельні (у тому числі волоконно-оптичні), супутникові, радіорелейні і інші лінії зв'язку.

### Технології цифрового зв'язку:

Модуляція — перетворення даних в електричний сигнал. Залежно від середовища передачі застосовується імпульсна або смугова модуляція.

Імпульсна модуляція застосовується при передачі сигналу по кабелю (у тому числі волоконно-оптичному) на порівняно невеликі відстані. При цьому символ, як правило, представляється деяким рівнем напруги. Існує декілька кодувань імпульсної модуляції. Обмеження на відстань передачі при використанні імпульсної модуляції при передачі інформації по електричному кабелю пов'язано із звуженням смуги пропускання кабелю при збільшенні його довжини.

Смугова модуляція застосовується як при передачі даних по електричному кабелю, так і при радіозв'язку. При смуговій модуляції символ є відрізком синусоїдального сигналу з деякими параметрами. Модульований сигнал є квазігармонійним і представимо у вигляді

$s(t) = A(t)\cos(\omega_0 t + \varphi(t)) = I(t)\cos\omega_0 t + Q(t)\sin\omega_0 t$  Види смугової модуляції, що часто використовуються: частотна маніпуляція, фазова маніпуляція, амплітудна модуляція квадратури.

### Завадостійке кодування

Будь-яка система зв'язку схильна дії шумів і спотворень, які можуть привести до неправильного прийому сигналу. Для боротьби з виникаючими при цьому помилками в сигнал вводиться спеціальним чином сконструйована надмірність що дозволяє приймаючій стороні виправити деяку кількість помилок. Існує велика кількість перешкодостійких кодів, що розрізняються надмірністю і виправляючою здатністю.

Основні класи перешкодостійких кодів: Блокові коди, перетворюючі фіксовані блоки інформації завдовжки до символів (ці символи можуть відрізнятися від тих, що використовуються при модуляції) в блоки завдовжки  $n$  символів. При цьому декодування кожного блоку проводиться окремо і незалежно від інших. Приклади блокових кодів: коди Хеммінга, коди BCH, коди Рида-Соломона. Сверточні коди працюють з безперервним потоком даних, кодуючи їх за допомогою регістрів зсуву з лінійним зворотним зв'язком. Декодування сверточних кодів проводиться, як правило, за допомогою алгоритму Вітербі.

### Ущільнення

Під ущільненням розуміють метод розділення пропускну́ї здатності каналу для передачі декількох цифрових потоків. Основні види ущільнення: Частотне ущільнення, при якому кожний цифровий потік передається в своєму частотному діапазоні; Тимчасове ущільнення, при якому за кожним цифровому потоком резервується часовий інтервал для передачі даних, званий таймслотом.

### Стільниковий телефон

Стільниковий телефон — малогабаритний кишеньковий телефонний апарат стільникового зв'язку.

Стільниковий телефон — мобільний комунікаційний пристрій, що використовує комбінацію радіопередачі і традиційної телефонної комутації для здійснення телефонного зв'язку на території (зони покриття), що складається з «сотів», що оточують базові станції стільникової мережі.

В наш час стільниковий зв'язок — найпоширеніша зі всіх видів мобільного зв'язку, тому зазвичай мобільним телефоном називають стільниковий телефон, хоча мобільними телефонами крім стільникових є також супутникові телефони, радіотелефони і апарати магістрального зв'язку.

### Історія

В 1947 році дослідницька лабораторія Bell Laboratories (що належала компанії AT&T) виступила з пропозицією створити мобільний телефон.

В 1973 році був випущений перший прототип портативного стільникового телефону — Motorola DynaTAC. Вважається, що перший дзвінок був зроблений 3 квітня 1973 року, коли винахідник, співробітник Motorola Мартін Купер (en:Martin Cooper) подзвонив конкуренту з AT&T Джоелю Енгелю (en:Joel Engel). DynaTAC важив близько 1.15 кг та мав розміри 22,5x12,5x3,75 см. На його передній панелі було розміщено 12 клавіш, з них 10 цифрових та дві для відправки вивозу та закінчення розмови. У DynaTAC-а не було дисплею та не було ніяких додаткових функцій. В режимі очікування він міг робити до восьми годин, в режимі розмови близько години (по іншим даним 35 хвилин), заряджати його приходилось трохи більше 10 годин. До 1983 року, було створено 5 прототипів DynaTac.

В 1981 в якості єдиного стандарту для Швеції, Фінляндії, Норвегії, Данії, Ісландії та Саудівської Аравії був прийнятий NMT-450 (Nordic Mobile Telephone) з робочою частотою 450 МГц.

Мартін Купер розробник одного з перших мобільних телефонів

13 червня 1983 року на ринок Америки поступив перший серійний мобільний телефон. Пристрій під назвою Dynatac 8000x виробництва компанії Motorola важив майже 800 г, а його довжина складала 33 см. Акумулятор тримав всього півгодини при розмові, а ціна складала майже 4000 доларів. [1]

В 1989 році був випущений мобільний телефон Motorola MicroTAC, мікрофон якого вміщувався у відкидній кришці (фліпі).

В 1990 році в США затверджено новий національний стандарт цифрового зв'язку IS-54 (D-AMPS).

В 1990 році в США Qualcomm початок досліджень нового виду зв'язку, ґрунтованого на технології кодового розділення сигналів по частоті, — CDMA (Code Division Multiple Access).

9 вересня 1991 в Росії з'явився перший оператор стільникового зв'язку на базі технології NMT-450 — ЗАТ «Дельта Телеком». Ціна телефона Mobira - MD 59 NB2 (вагою близько 3 кг) з підключенням складала близько \$4000. Хвилина розмови коштувала близько \$1. За перші чотири роки роботи «Дельта Телеком» підключило 10 000 абонентів.

В 1992 в Німеччині запущено в комерційну експлуатацію система зв'язку на основі технології GSM.

В 1992 році в Україні створено з'явився перший мобільний оператор ЗАТ «Український Мобільний Зв'язок».

В 1993 створено перший мобільний телефон з вбудованим годинником Benefon Beta.

В 1995 в Китаї запрацювала перша в світі система зв'язку стандарту CDMA (IS-95)

В 1996 році був випущений перший мобільний телефон в форм-факторі «розкладушка» — Motorola StarTAC.

В 1996 випущено Nokia Communicator, що включав в себе широкий спектр функцій, серед яких факс та електронна пошта.

В 1997 випущений мобільний телефон Philips Spark, що міг працювати 350 годин без підзарядки.

В 1997 перший мобільний телефон з кольоровим екраном Siemens S10

В 1998 з'явився перший мобільний телефон з сенсорним дисплеєм — Sharp PMC-1 Smart-phone.

В 1999 випущено мобільний телефон з підтримкою технології WAP — Nokia 7110.

В 1999 випущено мобільний телефон з можливістю використання двох SIM-карт Benefon Twin+.

В 1999 перший сотовий телефон в форм-факторі слайдер Siemens SL10

В 2000 році перший мобільний телефон з підтримкою технології Internet Times (Swatch) — Ericsson T20.

В 2000 році перший мобільний телефон, що мав GPS-приймач — Benefon ESC.

В 2000 році японська компанія SHARP спільно з оператором мобільного зв'язку J-Phone випустила перші сотові телефони з вбудованою фотокамерою.

В 2000 перший мобільний телефон з MP3-плеєром та підтримкою карт пам'яті MultiMediaCard Siemens SL45

В 2001 NTT DoCoMo запускає мережу зв'язку 3G.

В 2002 році був випущений перший мобільний телефон в форм-факторі ротатор — Motorola V70.

В 2002 році компанія Ericsson випустила перший мобільний телефон з підтримкою технології Bluetooth.

В 2002 році компанія ЗАТ «Дельта Телеком» запустила першу в Росії мережу стандарту CDMA-450.

В 2002 році випущений перший мобільний телефон з підтримкою EDGE — Nokia 6200 (Nokia 6220).

В 2002 році випущений перший мобільний телефон з вбудованою камерою — Samsung V200.

В 2006 році Укртелеком отримує ліцензію на 3G зв'язок.

**3G** (англ. 3rd Generation) — «третє покоління», набір послуг, котрий включає до себе як високошвидкісний мобільний доступ до послуг мережі Інтернет, так і технологію радіозв'язку.

### Загальні характеристики стандартів покоління 3G

Мережі третього покоління 3G працюють на частотах дециметрового діапазону (близько 2 ГГц), швидкість передачі даних становить понад 2

Мбіт/с. Такі мережі надають можливість організувати відеозв'язок, дивитись на мобільному телефоні фільми й телепрограми та ін. В світі існує два стандарти 3G: UMTS (чи W-CDMA) та CDMA-2000. UMTS більш розповсюджений в основному в Європі, CDMA2000 — в Азії та США. За даними Wireless Intelligence, на кінець 2006 року в світі нараховувалось 364 млн. абонентів 3G, з них 93,5 млн були підключені до мереж UMTS та 271,1 млн. — до CDMA2000. Найбільший оператор — японський NTT DoCoMo (40 млн абонентів).

Вирішення цієї проблеми (сумісність стандартів та глобальний роумінг) абсолютно аналогічне сьогоднішньому — розробка багатомодових терміналів, що можуть працювати в двох і більше стандартах.

Термін 3G використовується для опису сервісів мобільного зв'язку стандартів наступного покоління, які забезпечуються більш високу якість звуку, а також високошвидкісний інтернет-зв'язок та мультимедійні сервіси. Мобільні мережі третього покоління (3G) відрізняються від мереж другого покоління (2G), таких як наприклад цифровий стандарт мобільного зв'язку GSM, зв'язок перехідного покоління (2.5G), GRPS набагато більшою швидкістю передачі даних, а також більш широким набором і високою якістю послуг, що надаються.

### 3G в Україні

В грудні 2006 компанія ЗАТ «Телесистеми України» оголосив про запуск з січня 2007 року мережі 3G під торговою маркою «PEOPLEnet» стандарту CDMA2000 1xEV-DO (800 мГц) rev0[1]. В 2008 році поступово переходить на EV-DO revA , в цьому стандарті також працюють Інтертелеком, який з квітня 2008 році перейшов на CDMA2000 EV-DO revA (800 мГц), CDMA UKRAINE з 2007 CDMA2000 EV-DO rev0 (800 мГц), та МТС Україна з липня 2007 CDMA2000 EV-DO rev0 (450 мГц)

1 листопада 2007 державне підприємство Укртелеком запускає мережу мобільного зв'язку 3G під брендом «Utel» [2]. Мережа «Utel» працює в стандарті UMTS 2100 з надстройкою HSDPA (3,5G). Якщо в базовій версії UMTS забезпечує пікові швидкості від 2-х мегабіт за секунду для статичних об'єктів поблизу соти, та 384 Кб/с для мобільних абонентів, то для пристроїв, що підтримують HSDPA швидкості в теорії можуть досягати 14,4 Мбіт/с. На практиці ж, реальні швидкості рідко перевищують 3 мегабайти, а в умовах високих, щільних забудов та завантаженості мережі, ще менше. Зв'язок дає можливість здійснювати відеодзвінки, широкополосний доступ в Інтернет, а також переглядати потокове відео в online.

### GSM

Глобальна система мобільного зв'язку (англ. Global System for Mobile Communications, GSM) — міжнародний стандарт для мобільного цифрового стільникового зв'язку з розділенням каналу за принципом TDMA та високим рівнем безпеки за рахунок шифрування з відкритим ключем. Стандарт був розроблений під патронатом Європейського інституту стандартизації електрозв'язку (ETSI) наприкінці 80-х років.

#### Технічні відомості

Більшість мереж GSM працюють у діапазоні 900 МГц або 1800 МГц. Деякі країни Америки використовують діапазони 850 МГц та 1900 МГц, оскільки стандартні діапазони 900 та 1800 МГц зайняті іншими системами.

Діапазони 400 та 450 МГц використовуються у деяких країнах (включаючи країни Скандинавії та деякі острівні країни).

При роботі у стандартному діапазоні 900 МГц використовуються діапазон 890—915 МГц для зв'язку від терміналу до базової станції, та 935—960 МГц для зв'язку від базової станції до терміналу. У деяких країнах діапазон частот GSM-900 був розширений до 880—915 МГц (MS -> BTS) і 925—960 МГц (MS <- BTS), завдяки чому максимальна кількість каналів зв'язку збільшилася на 50. Така модифікація була названа E-GSM (extended GSM).

Смуга у 25 МГц ділиться на 124 канали (несучі), кожен шириною у 200 кГц. Часове розділення каналів (TDMA) дозволяє у кожному каналі розміщувати вісім повношвидкісних (full-rate) чи шістнадцять напівшвидкісних (half-rate) голосових каналів.

Стандарт GSM використовує декілька голосових кодеків, що дозволяють передавати голосовий канал шириною 3.1 кГц на швидкостях від 5.6 до 13 кбіт/с.

#### GPRS

Загальний сервіс пакетної радіопередачі (англ. General Packet Radio Service, GPRS) — стандарт, який використовує не зайняту голосовим зв'язком смугу частот для передачі інформації. Використовується в мобільних пристроях для передачі MMS, WAP-серфінгу та повноцінного з'єднання з Інтернетом. Розрізняють так звані класи GPRS — рівень підтримки стандарту конкретним приладом. Існують класи від першого до дванадцятого — чим вищий клас, тим більшу швидкість передачі даних може, теоретично, забезпечити телефон.

Переваги GPRS:

висока середня швидкість передачі даних – 20-40 Кбіт/сек.;

тарифікація GPRS-послуг не залежить від тривалості з'єднання;

видке та стабільне GPRS-з'єднання;

можливість розмовляти по телефону та обмінюватись SMS-повідомленнями не розриваючи GPRS-з'єднання;

ефективне використання енергоресурсів телефону при встановленому GPRS-з'єднанні.

### Особливості GPRS

при використанні GPRS дані формуються у пакети, які передаються одночасно кількома радіоканалами, при цьому дані радіоканали можуть послідовно використовуватись декількома користувачами;

голосові виклики мають вищий пріоритет, ніж GPRS-з'єднання, тому передача пакетів даних відбувається тільки через вільні від голосових викликів радіоканали;

GPRS сумісна з усіма найпоширенішими протоколами пакетної передачі даних (TCP/IP, X.25 і т.д.);

швидкість передачі пакетів даних залежить від:

схеми кодування каналів, що реалізована у GPRS-мережі (у мережі UMC використовується схема кодування CS2, яка забезпечує швидкість до 13.4 Кбіт/сек. на радіоканал);

кількості радіоканалів на отримання або відправлення даних, які одночасно може підтримувати телефон;

завантаження мережі у місці здійснення передачі;

якості покриття мережі у місці здійснення передачі.

### GPRS-обладнання

Для того, щоб скористатися GPRS-послугами, необхідно мати мобільний телефон з підтримкою GPRS.

Мобільні телефони з підтримкою GPRS поділяються на три класи:

телефони класу А – голосовий дзвінок і передача пакетів даних можуть здійснюватись одночасно;

телефони класу В – голосовий дзвінок і передача пакетів даних не можуть здійснюватись одночасно (при надходженні голосового виклику або SMS-повідомлення передача пакетів даних призупиняється і поновлюється після завершення дзвінка або отримання SMS-повідомлення);

телефони класу С – підтримують тільки передачу пакетів даних.

## EDGE

EDGE (англ. Enhanced Data Rates for GSM Evolution) — являє собою сучасну технологію, що забезпечує передачу більших обсягів інформації в мережі мобільного зв'язку. Технологія EDGE підтримує швидкість передачі даних у середньому в три рази вище, ніж GPRS, крім того, забезпечується більш ефективно використання частотних ресурсів і поліпшення покриття мережі в порівнянні зі звичайною мережею GSM. Максимально досяжна (у теорії) швидкість передачі інформації в мережі EDGE — 474,6 кбіт/с.

Це означає, що технологія EDGE відкриває для оператора мобільного зв'язку можливість надати абонентам послуги з передачі даних в існуючому частотному спектрі GSM зі швидкостями, характерними для мереж третього покоління мобільного зв'язку.

### Історія виникнення

Уперше EDGE була представлена ESTI (Європейський інститут стандартизації електрозв'язку) на початку 1997 року як еволюція існуючого стандарту GSM.

Вирішуючи проблеми передачі даних у мережі GSM, оператори звернули увагу на технологію EDGE, Enhanced Data for Global Evolution (E-GPRS) він же UWC-136 (Universal Wireless Communications — 136). EDGE дозволяє частково зняти обмеження по швидкості й запустити цілий ряд принципово нових послуг, таких як мобільне телебачення, завантаження більших обсягів інформації на телефон, системи відеоспостереження.

Основна еволюційна зміна при переході від класичної технології GSM до EDGE полягає в застосуванні нового методу модуляції й кодування, що значно розширює можливості радіоінтерфейсу. Таким чином, технологію EDGE варто розглядати як еволюційний крок на шляху до більш високих швидкостей передачі даних при одночасному збереженні найбільш важливих властивостей радіоінтерфейсу GSM, таких як, наприклад, ширина смуги частот каналу в 200 КГц і структура пакета (бітових послідовностей).

Технологія EDGE може впроваджуватися двома різними способами: як розширення GPRS, у цьому випадку її варто називати EGPRS (enhanced GPRS), або як розширення CSD (ECSD).



EDGE не є новим стандартом стільникового зв'язку. Однак, EDGE має на увазі додатковий фізичний рівень, що може бути використаний для збільшення пропускної здатності сервісів GPRS або HSCSD. При цьому, самі сервіси надаються точно так само, як і раніше. Теоретично, сервіс GPRS здатний забезпечувати пропускну здатність до 160 Кбіт/с (на фізичному рівні, на практиці ж підтримуючі GPRS Class 10 або 4+1/3+2 апарати забезпечують лише до 38-42 Кбіт/с, якщо дозволяє завантаженість мережі стільникового зв'язку), а EGPRS — до 384—473,6 Кбіт/с.

## CSD

Circuit Switched Data, CSD — технологія передачі даних, що була розроблена для мобільних терміналів стандарту GSM.

CSD використовує один часовий інтервал для передачі даних на швидкості 9,6 кбіт/с у підсистемі мережі та комутації (Network and Switching Subsystem NSS). Через відносно незначну швидкість передачі даних, більшість операторів виділяють два або більше часових інтервали для CSD викликів.

HSCSD (англ. High-Speed Circuit-Switched Data) — технологія передачі даних для мереж GSM, покращена версія CSD. Застосовується в мережах, де каналні інтервали поєднуються в групи, що дозволяє збільшити швидкість передачі даних в кілька разів порівняно з CSD.

**Третя інформаційна революція** пов'язана із винаходом засобів, які уможливили швидку передачу інформації на великі відстані – телеграфу, телефону, радіо, телебачення.

1832 р. – російський винахідник Павло Львович Шиллінг (1786-1837 рр.) створив електромагнітний телеграф.

1837 р. – американський художник та винахідник Семюел Фінлі Бріз Морзе (1791-1872 рр.) винайшов електромеханічний телеграф, у 1838 р. розробив телеграфний код (азбука Морзе), в якому кожному знаку відповідає певна комбінація посилок електричного струму (крапок та тире). У 1844 році вдосконалені ним апарати були встановлені на першій американській телеграфній лінії Вашингтон-Балтімор. Перша телеграма мала такий зміст: „What hath god wrought!” („Те, що Бог сотворив”).

1876 р. – Олександр Грейам Белл (1847-1922 рр.) отримав патент на перший телефон. Перша фраза, промовлена Олександром Беллом під час першого телефонного дзвінка 10 березня 1876 р., була звернена до його асистента, який знаходився у сусідній кімнаті: „Mr. Watson, come here; I want you” („Підійдіть сюди, містере Ватсон; Ви мені потрібні”).

В Україні перша телефонна станція була відкрита у 1881 році в Одесі.

1877 р. – американський винахідник Томас Алва Едісон (1847-1931 рр.) сконструював перший прилад для запису і відтворення звуку – фонограф. Звук записувався голкою, зв'язаною з мембраною, на циліндричному валику, обгорненому олов'яною фольгою. При виникненні коливань у мембрані голка вичерчувала на поверхні фольги канавку змінної глибини. Найперший звукозапис являв собою слова відомої англійської дитячої пісеньки „У Мері був баранчик”.

1895 р. – французький винахідник Луї Люм'єр (Lumiere, 1864-1948 рр.), за участі брата Огюста (1862-1954 рр.) створив апарат для зйомки і проектування „фотографій, що рухаються” – перший придатний до практичного використання кіноапарат, який одержав назву кінематографа. Перший публічний сеанс відбувся 28 грудня 1895 у підвалі „Гран-кафі” у Парижі. Першими фільмами стали зняті братами сценки: „Вихід робітників з фабрики Люм'єр”, „Прибуття потяга”.

1895 р. – російський фізик і електротехнік Олександр Степанович Попов (1859-1905/06 рр.) змонтував перший у світі радіоприймач, за допомогою якого бездротовий радіозв'язок був здійснений на відстань 600 м, а в 1897 – на 5 км. На Заході винахідником радіо вважається італійський радіотехнік Гульєльмо Марконі (Marconi, 1874-1937 рр.), який у 1898 організував зв'язок між сушею (селище біля Дувра) і невеликим судном, яке стояло на якорі на відстані 19 км від берега. У 1901 р. його радіосигнали, послані через Атлантичний океан, досягли берегів Північної Америки.

У 1906 році американець Р. Фессенден вперше зумів змодулювати та передати по радіо „живі” звуки – своєї скрипки та свого голосу, читаючого уривки з Євангелія.

Початком офіційного регулярного радіомовлення вважається 1920 рік, коли інженер американської компанії „Westinghouse Electric Corporation” Френк Конрад закінчив будівництво станції мовлення. Закінчення будівництва співпало з черговими президентськими виборами, і 2 листопада радіостанція „KDKA” в Пітсбурзі (штат Пенсильванія) оголосила про перемогу Уоррена Г. Хардінга (Warren G. Harding). Близько 1000 слухачів могли приймати першу радіопередачу новин.

В Україні перша радіостанція була відкрита у 1924 році у Харкові.

1898 р. – датчанин Вальдемар Паульсен (Poulsen, 1869-1942 рр.) винайшов перший магнітофон, який він називав „телеграфом”, у якому, на відміну від сучасних магнітофонів, запис звуку вироблялася не на феромагнітну стрічку (вона з'явилась в 1928 році, а набула комерційного застосування лише в 1950 році), а на сталевий дріт.

Перші спроби з'єднати зображення та звук на кіноплівці починалися ще Едісоном у 1899 році і Гомоном у 1906 році за допомогою спеціальних грамофонних пластинок, однак тільки винахід і удосконалювання методів запису на одному носії звуку і зображення проклали дорогу звуковому кіно. Перший звуковий фільм з'явився в США в 1924 році. У радянській Росії розроблялися 2 системи оптичного запису звуку. Робота системи Шоріна була продемонстрована в 1929 році, а системи „Тагетфон” у 1931 році в кінофільмі „Путівка в життя”.

У 1951 році 25 червня було показана перша кольорова комерційна телепередача. Компанія CBS знімала в Нью-Йорку чотиригодинне шоу Артура Годфрі (найцікавіше, що у телеглядачів тоді ще не було кольорових телевізорів). У 1967 році відбувся перший показ телепередачі в прямому ефірі у всесвітньому масштабі.

Регулярні телепередачі почалися у 1936 році у Великобританії та Німеччині, у 1939 році в СРСР (в Москві та Ленінграді), у 1941 році у США.

До Великої Вітчизняної війни у столиці України існувало так зване механічне телебачення, яке працювало за допомогою “диска Ніпкова”. Історія повоєнного телебачення в Україні починається 6 листопада 1951 року першою офіційною передачею – демонстрацію художнього фільму „Велика заграда”.