ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА МОБІЛЬНИХ ТА ВІДЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Методи розрахунку пропускної здатності мереж зв'язку наступного покоління**»**

на здобуття освітнього ступеня магістра

зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

освітньо-професійної програми Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Сергій ХАБ'ЮК
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АРДМ-61
Сергій ХАБ'ЮК

Керівник: Наталія РУДЕНКО

Рецензент:

Київ – 2023

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут телекомунікацій

Кафедра Мобільних та відеоінформаційних технологій

Ступінь вищої освіти	Магістр
Спеціальність	172 Телекомунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма	Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри МВТ
_____ Наталія РУДЕНКО
« » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Хаб'юку Сергію Васильовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Методи розрахунку пропускної здатності мереж зв'язку наступного покоління»,
керівник кваліфікаційної роботи Наталія РУДЕНКО, к.т.н., доцент,
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від 19.10.2023 р. №145.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи 25.12.2023 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:
   1. Розгляд основних характеристик мереж зв'язку наступного покоління для підприемств.
   2. Дослідити характеристики пропонованих послуг.
   3. Збір статистики про різні види послуг.
   4. Аналіз зібраної статистики з точки зору теорії телетрафіку

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
   1. Впровадження результатів, отриманих при встановленні вимог до якості послуг, що надаються.
   2. Розробка методики розрахунку потужності за результатами проведених робіт
   3. Оцінка ефективності застосування розробленої ІТ-методології

5. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація.

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір науково-технічної літератури	23.10.2023	Виконано
2	Аналіз технічного завдання	03.11.2023	Виконано
3	Дослідження характеристик обслуговування	21.11.2023	Виконано
4	Збір статистики про різні види послуг	27.11.2023	Виконано
5	Аналіз зібраної статистики з точки зору теорії телетрафіку	30.11.2023	Виконано
6	Розробка методики розрахунку потужності за результатами проведених робіт	01.12.2023	Виконано
7	Висновки, вступ, реферат	08.12.2023	Виконано
8	Презентація	17.12.2023	Виконано

Здобувач вищої освіти Сергій ХАБ’ЮК

(підпис) *(Ім’я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної роботи Наталія РУДЕНКО

(підпис) *(Ім’я, ПРІЗВИЩЕ)*

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА
на кваліфікаційну магістерську роботу

здобувача вищої освіти Хаб'юка Сергія Васильовича

на тему: «Методи розрахунку пропускної здатності мереж зв'язку наступного покоління»

Актуальність:

Магістерська робота представляє собою дослідження методів розрахунку пропускної здатності мереж зв'язку наступного покоління є необхідним для ефективного функціонування і розвитку сучасних телекомунікаційних систем. Було ретельно розглянуто основні принципи проектування мереж зв'язку наступного покоління, виявлення нових, більш досконалих методів розрахунку пропускної здатності каналу зв'язку мультисервісної корпоративної мережі, спрямованих на підвищення ефективності використання мережі та покращення якості послуг.

Позитивні сторони:

1. Магістерська робота відповідає поставленому завданню. Її автор виявив високий рівень знань та готовність до майбутньої професійної діяльності.
2. Текст викладений грамотно, ясно, послідовно. Графічний матеріал оформлений якісно. Магістерська робота містить детальну інструкцію з налаштування та монтажу обладнання з відеонагляду, що забезпечує безпеку підприємства.

Недоліки:

1. В роботі відсутні пояснення деяких технічних термінів.
2. Відсутність порівняльного аналізу. Такий аналіз дозволив би визначити переваги та недоліки кожного методу, що є важливим для практичного впровадження.

Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку кваліфікаційної роботи.

Висновок: кваліфікаційна робота заслуговує оцінку «добре», а здобувач ХАБ'ЮК Сергій Сергійович заслуговує присвоєння кваліфікації: «Магістр з телекомунікацій та радіотехніки».

Рецензент: _____

(науковий ступінь, вчене звання) *(підпис)* *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут телекомунікацій

ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня магістра

Направляється здобувач Хаб'юк С.В. до захисту кваліфікаційної роботи
(прізвище та ініціали)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
освітньо-професійної програми Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

на тему: Методи розрахунку пропускної здатності мереж зв'язку наступного покоління

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІТ _____ Владислав КРАВЧЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Висновок керівника кваліфікаційної роботи

Здобувач Хаб'юк Сергій Васильович показав гарну теоретичну та інженерну підготовку, уміння володіти технологіями нового покоління, вміло працювати з програмно-апаратними засобами мобільного зв'язку, довідковою і науково-технічною літературою. Працюючи над завданнями, які доручались керівником, проявив ініціативність, сумлінність та хист до інженерної роботи.

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу Хаб'юка Сергія Васильовича на оцінку «добре» та присвоїти йому кваліфікацію «Магістр з телекомунікацій та радіотехніки».

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Наталія РУДЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

" " _____ 2023 року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач Хаб'юк С.В.
(прізвище та ініціали)

допускається до захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувачка кафедри
Мобільних та відеоінформаційних технологій _____ Наталія РУДЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

" " _____ 2023 року

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 82 стор., 22 рис., 5 табл., 21 джерел.

Мета роботи – пошук нових, більш досконалих методів розрахунку пропускної здатності каналу зв'язку мереж наступного покоління, бізнес-мережі, спрямованих на підвищення ефективності використання мережі та покращення якості пропонованих послуг.

Об'єкт дослідження - інтегрована універсальна мережа зв'язку наступного покоління (ІУМЗНП), що об'єднує різні види зв'язку на основі єдиних організаційних і технологічних принципів. мережі зв'язку наступного покоління.

Предмет дослідження – дослідження та розгляд основних характеристик мереж зв'язку наступного покоління для підприємств

Короткий зміст роботи: у роботі розглядаються основні принципи мереж зв'язку наступного покоління і роведено дослідження характеристик основних видів трафіку в цих мережах. Запропоновано рішення проблеми оптимізації мультисервісних мереж. Це рішення полягає в застосуванні законів розподілу потоку трафіку в моделюванні та проектуванні мережі для розрахунку оптимальних характеристик пропускної здатності мережі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ІНТЕРНЕТ, ПРОГРАМА АНАЛІЗУ ТРАФІКУ, ТЕЛЕТРАФІК, МІСЬК І МЕРЕЖІ, ТЕХНОЛОГІЇ, МАРШРУТИЗАТОР, АЛГОРИТМ, САМОПОДІБНІСТЬ.

ABSTRACT

Text part of the master's qualification work: 82 pages, 22 figures, 5 table, 21 sources.

The purpose of the work - the search for new, more advanced methods of calculating the bandwidth of the communication channel of next-generation networks, business networks, aimed at increasing the efficiency of network use and improving the quality of the offered services.

Object of research – integrated next-generation universal communication network (UMZNP), which combines various types of communication based on unified organizational and technological principles. next generation communication networks.

Subject of research – research and consideration of the main characteristics of next-generation communication networks for enterprises

Summary of the work: The paper examines the basic principles of next-generation communication networks and conducts a study of the characteristics of the main types of traffic in these networks. A solution to the optimization problem of multi-service networks is offered. This solution consists in applying the laws of traffic flow distribution in network modeling and design to calculate optimal network bandwidth characteristics.

KEYWORDS: INTERNET, TRAFFIC ANALYSIS PROGRAM, TELETRAFFIC, CITY AND NETWORKS, TECHNOLOGIES, ROUTER, ALGORITHM, SELF SIMILARITY.

ЗМІСТ

ВСТУП 9
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ 11
1.1 Аналіз існуючої мережі передачі даних 12
1.2 Мережа побудована за ієрархічним принципом 14
1.3 Аналіз якості обслуговування існуючої мережі 16
1.5 Якість обслуговування мереж зв'язку наступного покоління 21
1.6 Побудова мультисервісних мереж зв'язку 23
1.7. Аналіз методів моделювання трафіку 41
2 ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ МЕРЕЖНОГО ТРАФІКУ 49
2.1 Програмне забезпечення Wireshark 49
2.2 Методи дослідження трафіку 50
2.3 Огляд досліджень та розробок методів розрахунку пропускної здатності мереж зв'язку 52
3 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ 59
3.1 Обслуговування самоподібного навантаження в мережі 60
3.2 Розрахунок пропускної спроможності в мережах зв'язку наступного покоління 62
3.3 Метод розрахунку характеристик якості обслуговування розподілених систем обробки інформації 67
ВИСНОВКИ 74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 79
ДЕМОНСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ 81

ВСТУП

Актуальність теми. Основний напрямок розвитку за останнє десятиліття телекомунікаційних мереж — це створення інтегрованої універсальної мережі зв’язку наступного покоління (ІУМЗНП), що об’єднує різні види зв’язку на основі єдиних організаційних і технологічних принципів. Вирішенням цієї проблеми займаються як у нас, так і в багатьох країнах, де інформаційні технології отримали розвиток. Така мережа надає користувачам численні послуги; здатність передавати, отримувати та обробляти інформацію різного характеру та обсягу в цифровому вигляді.

Традиційні інформаційні потоки, доповнюються створеними голосовими повідомленнями, включають факси, мобільний зв’язок, перевірку кредитної картки, з'єднань з Інтернет-дзвінками тощо.

В залежності від прийнятої класифікації, мережеві програми зв'язку наступного покоління можна розділити на три основні групи: передача даних, пакетна телефонія і потокове відео. Навантаження комунікаційних програм, що належать до першої групи, як правило, передається за принципом найкращого зусилля (Best Effort). Якщо його значення знаходиться в розумних межах, він не є чутливим.

Навантаження комунікаційних додатків другої і третьої груп відноситься до категорії мультимедійних навантажень (Streaming Traffic). Щоб досягти цього, необхідно виділити гарантовану пропускну здатність і забезпечити якість обслуговування (QoS). Якщо на початку використання Інтернету основною перевагою пакетної передачі інформації була можливість створювати надійні мережі, здатні передавати навантаження на великі відстані, то сьогодні здатність сучасних пакетних технологій забезпечувати певний QoS (Quality of Service) - якість обслуговування.

Технології з такими характеристиками в основному включають: Frame Relay, ATM і MPLS.

Використання технологій Frame Relay, ATM, MPLS дозволяє включити механізм створення віртуальних шляхів в архітектуру IP-протоколу і дає можливість включити процес надання вхідних потоків, аналізованих на рівні каналу, аналогічно наступному: процес, що відбувається під час отримання маршруту в мережах з комутацією каналів.

Це означає, що моделі та методи оцінки показників переносу навантаження, розроблені в теорії телетрафіку при аналізі класичних систем зв’язку, можуть бути перенесені на моделі, що є результатом пояснення процесу мультимедійного переносу навантаження в сучасних мультимедійних мережах.

При цьому залишаються відкритими питання щодо розрахунку пропускної здатності ділянок мереж зв’язку наступного покоління. Це пояснюється новизною і складністю задачі, а також різноманітністю можливих варіантів джерел завантаження медіа та кількості підключених каналів для надання послуг користувачу цифрової мережі.

Тому важливість проблеми створення методів аналізу та синтезу мереж зв’язку наступного покоління випливає з наступних потреб:

- забезпечення оптимальних режимів роботи та визначення ефективності та допустимого навантаження ділянок мережі;
- ефективне використання засобів телекомунікаційної мережі при забезпеченні необхідної якості послуг. Оскільки помилки розрахунків призводять до надмірних вимог до обладнання для трафіку служби, необхідно якомога точніше визначити ймовірність втрат при допущених помилках в розрахунках.

Мета роботи полягає у пошуку нових, більш досконалих методів розрахунку пропускної здатності каналу зв'язку мереж наступного покоління, бізнес-мережі, спрямованих на підвищення ефективності використання мережі та покращення якості пропонованих послуг.

Об’єкт дослідження - інтегрована універсальна мережа зв’язку наступного покоління (ІУМЗНП), що об’єднує різні види зв’язку на основі єдиних організаційних і технологічних принципів. мережі зв’язку наступного покоління.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ МЕРЕЖ ЗВ’ЯЗКУ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ

Комерційне використання Інтернету для віддаленого доступу до даних, пошуку інформації, електронної пошти та інших програм стає все більш важливим. Працюючи з корпоративними клієнтами, постачальники послуг наголошують на величезному невикористаному потенціалі Інтернету. Бажання об'єднати мережі різної природи спонукає до побудови мереж зв’язку наступного покоління. Все це призводить до появи нових складних комплексних додатків з високими вимогами до пропускної здатності та інтелекту мережі, тобто здатності гнучко та ефективно обробляти різні типи трафіку (дані, голос, відео) з метою їх максимально ефективного використання гарантує доступну пропускну здатність і якість обслуговування, яке вимагається клієнтами та програмами.

На думку експертів, QoS може стати «проривом» серед провайдерів які надають сервісні послуг. Однак поки що не досягнуто згоди щодо основних елементів і концепцій функцій обслуговування, які є важливою передумовою для створення стандартних пропозицій послуг.

Наприклад, сам термін QoS часто неправильно використовується навіть користувачами професійних мереж які професійно займаються мережевими технологіями, тобто QoS представлено як набір функцій, які визначають клас обслуговування CoS (class of service).

Прояснимо: термін «клас обслуговування» описує більш-менш стандартизований набір ознак і функцій, які характеризують певну послугу (service) або пакет послуг (service package). Якість обслуговування (quality of service, QoS) — це більш точний термін, який використовується переважно для опису набору вимірюваних параметрів послуги. У IP-мережі QoS може бути представлено, наприклад, продуктивністю передачі IP-пакетів в одній або кількох мережах.

На додаток до завдання підвищення продуктивності та надійності мережі, постачальники мережевих послуг зобов’язані надавати користувачеві (end-to-end)

(кінець в кінець) - «наскрізну», гарантовану комплексну якість послуг у передачі різних типів даних, включаючи відео, мультимедійний контент і голос.

1.1 Аналіз існуючої мережі передачі даних

Розглянемо розгорнуто міську мережу передачі даних MetroEthernet – це транспортна мережа, яка є частиною загальної мережі швидкого надання послуг ШСД українськими провайдерами та операторами, це мережа яка забезпечує сервіси підключення типу «точка-точка» або багатоточкового підключення в міській мережі (MAN). Стандарт Ethernet походить від технології локальних мереж та замінив низькошвидкісні технології мереж WAN. Логічні мережі передачі різних провайдерів і операторів складаються з гілок, з'єднаних між собою основною мережею передачі даних (ОМПД). З адміністративної точки зору мережі філій — це окремі та незалежні мережі, якими керують місцеві служби. Швидкість, з якою оператори та провайдери пропонують SHSD, дуже різняться. Обмеження швидкості залежить від технічних можливостей провайдера або оператора, у якого надається послуга (у великому місті швидкість вище, ніж у селі). Таким чином, послуги доступу підтримка швидкостей від одного Мбіт/с до 10 Гбіт/с. Клієнти можуть динамічно збільшувати пропускну здатність часто без необхідності придбання або встановлення нового обладнання, визначаються операторами та провайдерами як послуги широкосмугового доступу.

Прискорення впровадження нових сервісів, забезпечення безперебійного підключення користувачів, оптимізація використання пропускної здатності, все це досягається за допомогою системи Metro Ethernet. Технологія Ethernet допомагає знизити експлуатаційні витрати. Витрати на надання нових послуг Ethernet відносно низькі, оскільки технологія легко адаптується до існуючої інфраструктури передачі даних.

Корпоративні, житлові та мобільні абоненти віддають перевагу послугам Ethernet від постачальників послуг за їх продуктивність, гнучкість і простоту. Для цього постачальники послуг використовують мережу Metro Ethernet.

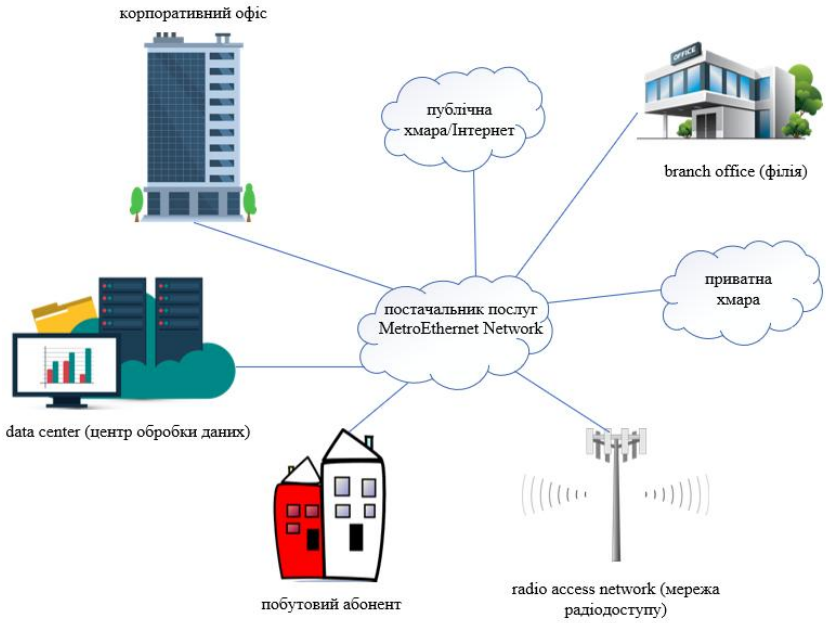


Рисунок 1.1 - Мережа Metro Ethernet для постачальників послуг

Мережа передає мультисервісний трафік (дані, голос, відео) і надає такі послуги:

взаємозв'язок офісів і ЦОД (центрів обробки даних). Завдяки Metro Ethernet можна підключити від двох до кількох сотень об’єктів;

підключення індивідуальних або професійних абонентів до Інтернету;

забезпечує підключення до публічних і приватних хмарних центрів обробки даних;

надання послуг з передачі мобільного трафіку для оптових підприємств.

забезпечує багатоадресну передачу даних, яка використовується бізнес-клієнтами для відеоконференцій, а також індивідуальними абонентами для перегляду телебачення та відео через Інтернет.

Мережа MetroEthernet - це комп'ютерна комунікаційна мережа , побудована за трирівневою ієрархічною схемою (рисунок 1.2).

1.2 Мережа побудована за ієрархічним принципом

Пристрої на найвищому рівні ієрархії L1 повинні підключатися до пристроїв на найнижчому рівні ієрархії L2. Пристрої вищого рівня ієрархії, маршрутизатори Juniper T-320, повинні бути підключені до існуючого ядра міської мережі, побудованої на основі підключених пристроїв доступу: мультиплексори цифрових абонентських ліній (DSLAM), комутатори Ethernet, мультисервіси. вузли доступу (MSAN).

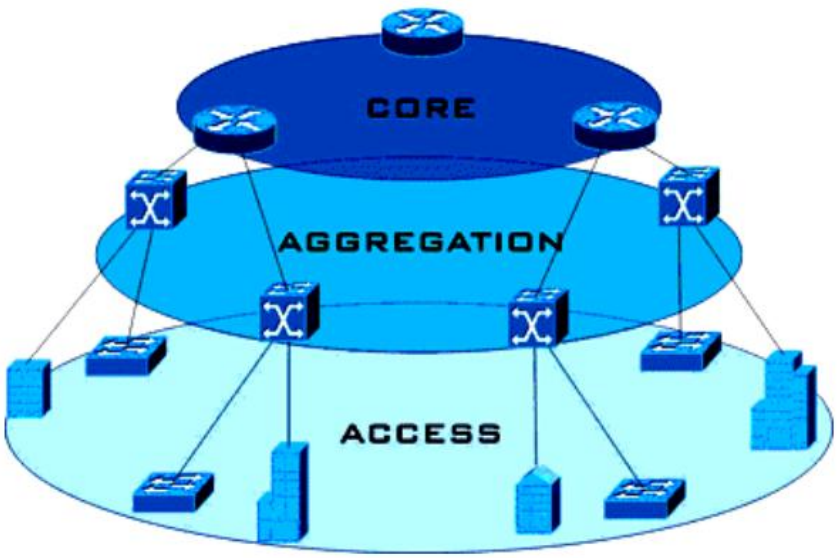


Рисунок 1.2. - Загальна схема міської мережі Metro Ethernet

Основною метою використання багаторівневої архітектури при побудові мережі Metro Ethernet є забезпечення високої надійності, масштабованості та ефективності.

Головною перевагою MetroEthernet є співвідношення ціни та якості, а також вирішення проблем муніципальних операторів телекомунікацій. Сучасна транспортна мережа за технологією Metro Ethernet використовується телекомунікаційними операторами для створення мереж наступного покоління NGN, усуваючи потребу в додатковому обладнанні для доступу в Інтернет, практично усуваючи обмеження швидкості, дозволяючи провайдеру швидко вводити нові додаткові програми та послуги для абонентів. Рівень доступу

створюється відповідно до кільцевої або зіркової діаграми столичних вузлів (рис. 1.3, рис. 1.4) на комутаторах Metro Ethernet для підключення бізнес- та офісних клієнтів, а також домашніх і SOHO-клієнтів. На рівні доступу реалізується комплексний набір заходів безпеки для забезпечення ідентифікації та ізоляції клієнтів, що забезпечує захист інфраструктури оператора.

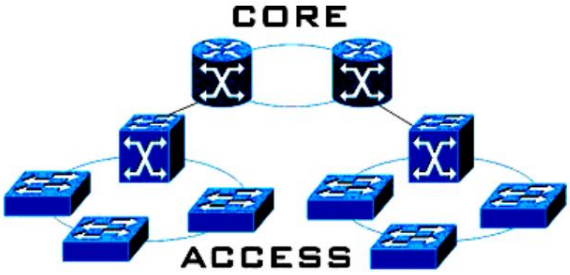


Рисунок 1.3. Топологічна модель кільця

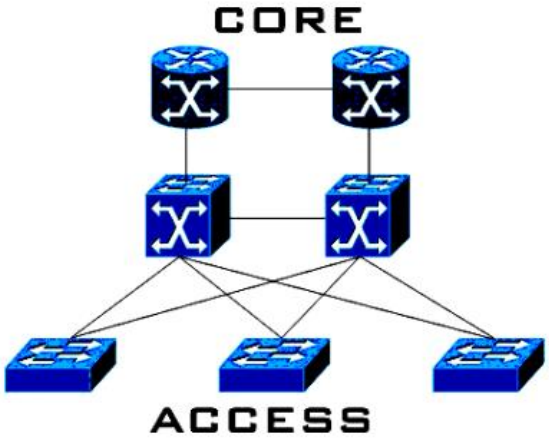


Рисунок 1.4 - Топологічна модель зірки

Термін «множинний доступ» підкреслює той факт, що всі станції мають однакові права доступу до мережі. Якщо одна зі станцій виявить зіткнення, вона надішле спеціальний сигнал, щоб попередити інші станції про конфлікт. У разі збою всі дані мережі будуть знищені. Після зіткнення станції намагаються повторно передати дані. Щоб запобігти одночасним передачам, був розроблений спеціальний механізм переривання, який просить кожну станцію зачекати випадкову кількість часу перед повторною передачею. Станції з найкоротшим часом очікування першою буде дозволено повторити спробу передачі даних, інші вважатимуть, що

мережа зайнята, і чекатимуть знову. Основними технологіями зв’язку наразі є: SONET/SDH, ATM, POS (PocketoverSonet), EoSDH (EthernetoverSDH), DWDM, CWDM, DPT/RPR, Fast / Gigabit /10 GigabitEthernet.

1.3 Аналіз якості обслуговування існуючої мережі

Для забезпечення якості обслуговування в мережі оператори надання телекомунікаційних послуг, поділяють трафік на чотири основні класи:

- Network Control (Контроль мережі);
- Real Time (Реальний час);
- Assured Elastic (Гарантована гнучкість);
- Elastic (Гнучкий).

Клас NetworkControl використовується для позначення трафіку мережевого протоколу оператора та недоступний для трафіку клієнта. Тому клієнтський трафік можна розділити на три класи обслуговування: у реальному часі, підтверджена гнучкість або гнучкий. Трафік керування мережею(Network Control) представляє дані, необхідні для роботи мережі. До них належать протоколи маршрутизації, розподіл тегів тощо. Для цього трафіку потрібна гарантована пропускна здатність, але не надто велика. Використовується лише в Інтернеті. У кінці мережі цей тип трафіку зазвичай вимагає перекласифікації.

Клас RealTime призначений лише для телефонії та може мінімізувати відповідну чергу із затримок, небажані фазові та/або частотні випадкові спотворення під час передачі сигналу - джиттера тощо. це вимагає пріоритетної обробки відповідної черги, щоб мінімізувати її. Це також стосується мультимедійних даних (IP-телебачення, VoD, NVoD тощо), що поширюються по мережі для надання послуг Triple Play.

Гарантований гнучкий(Assured Elastic) клас трафіку клієнтів. Цей тип також може відповідати трафіку сигналізації голосового шлюзу та керувати трафіком між приставкою та проміжним програмним забезпеченням iTV.

Клас Elastic обробляє весь інший трафік. У ньому не згадується жодна гарантія пропускної здатності, часу чи доставки. До цього класу в основному входять користувачі Інтернету. Рух цього класу може сильно відрізнятися.

Ці чотири основні класи мають вимоги до обслуговування, вони наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Класи трафіку в мережі

Клас трафіку	Відсоток втрат	Затримка	Варіація затримки	Приклад додатків
Real Time	дуже низький	дуже низька	дуже низька	Телефонія NGN
Network Control	низький	низька	неважливо	Трафік мережевих протоколів (OSPF, LDP, RSVP і т.п.)
Assured Elastic	низький	середній	неважливо	Трафік бізнес додатків
Elastic	неважливо	неважливо	неважливо	доступ в Інтернет

1.4 Вимоги до передачі даних сучасних мереж

При проектуванні мережі оператори повинні враховувати вимоги корпоративних клієнтів до якості обслуговування. Загальною проблемою для операторів і корпоративних клієнтів є безліч варіантів і комбінацій реалізацій QoS. Майже всі досвідчені інженери мають дещо інший погляд на свою практику.

Найбільшою проблемою для IP-мереж, що розвиваються, є забезпечення належної якості QoS голосових послуг і нових мультимедійних послуг. Наприклад, IPTV — нова мультимедійна послуга, яка швидко розвивається. Ключовим фактором у забезпеченні комерційного успіху послуг IPTV і домашніх мереж буде забезпечення задоволеності кінцевих користувачів якістю, яку вони отримують. Ці послуги мають мультимедійний характер і включають передачу звуку, зображення, тексту та всіх типів даних, а також інтерактивні функції керування. Для кожного з

цих аспектів необхідно визначити вимоги до якості та відповідні методи вимірювання.

Загальні вимоги до сучасних мереж передачі даних, в яких приймається рішення про використання конкретної технології:

- висока продуктивність: забезпечує пропускну здатність смуги, необхідну для задоволення вимог, пов'язаних з можливими затримками в передачі інформації;
- гнучка архітектура: можливість збільшення продуктивності та кількості підтримуваних функцій за потреби;
- масштабованість: можливість підключення нових користувачів або сайтів до мережі;
- управляти різними видами трафіку;
- якість обслуговування є важливим параметром для мереж зв’язку наступного покоління.

Вимоги до якості обслуговування голосу;

- розроблений для забезпечення високоякісних послуг VoIP, втрати пакетів на магістралях не повинні перевищувати 0,25%;
- затримка в одну сторону не повинна перевищувати 150-200 мс.,відповідно до стандарту G.114 Міжнародного союзу телекомунікацій ITU (International Telecommunication Union);
- джиттер (jitter) повинен бути менше 10 мс;
- кожен виклик вимагає від 21 до 106 кбіт гарантованої смуги пропускання з пріоритетом (залежно від частоти дискретизації, кодека та заголовка рівня 2);
- трафік сигналізації вимагає 150 біт (плюс заголовок рівня 2) гарантованої пропускної здатності.

Вимоги до QoS для інтерактивного відео:

- втрати не повинні перевищувати 1%;
- затримка в одну сторону не може перевищувати 150 мс;
- коливання затримки не можуть перевищувати 30 мс;

- мінімальна гарантована пропускна здатність (LLQ) має дорівнювати розміру сеансу відеоконференції, збільшеному на 20%.

Вимоги QoS для потокового відео:

- втрати повинні бути менше 2%;
- затримка повинна бути менше 4-5 секунд (залежно від можливостей буферизації відео програми);
- немає значних вимог до тремтіння затримки;
- вимоги до гарантованої пропускної здатності залежать від формату кодування відео.

Вимоги до якості обслуговування трафіку даних. При визначенні вимог до QoS для передачі даних слід враховувати такі фактори:

- транзакційні/інтерактивні: програми обслуговування клієнтів, програми обміну повідомленнями;
- великі програми: передача великих файлів, синхронізація та реплікація баз даних, електронна пошта (e-mail);
- клас за замовчуванням для всього нерозподіленого трафіку, якщо це можливо; налаштувати принаймні 25% пропускної здатності для цього класу;
- необов’язковий клас – Інтернет/ scavenger (ігровий трафік, розваги).

Додатковий необов’язковий клас охоплює маршрутизацію та керування мережею .

Комп’ютерні мережі спочатку створювалися для спільного доступу користувачів до ресурсів комп’ютера (файлів, принтерів тощо). Трафік, створюваний цими традиційними сервісами комп'ютерної мережі, має свою специфіку і істотно відрізняється від трафіку повідомлень телефонних мереж або, наприклад, кабельного телебачення. плакати. Однак саме в 1990-х роках трафік мультимедійних даних, що представляє голос і зображення в цифровій формі, увійшов у комп’ютерні мережі. Відеоконференції, відеонавчання та розваги тощо стали використовуватися через комп'ютерні мережі . Для організації починають використовувати комп’ютерні мережі. Звичайно, для динамічної передачі мультимедійного трафіку потрібні інші алгоритми і протоколи та інше обладнання.

Хоча частка медіатрафіку ще невелика, він почав проникати в глобальні та локальні мережі, і цей процес триватиме все більш швидкими темпами.

Основною особливістю трафіку, що створюється при динамічній передачі звуку або зображення, є наявність жорстких вимог до синхронності переданих повідомлень. Щоб досягти високоякісного відтворення безперервних процесів, таких як звукові коливання або зміни інтенсивності світла у відеозображенні, необхідно отримати амплітуди сигналу, виміряні та закодовані на частоті, на якій вони виміряні на стороні передавача. Якщо повідомлення затримуються, відбувається спотворення.

У той же час трафік комп'ютерних даних характеризується вкрай нерівномірною щільністю повідомлень, що надходять в мережу, без жорстких вимог до часу доставки цих повідомлень. Наприклад, доступ користувача, який працює з текстом на віддаленому диску, спричиняє довільний потік повідомлень між віддаленим і локальним комп’ютерами залежно від дій користувача під час редагування тексту, що спричиняє затримки доставки на певному рівні (і достатньо широкому для комп’ютера) ліміти (з точки зору) мінімально впливають на якість обслуговування користувачів Інтернету. Усі комп’ютерні комунікаційні алгоритми, пов’язані протоколи та апаратне забезпечення зв’язку розроблено спеціально з урахуванням такого типу нестабільності трафіку. Таким чином, необхідність передачі мультимедійного трафіку вимагає фундаментальних змін як у протоколах, так і в апаратному забезпеченні. Майже всі нові протоколи тепер пропонують певну підтримку медіа-трафіку.

Особливо складно об'єднати традиційний комп'ютерний і мультимедійний трафік в єдину мережу. Хоча це й пов’язано, воно передбачає лише передачу мультимедійного трафіку через комп’ютерну мережу створює деякі труднощі, але менше труднощів. Однак співіснування двох типів трафіку з протилежними потребами QoS є набагато складнішим завданням. Як правило, протоколи та апаратне забезпечення комп’ютерної мережі класифікують мультимедійний трафік як необов’язковий, тому якість його обслуговування залишає бажати кращого. В даний час докладаються величезні зусилля для створення мереж, які не шкодять

інтересам будь-якого типу трафіку. Найближчими до цієї мети є мережі на основі технології ATM, творці яких спочатку враховували співіснування різних типів трафіку в одній мережі.

1.5 Якість обслуговування мереж зв’язку наступного покоління

До кінця 1980-х років Інтернет-трафік був рідким і використовувалося небагато веб-додатків. Підтримка байтів ToS (тип служби) майже в усіх реалізаціях IP є незначною. Реалізації IP не визначали байт типу ToS, і маршрутизатори ігнорували його, вирішуючи, чи пересилати IP-пакет.

Із зростанням популярності мережі та набуттям комерційних функцій зросла важливість використання механізму QoS (Quality of Service) в Інтернеті. Робота Інтернету заснована на глобальному управлінні пакетами даних без напряму з'єднання; Це означає, що передача інформації не гарантується.

Для цього він використовує два протоколи: протокол керування передачею (TCP) і протокол Інтернету (Internet Protocol), відомий як стек TCP/IP. Хоча відсутність напрямку підключення робить Інтернет більш стійким і стійким до збоїв, динаміка переданих потоків даних робить його вразливим до перевантаження; Це часто трапляється на перетині двох мереж із дуже різною смугою пропускання.

Тому IP-мережі з комутацією пакетів не гарантують пропускну здатність, оскільки вони не гарантують доставку.

У програмах, де порядок надходження та відстань між пакетами не важливі, затримка між окремими пакетами не є критичною. Наприклад, у випадку IP-телефонії важливий порядок надходження пакетів і динаміка передачі сигналу, що забезпечується сучасними методами кодування та передачі інформації. Транспортні протоколи стека TCP/IP, які працюють через IP, не забезпечують високоякісне обслуговування трафіку, чутливого до затримки. Хоча протокол TCP забезпечує надійну передачу інформації, він передає інформацію з непередбачуваними затримками. UDP, який зазвичай використовується для передачі інформації в

реальному часі, пропонує меншу затримку, ніж TCP, але не включає механізми якісного обслуговування, такі як IP.

Якість послуги в основному використовується для опису набору вимірних параметрів послуги. У IP-мережі QoS може бути представлено, наприклад, продуктивністю передачі IP-пакетів в одній або кількох мережах.

Якість обслуговування (QoS) вимірює ймовірність того, що мережа може передати заданий потік даних між двома вузлами на основі потреб програми або

Якість обслуговування користувачів визначається як міра продуктивності транспортної системи, яка відображає якість передачі та доступність послуг. Доступність послуг є важливим елементом QoS. Для успішного впровадження QoS необхідно забезпечити максимально можливу доступність мережевої інфраструктури. (Кінцева мета високої доступності становить 99,999%, або лише 5 хвилин простою на рік.) Якість передачі мережі залежить від таких факторів:

- Доступність – час роботи мережі між точкою входу та точкою виходу визначає доступність мережі. Доступність послуги – період, протягом якого послуга доступна між точки входу та виходу, визначені параметрами, визначеними в рівні обслуговування (SLA);
- Втрати - це відношення успішно отриманих пакетів до загальної кількості пакетів, переданих у мережі. Втрати виражаються як відсоток пакетів, відкинутих і не доставлених за призначенням. Як правило, втрати є функцією доступності. Якщо мережа не завантажена, то втрати будуть нульовими (при відсутності перевантажень). Однак у разі перевантаження механізми QoS визначатимуть, які пакети можна відкинути;
- Затримка - це час, який потрібен пакету для досягнення місця призначення після передачі. У випадку аудіо ця затримка визначається як час, необхідний для проходження сигналу від динаміка до слухача;
- Джиттер - випадковіспотворення/затримки - це різниця в наскрізній затримці, яка виникає, коли різні пакети передаються через мережу. Наприклад, якщо для передачі пакету по мережі потрібно 100 мс, а для передачі наступного пакету потрібно 125 мс, варіація затримки становитиме 25 мс;

- Варіація затримки (Jitter, IPDV – мінливість затримки IP-пакета, PDV – мінливість затримки пакета) . Метрика визначена в RFC 3393 як різниця між наскрізними затримками двох пакетів.

PDV i-го та j-го пакетів розраховуватиметься так:

$$D_{i,j} = (R_j - R_i) - (S_j - S_i) = (R_j - S_j) - (R_i - S_i) \quad (1.1)$$

де, R - час відправлення пакету; S- час доставки.

RFC 3550 визначає метод поступового інкрементального обчислення мінливості набору пакетів:

$$J_i = J_{i-1} + (|D_{i-1,i}| - J_{i-1})/16 \quad (1.2)$$

Під час вимірювання отримані значення PDV усереднюються за певний період часу.

1.6 Побудова мультисервісних мереж зв’язку

Міжнародний союз електрозв’язку (ITU-T) зробив внесок у розвиток різних аспектів концепції якості обслуговування, включаючи розробку стандартів і вимог до показників якості обслуговування, стандартизацію мережевих механізмів для забезпечення необхідних показників якості обслуговування і формулювання. Це одне з основних визначень.

Основою мультисервісної мережі зв'язку є універсальний транспорт з розподіленою комутацією пакетів. Традиційні вузли мережі (мультиплексори, комутатори та маршрутизатор), така мережа може включати контролери сигналу та обладнання шлюзу для різних цілей.

Мультисервісні мережі – це мережі зв’язку, побудовані відповідно до концепції мережі зв’язку наступного покоління та пропонують необмежений спектр послуг.

Мультисервісна мережа створює єдину інформаційно-телекомунікаційну структуру, яка управляє всіма видами трафіку (дані, голос, відео) і надає всі види послуг (традиційні та нові, базові та додаткові) у будь-який час, у будь-якому наборі та у будь-який час та обсяг.

На відміну від технологій X.25, Frame Relay і ATM, традиційні IP-мережі використовують режим розповсюдження, який повністю усуває будь-яку організацію з'єднання, будь то фізичне чи віртуальне. Цей метод заснований на надсиланні пакетів дейтаграм. Якість доставки в традиційних IP-мережах базується на принципі «найкращих зусиль». Концепція «максимальних зусиль» передбачає, що користувачі справедливо розподіляють доступні мережеві ресурси, що трафік передається якомога швидше за заданих умов завантаження мережевих ресурсів, але немає гарантії попередньо визначеного рівня якості обслуговування. Такий підхід до послуг означає:

- немає різниці між різними видами рухів трафіку;
- немає гарантії, що пакети будуть доставятися в правильному порядку;
- будуть доставлені в зазначений час або не доставлені взагалі.

Концепція «найкращої спроби» виявилася дуже ефективною для програми, в яких можна передавати дані в автономному режимі (електронна пошта, передача файлів).

Принцип класифікації послуг операторів телекомунікацій за багатовимірною структурою базується на системі класифікації певних послуг:

- Класифікація послуг за типом інформації (контенту), що передається;
- Класифікація послуг за способом надання замовнику доступу до послуги;
- Класифікація послуг за типом клієнта;
- Класифікація послуг за типом обміну інформацією.

Крім методів класифікації, зазначених вище, кожен вид послуг можна розділити за такими критеріями:

- за пріоритетністю та важливістю реалізації – важливі (необхідні) послуги додаткові (додаткові послуги), де надання додаткових послуг можливе лише за наявності основних послуг;
- за маркетинговою функцією – послуги, спрямовані в основному на отримання доходу, і послуги, спрямовані в основному на залучення клієнтів (опосередковане отримання доходу шляхом надання інших послуг як

залучалися клієнти). Необхідно класифікувати послуги за типом наданої інформації.

Класифікація послуг за типом інформації (контенту), що передається. Відповідно до цієї класифікації послуги поділяються на категорії:

- телефонні (і відеотелефонні) послуги;
- послуги передачі даних;
- послуги телерадіомовлення;
- послуги приватного каналу (послуги незалежно від типу інформації, що передається);
- інфраструктурні послуги.

Телефонні послуги – це голосові послуги, кінцевими користувачами яких є переважно індивідуальні клієнти, які взаємодіють онлайн з іншими подібними клієнтами. Ці послуги поділяються на послуги стаціонарного та мобільного зв'язку. Крім того, сервіси потокового відео (відеотелефонія) наразі відрізняються від цих сервісів; Особливим видом цього є, наприклад, послуга відеоконференц зв'язку (як альтернатива конференц-дзвінку).

Сервіси передачі даних включають IP, ATM, Frame Relay, X.25 [1] тощо, залежно від протоколу, засновані на розборі (комутації) заголовків пакетів, через які абонент підключається до приймача. поділяється на служби. Розрахунки здійснюються на основі угод про рівень обслуговування (SLA) або переданого трафіку, виміряного прямо чи опосередковано на основі пропускної здатності каналу та тривалості використання. Коли послуги надаються в багатопротокольному середовищі даних і за наявності різнорідного мережевого трафіку, розділити послуги часто нелегко; Виділіть частки трафіку, призначені кожному. Найпростіший спосіб зробити це — підрахувати IP-пакети, комірки ATM, кадри FR або X.25.

Послуги трансляції передбачають одностороннюю передачу інформації великій кількості клієнтів одночасно. В основному це послуги радіо та телебачення. Останнім часом інтерактивне телебачення та ін. Завдяки цьому розширюється сфера надання цих послуг. Послуги приватного каналу передбачають надання

каналу цінової політики незалежно від типу переданого трафіку, його кількості та ступеня використання каналу. Різниця в пропускній здатності виникає лише через тип каналу та його максимальну пропускну здатність. Інфраструктурні послуги – не пов’язані безпосередньо з передачею інформації клієнту (оренда приміщень або обладнання, а також різні консалтингові послуги).

Класифікація послуг за типом клієнта поділяє послуги на:

- послуги, що надаються іншим операторам (провайдерам) телекомунікацій;
- обслуговування корпоративних клієнтів;
- послуги, що пропонуються індивідуальним користувачам.

Компанії по наданню телекомунікаційних послуг ставлять певні вимоги до QoS для різних типів програм. Сучасна тенденція до конвергенції мереж різних типів, збільшення обсягів трафіку і поява додатків реального часу і мультимедійних додатків призвели до необхідності передачі по мережі різних видів трафіку, у числі чутливи до затримок. Тому традиційні мережі TCP/IP не гарантують якості обслуговування, необхідного додатками, і необхідно розробити додаткові інструменти, щоб гарантувати необхідний рівень підтримки додатків.

Просте збільшення пропускної здатності мережі більше не гарантує, що різноманітні програми, що працюють у мережі, отримають необхідний їм сервіс. Потрібні нові механізми QoS для врахування різних вимог, які додатки висувають до мережі.

Впровадження механізмів підтримки QoS [16] в комп'ютерних мережах є відносно новою тенденцією. Довгий час комп'ютерні мережі працювали без них, в основному з двох причин. По-перше, більшість додатків, які працюють у мережі, потребують ресурсів. Затримки доставки пакетів або середні коливання виробництва досить широкий діапазон не призводить до помітної втрати функціональності.

Програми є основним двигуном розробки в розвитку мережі зв’язку наступного покоління. Високошвидкісні технології з’являються у відповідь на постійно зростаючий попит на пропускну здатність мережі. Поява нових видів трафіку, таких як IP-телефонія, передача голосу та відео, забезпечення низького

рівня затримки пакетів у комп’ютерній мережі, підтримка багатоадресної доставки пакетів тощо, породила потребу.

Трафік з різних програм класифікується досить чітко. В якості основних критеріїв розглядалися три характеристики:

- відносна передбачуваність швидкостей передачі даних;
- чутливість до затримок пакетів;
- схильність до втрати та пошкодження пакетів.

Залежно від передбачуваності швидкості руху додатки діляться на два основних класи:

- з рухом трафіку у вигляді рівномірного потоку (Flow);
- з нерегулярним рухом трафіку (Burst).

Додатки преміум-класу характеризуються більш-менш високим ступенем передбачуваності генерованого трафіку постійна швидкість (постійна швидкість передачі даних, CBR(Constant Bit Rate)). Швидкість потоку може змінюватися, але його верхня межа заздалегідь визначена. Наприклад, потоки аудіоданих класифікуються як CBR, а верхня межа для основного аудіопотоку становить 64 Кбіт/с.

Другий клас характеризується високим ступенем непередбачуваності, коли періоди бездіяльності змінюються діями, що відповідають доставці великих «блоків даних». Цей тип трафіку характеризується змінною бітовою швидкістю передачі даних VBR (Variable Bit Rate). Таким чином, коли файлова служба працює, щільність трафіку може збільшуватися від нуля до нескінченності, якщо файли не передаються. Після надсилання запиту з інформацією про місцезнаходження файлу програма повинна завантажити дані якомога швидше. наскільки це можливо. Строго кажучи, кожна програма генерує переривчастий трафік, у тому числі потоковий. Для цих двох типів застосувань різний лише коефіцієнт нерегулярності (тобто співвідношення між максимальною миттєвою швидкістю та середньою швидкістю).

Іншим критерієм для класифікації програм на основі типу трафіку є їх чутливість до затримок пакетів. Основні типи додатків:

- асинхронні програми, такі як обмін електронними повідомленнями, майже не накладають обмежень на затримку («гнучкий» трафік);
- паралельні програми чутливі до затримки, але допускають їх;
- інтерактивні програми відрізняються тим, що затримки можуть бути помітні для користувачів, але не негативно впливають на функціональність програми, наприклад, під час роботи з віддаленим файлом у текстовий редактор;
- конкуруючі додатки мають поріг чутливості затримки, за яким функціональність додатків погіршується; наприклад, після перевищення порогу затримки в 100-150 мс якість відтворюваної мови різко падає;
- дуже чутливі до затримки програми не можуть терпіти затримки, оскільки це зводить їхню функціональність до нуля, наприклад, при управлінні технічною установкою в режимі реального часу можлива аварія при затримці контрольного сигналу.

Інтерактивна програма завжди більш чутлива до затримки, ніж неінтерактивна програма. Таким чином, трансляція аудіоінформації може допускати значні затримки в передачі пакетів, але інтерактивне телефонне з'єднання не може їх терпіти.

Третім критерієм для класифікації програм є їх чутливість до втрати пакетів. За цим критерієм додатки зазвичай поділяють на дві групи: чутливі до втрат і нечутливі до втрат. Перший охоплює майже всі програми, які передають буквено-цифрові дані (текстові документи, програмні коди, числові рядки тощо); вони не допускають втрати індивідуальних даних, навіть невеликих. Такі втрати трапляються часто корозія і відсутність хоча б одного байта в програмному коді роблять його марним. Ці типи програм включають усі традиційні мережеві програми (файлові служби, служби баз даних, електронна пошта тощо).

Другий тип додатків об’єднує додатки, рух яких передає інформацію про інерційні фізичні процеси. Терпимість до втрат полягає в тому, що невелику кількість відсутніх даних можна відновити за допомогою прийнятих даних. Таким

чином, якщо пакет, що містить багато послідовних аудіовимірювань, втрачено, відсутні вимірювання можна замінити підходом на основі сусідства.

Більшість програм (аудіо- та відеопрограм) належать до цього типу програм. Однак толерантність до втрат також має свої межі, тому кількість втрачених пакетів не може перевищувати 1%. Не весь трафік захищений від втрати даних; Особливо стиснене аудіо або відео дуже ймовірно буде втрачено, тому відноситься до першого типу програм.

Перераховані функції незалежні. Програма прямого потокового передавання може бути асинхронною або синхронною, тоді як синхронна програма може бути чутливою або нечутливою до втрати пакетів. Однак практика показує, що більшість використовуваних додатків описуються лише кількома можливими додатками комбінації цих характеристик. Поєднання «плавного, одночасного потокового передавання без втрат» відповідає, наприклад, типовим програмам, таким як IP-телефонія, відеоконференції та передача голосу через Інтернет. З іншого боку, важко навести приклад реального застосування набору комбінацій ознак; наприклад: «плавний потік, асинхронність, втрата чутливості». Стійких комбінацій властивостей не так багато. При стандартизації технології ATM було визначено чотири класи додатків: A, B, C і D. Для всіх додатків, які не належать до жодного з цих класів, визначається клас X, де список функцій додатків може бути необов’язковим або довільним.

В загалом мультисервісний мережевий трафік можна розділити на три основні класи: трафік реального часу, потоковий трафік і гнучкий трафік.

Майже весь трафік, навіть пов’язаний із потоковими програмами, має ненульовий пульс. Істотно відрізняються лише значення коефіцієнтів флуктуації для плавних і пульсуючих рухів. Для пакетного застосування воно зазвичай становить від 2:1 до 100:1, тоді як для потокове застосування воно ближче до 1:1. Коефіцієнт приводу в локальних мережах зазвичай вищий, ніж у глобальних мережах.

Збільшення обсягу трафіку та поява мультимедійних додатків і програм реального часу призвели до того, що мережі доводиться обробляти різні типи

трафіку, чутлива до затримки, але мережі TCP/IP не гарантують якості обслуговування, необхідного додаткам.

Отже, основними вимогами до мереж зв'язку наступного покоління є:

- достатня пропускна здатність становить 4 Мбіт/с для MPEG2 і 2,5 Мбіт/с для MPEG4.;
- підтримка загальномережевої (Multicast) багатоадресної передачі є необхідною умовою для розгортання широкомовних послуг(broadcast);
- повна підтримка механізмів QoS.

Під системою масового обслуговування (СМО) розуміють динамічну систему, призначену для ефективного управління потоком запитів (вимог до обслуговування) в межах ресурсів системи. Моделі СМО підходять для опису сучасних IT-систем. Коли повідомлення передається по мережі, воно ставиться в чергу в обладнанні для передачі даних. Загальна структура СМО представлена на рисунку 1.4. Щоб охарактеризувати СМО, ми використовуємо класифікацію Кендалла, яка відображає основні характеристики СМО і є наступною: A/B/1 Початкова позиція відображає тип тимчасового розподілу між суміжними пакетами у вхідному потоці.

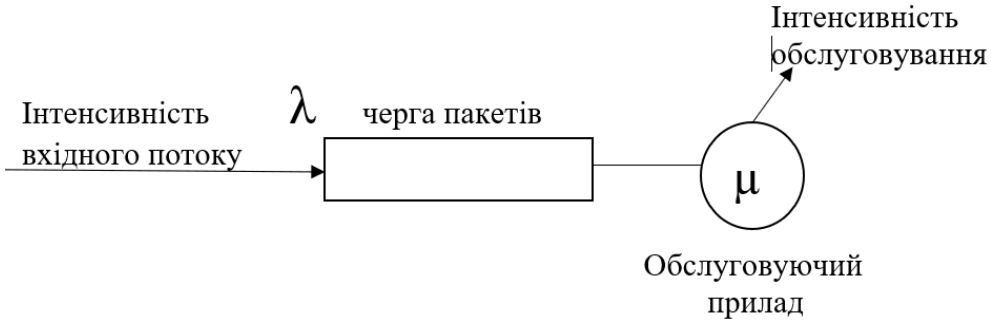


Рисунок 1.4. - Структура систем масового обслуговування

Другий елемент відображає розподіл часу обслуговування. Третій пункт показує кількість підтримуваних пристроїв.

Тому в системах масового обслуговування є два типи потоків: вхідні та вихідні. При цьому там відбуваються і випадкові процеси. Випадковий потік — це потік, у якому об'єкти надходять у систему обслуговування один за одним у

довільний час. При такому перебігу найпростішим є те, що має такі характеристики: стаз, посередність і відсутність побічних ефектів. Випадковий потік є стаціонарним, якщо ймовірність того, що задана кількість об’єктів потрапляє в часовий інтервал довжиною «Т», залежить лише від довжини цього інтервалу, а не від положення цього інтервалу на часовій осі. Загальною характеристикою всіх проблем масового обслуговування є випадковий характер досліджуваної події. Кількість запитів на обслуговування, часові інтервали між їх надходженням і тривалістю обслуговування є випадковими.

Момент надходження пакетів до мережі показано на рисунку 1.5.

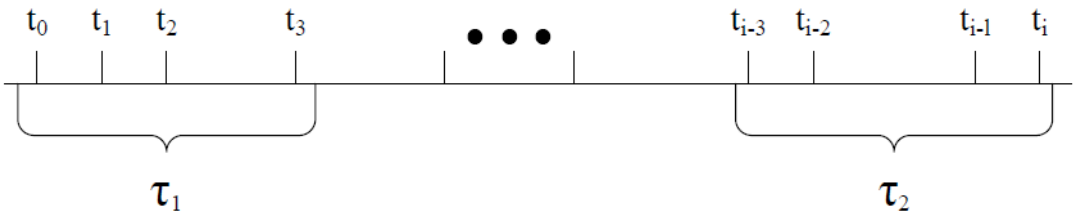


Рисунок 1.5 – Потік вимог, що входять

Потік об’єктів вважається нормальним, якщо ймовірність попадання двох або більше пакетів в один слот незначна порівняно з імовірністю попадання одного пакета. Тому надходження пакетів у мережу має бути унікальним.

Кажуть, що марний потік має місце, якщо в неперекриваючому інтервалі часу кількість об’єктів, що падають на один з них, не залежить від кількості об’єктів, що падають на інші. Тому відсутність узгодженості означає, що введення об’єктів сервісу в систему є незалежним. Це дуже важливо для найпростішого потоку. Виконання цієї умови означає, що пакети повинні надходити в мережу незалежно один від одного. Вихід пакетів з мережі часто має побічні ефекти, навіть якщо вхідний потік не має.

При аналізі систем масового обслуговування враховується важлива властивість найпростішого потоку: велику кількість звичайних стаціонарних потоків з практично будь-яким результатом, ми отримуємо довільний потік пакетів, близький до найпростішого.

Основною характеристикою обслуговуючого пристрою є інтенсивність обслуговування.

Розглядаючи, наприклад, систему, яка очікує на обслуговування, важливим параметром у чергах буде довжина черги. Довжина черги визначає максимальну кількість одиниць запиту, які очікують на обробку.

Якщо черги існують, порядок вибору запитів на обслуговування може бути іншим. Такий порядок називається службовою дисципліною. Найпростіша дисципліна - перший прийшов, перший вийшов (FIFO). Якщо в системі є запити, що відрізняються за деякими параметрами (наприклад, довжина пакета, категорії терміновості, час перебування в мережі тощо), запити відбираються за пріоритетом.

Ці дисципліни обслуговування називаються пріоритетними дисциплінами. Прикладами пріоритетних службових дисциплін є дисципліни з відносними та абсолютними пріоритетами. Сервісні пристрої, що входять до системи, можуть мати різну інтенсивність обслуговування.

Властивості самоподібності мережевого трафіку. Структура переданого трафіку в сучасних мережах зв'язку сьогодні зазнає значних змін. Пакетні мережі використовуються для надання голосових послуг, прослуховування музики, перегляду відеокліпів, організації мультимедійних конференцій, забезпечення мобільності абонентів, створення мереж IP-телефонії, розподіленого моделювання, онлайн-контролю, мережевих ігор та інших програм реального часу.

Спочатку створений для передачі датаграм, Інтернет-протокол (IP) вважався непридатним для обробки трафіку в реальному часі через такі параметри, як пропускна здатність і той факт, що кожен пакет у потоці даних передається незалежно від інших пакетів у цьому потоці. Затримка та мінливість затримки дуже різноманітні. Крім того, трафік у реальному часі є більш імовірним, ніж трафік даних.

Якщо до появи мультисервісних систем подібні проблеми не викликали серйозних побоювань щодо зручності використання комп'ютерних мереж у різних науково-технічних сферах, то в останні роки вони стають все більш помітними.

Це пов'язано з появою нових класів мережевих додатків, які висувають підвищені вимоги до якості з'єднання. Такі програми включають, наприклад, IP-телефонію, відеоконференції, розподілена обробка, дистанційне керування різними пристроями в режимі реального часу. Якщо розглядати додатки, що використовують протоколи прикладного рівня (ftp, http і т.д.) то для їх успіху достатньо використовувати розроблений протокол передачі TCP. Дійсно, вимоги до затримки таких мережевих програм дуже низькі, а втрати пакетів ефективно компенсуються механізмом підтвердження (збільшення затримки передачі даних).

Якщо ми розглядаємо (сучасні) ізохронні програми, які висувають підвищені вимоги до якості з’єднання, то ці програми вимагають, щоб затримка не перевищувала певного значення або щоб швидкість передачі не опускалася нижче певного значення.

Виходячи з вищевикладеного та численних досліджень у сфері телекомунікацій, так звані подібності та риси характеру.

Початок досліджень з теорії самоподібних (фрактальних) процесів поклали зарубіжні вчені: Leland W., Taqqu M., Willinger W., Wilson D., Norros I та інші.

Характеристики пакетного трафіку — це властивості самоподібності або масштабної інваріантності статистичних ознак, виявлених на практиці. Основна відмінність між самоподібним рухом і звичайним рухом полягає в їх статистичних властивостях (середнє значення, спектральна щільність, автокореляційна функція). тощо) мають тенденцію до швидкого зменшення це відрізняється від експоненціального. У результаті початкові припущення, зроблені раніше при розробці багатьох мережевих пристроїв, виявилися невірними і вимагали виправлень.

Концепція фракталу вперше була запропонована Бенуа Мандельбротом у 1975 році. Слово походить від латинського слова fractus, яке складається з частин.

З математичної точки зору, фрактальний об'єкт має дробову а не цілу розмірність .Ще одна важлива властивість, якою володіють майже всі фрактали, — це властивість самоподібності (масштабна інваріантність). Фрактал можна розділити на будь-які маленькі частини, так що кожна частина стає зменшеною

частиною цілого. Іншими словами, якщо ми подивимося на фрактал під мікроскопом, то побачимо таке ж зображення, як і без мікроскопа.

На відміну від детермінованих і стохастичних фракталів, фрактальні процеси зазвичай характеризуються масштабною інваріантністю (самоподібністю) статистичних властивостей другого порядку (кореляційної функції, спектральної щільності, дисперсії) - властивості незмінності коефіцієнта кореляції при масштабуванні.

Саме ці стохастичні фрактали враховуються при дослідженні властивостей мережевого трафіку.

Виявилося, що в самоподібних умовах трафіку з'явилися методи розрахунку глобальної комп'ютерної мережі (пропускна здатність каналів, ємність буфера і т.д.) на основі марковських моделей і формул Ерланга, які вивчені, реалізовані і використані при проектуванні. телефонів. мережі, створені на основі принципу комутації ланцюгів. Тому перенесення цих методів розрахунку в пакетні мережі дає некоректні рішення і призводить до заниження навантаження.

Сервісні моделі QoS:

Сервіс Best Effort Service (негарантована доставка пакетів). Повна відсутність механізмів QoS. Усі доступні ресурси мережі використовуються без окремого розподілу чи регулювання класів трафіку. Вважається, що найкращим механізмом для забезпечення QoS є збільшення пропускної здатності, але деякі типи трафіку (наприклад, голосовий) дуже чутливі до затримок пакетів і змін у швидкості пакетів. Модель Best Effort Service за наявності резервів великих резервів допускає навантаження у разі раптових коливань трафіку навіть із значними резервами;

Інтегроване обслуговування IntServ (Integrated Service) – інтегрована модель обслуговування забезпечує необхідну ефективність, забезпечуючи комплексну якість обслуговування,наскрізну (End-to-End). Він може забезпечити повну якість обслуговування, наскрізну (End-to-End), забезпечуючи при цьому необхідну продуктивність. IntServ використовує протокол сигналізації RSVP для власних цілей, гарантуючи виконання вимог для всіх проміжних вузлів. Це дозволяє

програмам виражати комплексні вимоги до ресурсів і містить механізми для виконання цих вимог. IntServ можна коротко визначити як резервування ресурсу. У цьому випадку маршрутизатори повинні зберігати інформацію про потік і аналізувати кожен пакет, щоб визначити, чи належить він до певного потоку, щоб маршрутизувати пакет відповідно до критеріїв потоку;

Диференційоване обслуговування Differentiated Service: модель диференційованого обслуговування забезпечує якість обслуговування на основі розподілу ресурсів у центрі мережі та конкретних класифікаторів і обмежень на межі мережі, об’єднаних для надання необхідних послуг. Ця модель дозволяє розділити трафік на класи, кожен зі своїм власним рівнем QoS. DiffServ включає контроль формування трафіку (класифікація пакетів, маркування, контроль щільності) і контроль політики (розподіл ресурсів, політика відкидання пакетів). DiffServ є найкращим прикладом інтелектуального керування пріоритетами трафіку.

Програми, що вимагають QoS:

- програми потокового передавання медіа вимагають гарантованої пропускної здатності;
- VoIP і відеоконференції вимагають низького тремтіння та низької затримки;
- багато програм, наприклад дистанційна хірургія, вимагають гарантованого рівня надійності.

Основні функції QoS [20] полягають у забезпеченні необхідних параметрів обслуговування та визначаються на основі трафіку наступним чином:

- класифікація;
- розмітка;
- управління перевантаженнями;
- запобігання перевантажень;
- регулювання.

Функціональна класифікація та розмітка Classification and Marking (Класифікація та маркування) в основному реалізовані на вхідних портах обладнання, тоді як контроль перевантаження та запобігання перевантаженням

реалізовані на вихідних портах. Класифікація пакетів — це механізм, який використовується для віднесення пакета до певного класу трафіку.

Ще одним важливим завданням при обробці відправлень є їх маркування (Packet Marking), тобто присвоєння відповідного пріоритету.

Класифікація та розмітка на третьому рівні: обладнання для маршрутизації працює з IP-пакетами, у яких для маркування є відповідне поле в заголовку - IP Type of Service (ToS), розмір якого становить один байт. ToS може бути заповнений пріоритетом IP або класифікатором DSCP, залежно від завдання. Пріоритет IP (IPP) має розмір 3 біта (приймає значення від 0 до 7). DSCP відноситься до моделі DiffServ і складається з біти (значення 0-63).

Крім числової форми, значення DSCP також можуть бути виражені за допомогою спеціальних ключових слів:

- доставка, якщо можливо, BE (Best Effort);
- AF Гарантована доставка (Assured Delivery);
- Експрес-доставка EF (Expedited Forwarding).

Ви можете позначати IP-пакети значенням QoS кількома способами: PBR, CAR, BGP.

Управління «навантаження». Congestions **- перевантаження виникають**, коли вихідні буфери пристрою, що передає трафік, заповнені. Основними механізмами, що спричиняють перевантаження трафіку, є затримка трафіку (коли швидкість вхідного трафіку перевищує швидкість вихідного трафіку) і невідповідність швидкості між інтерфейсами.

У разі перевантаження смуга пропускання керується за допомогою механізму черги. Пакети розміщуються в чергах, які обробляються впорядковано за певним алгоритмом. Дійсно, контроль перевантаження визначає, який порядок повинен бути гарантований. Вихід з інтерфейсу (черги) на основі пріоритетів. Якщо немає перевантаження, то черги працювати не будуть.

Маршрутизатори забезпечують підтримку програмних черг, що дозволяє більш гнучко налаштовувати механізми обробки. У цьому випадку пакети позначаються та класифікуються як вхідні, розділяються на черги та обробляються

відповідно до певних алгоритмів (планування - Scheduling), як показано на рисунку 1.6.

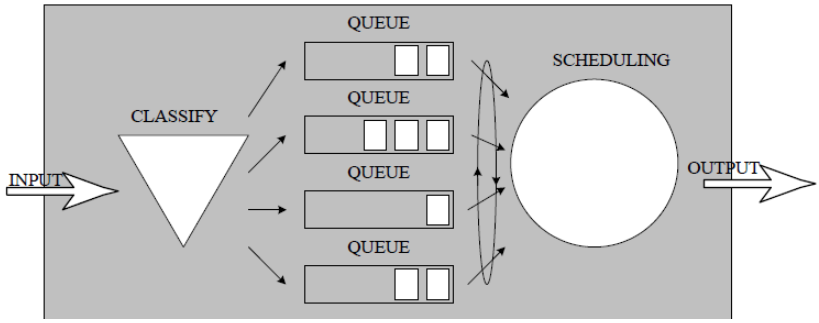


Рисунок 1.6 – Опрацювання пакетів

Пріоритезація черги зазвичай необхідна лише у випадках вузьких місць, у зайнятих місцях, коли пропускної здатності каналу недостатньо для передачі всіх вхідних пакетів і необхідно диференціювати їх обробку тим чи іншим способом. Пріоритезація також необхідна, щоб запобігти різкому впливу мережевої активності на чутливий до затримки трафік.

Класифікація способів обробки черг:

- Працює за принципом черги з послідовним проходженням пакетів FIFO (first in, first out) «першим увійшов, першим вийшов». Пріоритету тут немає. Увімкнено за замовчуванням на інтерфейсах зі швидкістю понад 2 Мбіт/с;
- Priority PQ (пріоритетна черга), безумовний пріоритет одних пакетів над іншими. Всього 4 ряди: високий - high, середній - medium, нормальний - normal і низький - low. Обробка відбувається послідовно «зверху вниз» - від high до low, починаючи з черги з високим пріоритетом і переходячи до черг з нижчим пріоритетом, поки вона повністю не спорожниться. У цьому випадку канал може бути монополізований чергами з високим пріоритетом. Трафік без певного пріоритету надсилатиметься до черги за замовчуванням - default;
- зважена чесна черга WFQ (Weighted Fair Queue), автоматично розділяє трафік на потоки - flows. За замовчуванням їх число 256, але ви можете змінити його. Якщо потоків більше, ніж черг, у чергу розміщується більше потоків. Приналежність пакета до потоку (класифікація) визначається на основі TOS, протоколу, IP-адреси джерела, IP-адреси призначення, порту джерела та порту

призначення. Кожен потік використовує окрему чергу. Менеджер WFQ (розробник) забезпечує рівномірний розподіл пропускної здатності між доступними потоками. Доступна пропускна здатність ділиться на кількість потоків, і кожен отримує рівну частку. Кожен потік отримує свою вагу з певним коефіцієнтом, обернено пропорційним пріоритету IP (TOS). Процесор також враховує вагу пряжі. WFQ автоматично справедливо розподіляє доступну пропускну здатність, враховуючи умови обслуговування. Потоки з однаковими пріоритетами IP TOS отримають однакову частку пропускної здатності; IP-потік із високим пріоритетом і вищою пропускною здатністю. У разі перевантаження високопріоритетні розвантажені потоки працюють без змін, а низькопріоритетні високонавантажені потоки гальмуються. RSVP працює з WFQ. За замовчуванням WFQ увімкнено на низькошвидкісних інтерфейсах;

- Зважена справедлива черга на основі класу CBWFQ (Class Based Weighted Fair Queuing). Весь трафік розділений на 64 класи на основі наступних параметрів: вхідний інтерфейс, список доступу, протокол, значення DSCP, тег QoS MPLS. Загальна пропускна здатність вихідного інтерфейсу розподіляється між класами. Пропускну здатність, виділену для кожного класу, можна вказати як абсолютне значення (пропускна здатність у кбіт/с) або у відсотках (відсоток пропускної здатності) відносно значення, визначеного в інтерфейсі. Пакети, які не вписуються в структуровані класи попередньо визначений клас, який є більш конфігурованим і займає решту вільної смуги пропускання каналу. Якщо черга для певного класу заповнена, пакети цього класу не розглядаються. Ви можете вибрати алгоритм скидання пакетів у кожному класі: звичайне скидання (відкидання хвоста, налаштування обмеження черги) або WRED (параметр випадкового виявлення - random-detect) увімкнено за замовчуванням. CBWFQ підтримує взаємодію з RSVP;
- LLQ (LowLatencyQueuing) черга з низькою затримкою. LLQ можна розглядати як механізм CBWFQ з чергою пріоритетів PQ (LLQ = PQ + CBWFQ). PQ у LLQ дозволяє обробляти трафік, чутливий до затримки. LLQ рекомендується у випадку голосового трафіку (VoIP). Він також дуже добре працює під час відеоконференцій.

Congestion avoidance (Запобігання перевантаженням):

- RED (Random Early Detection) - випадкове раннє виявлення використовується, щоб уникнути перевантаження у високошвидкісних мережах. Впливає лише на TCP. Випадкове видалення пакетів із найпотужніших потоків, сторона передавача зменшує швидкість передачі (використовуючи відповідні функції протоколу TCP - вікно перевантаження. Швидкість відкинутих пакетів регулюється під час налаштування;
- ECN (Exlicit Congestion Notification) використовує ту саму логіку, що й RED, але не відкидає пакети, а позначає їх і сигналізує про необхідність дроселювання (встановлює біти ECN у IP-заголовку).

Регулювання щільності

- обмеження (Policer);
- формувач (Shaper).

Обмежувач обмежує потік трафіку до потрібного обсягу, просто відкидаючи пакети, які надходять із швидкістю, що перевищує обмеження. Він може працювати як на вхідних, так і на вихідних інтерфейсах [7] [8]. Так ось і все або обмежте інтенсивність, скасувавши метод, як тільки буде перевищено певну швидкість, яку показано на рисунку 1.7 де показано механізм обмеження трафіку.

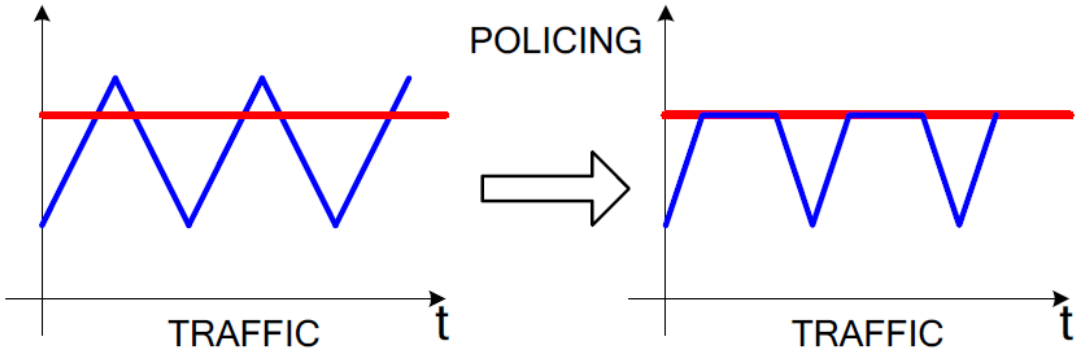


Рисунок 1.7 – механізм обмеження трафіку (нетривала діаграма проходження сигналу)

Контроль інтенсивності досягається шляхом обмеження трафіку звичайними швидкостями. Важливо відзначити, що обмеження ваших рухів може

допомогти він використовується на вхідних і вихідних портах для запобігання атакам DOS. Найчастіше як вхід, тому що в цьому випадку відхилені пакети не доходять до процесу маршрутизації. Таким чином захищаються ресурси.

Формувальник зазвичай затримує вихідний трафік за допомогою механізму буфера або черги та створює потік із необхідними параметрами. Має коригувальні функції. Використовується для обмеження вихідної смуги пропускання інтерфейсу. Виявилося, що формування для TCP є більш корисним, ніж упорядкування. На рисунку 1.8 показано, що Shaper дружніший до TCP, ніж Policer. Та показано формувач.

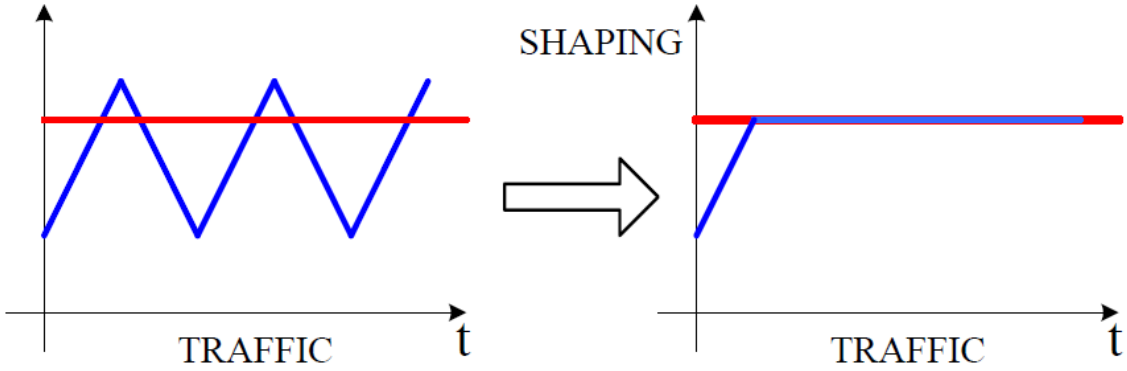


Рисунок 1.8 – Час генерації сигналу (нетривала діаграма формування сигналу)

Характеризується обмежувачем - коректором щільності з використанням методу затримки (буферизації пакетів) і подальшої передачі з постійною щільністю після перевищення певної швидкості. Завжди використовується на вихідному інтерфейсі в таких випадках:

- Як ми знаємо, якщо моніторинг використовується далі в мережі, пакети будуть втрачені. Перед моніторингом краще «м'яко» обмежити трафік доступу;
- Якщо може бути переповнення вхідних черг далі в мережі, а QoS там не налаштовано або неможливо;
- обмеження швидкості доступу до договірних значень.

1.7. Аналіз методів моделювання трафіку

Моделювання трафіку можна розділити на дві групи:

- традиційний;
- нетрадиційні.

Традиційні моделі включають моделі на основі стану та моделі часових рядів. *Нетрадиційні моделі* спираються на дані спостережень.

Державні моделі. Найпопулярнішим методом моделювання джерела АТМ є припущення про існування кінцевого автомата FSM - finite state machine , який визначає поведінку джерела. Часто вважається, що автоматичний автомат має марковські або квазімарківські властивості. Типові моделі джерел у цьому класі відрізняються:

- розподіл тривалості перебування за видами. Більшість моделей передбачає, що час, проведений у певному стані, має негативний експоненціальний розподіл;
- в залежності від типу модульованого процесу. Модульований процес зазвичай вибирають як процес Пуассона (через легкість математичних маніпуляцій). Цей тип моделі в основному призначений для математичного аналізу системи;
- про структурні аспекти моделі. Популярною моделлю є модель із двома станами ON-OFF, у якій пакети генеруються протягом періоду ON, а не протягом періоду OFF. Діяльність ресурсів часто моделюють як ланцюг, тобто одновимірну структуру, в якій кожен наступний стан залежить від попереднього, а не від попереднього стану. Цей тип моделі називається моделлю з кількома міні-джерелами. Це джерело можна розглядати як комбінацію M незалежних джерел ON-OFF із середніми періодами ON і OFF $1/\alpha$ і $1/\beta$, відповідно, і швидкістю λ протягом періоду ON. Незважаючи на свою простоту, ця модель добре фіксує певні характеристики джерела, наприклад, за допомогою VBR (змінний бітрейт). Але він не може думати про це характеристики періодичності (наприклад, особисті). Для таких ситуацій були розроблені процедури, які називаються ланцюгами циркуляції.

Моделі часових рядів. Ці моделі є найбільш популярними для моделювання джерел відео з VBR.

Вихідний інформаційний потік може бути змодельований, наприклад, як часовий ряд, в якому очікувана кількість бітів у кадрі визначається кількістю бітів у попередньому кадрі. Іншою простою моделлю часових рядів, яка поєднує в собі модель стану, є модель дискретної авторегресії (DAR).

Дані про вибухи особливо важко моделювати та прогнозувати за допомогою традиційних моделей через їх вибухову та нелінійну природу. Вимірювання трафіку, зібрані протягом тривалого періоду часу в багатьох країнах світу, використовувалися для отримання статистичних характеристик, необхідних для розробки стратегій управління мережею. Завдяки дослідженню стало можливим порівняти раніше використовувані аналітичні моделі та теоретичні підходи до масового обслуговування з моделями, заснованими на реальних вимірюваннях трафіку. Щоб подолати ці проблеми, багато дослідників звернулися до альтернативних («нетрадиційних») методів моделювання[4] [14]:

- фільтр Калмана;
- метод Байєса;
- апаратне забезпечення для нейронних мереж і нечіткої логіки;
- фрактальний аналіз.

Байєсівський метод. Для цілей управління важливим параметром є максимальна та середня інтенсивність руху. На практиці середня ймовірність отримання різних типів вхідних дзвінків низька. Зазначена вище проблема та врахування нелінійної структури транспортного потоку мають принципове значення при створенні загальної моделі транспортного потоку. Недоліком байєсівського методу є те, що він оптимізований під конкретне джерело трафіку і не забезпечує високої стабільності рішення.

Фільтр Калмана був прийнятий як метод ітераційного моделювання та прогнозування поведінки динамічних систем. Нещодавно були зроблені спроби використати фільтр Калмана для прогнозування обсягу голосового трафіку наперед

на основі попереднього обсягу трафіку та середнього спостережуваного трафіку. Найбільшим недоліком цього методу є недостатня стабільність фільтрів Калмана.

Метод нечіткої логіки має дві переваги: завадостійкість і здатність до самонавчання. Деякі автори заснували фазу навчання своїх алгоритмів на методі створення нечітких зв’язків за допомогою адаптивної кластеризації. Нечіткі зв'язки розглядалися як аналог передатної функції системи.

Нечіткі правила використовувалися зі спостережуваними значеннями для прогнозування майбутніх значень трафіку. Метод використано для демонстрації ефективності моделювання пакетного відеотрафіку в пакетній мережі.

Незважаючи на досить високий ступінь точності прогнозу, нетрадиційні методи все ж вимагають ряду припущень. У результаті складні моделі трафіку вимагають великої кількості параметрів, але надають мало інформації про динаміку трафіку, що спостерігається в реальних мережах. Таким чином, завдяки спостережуваній самоподібності виміряного мережевого трафіку та його поведінці, що відрізняється від поведінки трафіку, передбаченої використаними моделями, відновився інтерес до визначення деяких важливих особливостей у структурі мережі. трафік. Ці особливості включають довгострокову залежність (LRD), спадаючі розподіли, розподіли з важкими хвостами та фрактальні особливості.

Структура моделей ВІДКРИТО-ЗАКРИТОГО джерела підтверджує ідентичність ефекту Ноя як важливої відправної точки від традиційного до самоподібного руху. Для окремих ресурсних моделей ON-OFF ефект Ноя призводить до дуже змінних, навіть дуже тривалих періодів ON-OFF. Ефект Ноя змушує кожне ON-OFF джерело індивідуально демонструвати властивості, що охоплюють широкий діапазон часових масштабів. З математичної точки зору, для розрахунку ефекту Ноя використовувалися розподіли з важкими хвостами, тобто закон Парето. Параметр α, який описує вагу хвоста цього розподілу, є мірою інтенсивності ефекту Ноя. Вони також забезпечують просту залежність між α і параметром Херста H, який був запропонований як міра ступеня самоподібності руху.

Навпаки, звичайне моделювання сильно обмежує ефективність джерел ON-OFF, і в результаті більшість із цих джерел поводяться як білий шум, що означає, що масові потоки трафіку не мають значущої кореляції, за винятком, можливо, протягом коротких періодів. Статистичний аналіз трас трафіку в мережах Ethernet (для 100-1000 пар активних джерел) показав, що реальний трафік збігається з шаблонами ON-OFF, а розподіл часу перебування в станах ON-OFF можна точно описати за допомогою розподілу Парето.

Одна з перших моделей для імітації самоподібного руху була заснована на хаотичному відображенні. Хаос - це явище, яке описується як детермінований процес, і цей опис з'являється при аналізі навіть досить простих і нелінійних динамічних систем. При описі системи наводиться її початковий стан і динамічні закони, що описують її роботу; Процес зміни стану в часі. Хаос (мабуть стохастична поведінка) виникає внаслідок чутливої залежності траєкторій змін станів системи початкові умови. Однак траєкторії, починаючи з довільно близьких початкових умов, можуть відрізнятися за експоненціальною щільністю.

Моделювання навантаження цифрових систем передачі може бути виконано за допомогою кусково-лінійного та розривного відображення. Незважаючи на те, що заряд вибухової речовини дуже нерегулярний і вибухонебезпечний, можна створити прості нелінійні моделі першого або другого порядку, які долають багато труднощів. Симуляцію можна виконати, припустивши, що джерело виробляє пачку пакетів з піковою швидкістю (що відповідає стану ON), коли змінна стану вище порогу, і не створює пакетів, коли вона нижче порогу (що відповідає стану OFF). У цьому випадку можна змоделювати розподіл часу перебування за допомогою «легкого хвоста» або «важкого хвоста» з нескінченним розподілом у ON-станах. І вийшов

Інший метод полягає в моделюванні процесу дробового броунівського руху (fbm) за допомогою параметра Херста H.

До нетрадиційних моделей належать моделі, засновані на даних спостережень. Вимірювання трафіку, зібрані протягом тривалого періоду часу в багатьох країнах світу, використовувалися для отримання статистичних

характеристик, необхідних для вибору стратегій управління мережею. У результаті було визначено, що традиційні моделі не є адекватними з точки зору загальності, придатності та стійкості. Незважаючи на досить високий ступінь точності прогнозування, нетрадиційні моделі не дуже узгоджуються з динамікою досить складної структури вимірюваного трафіку. Тому хаотичні проекції та частковий броунівський рух почали використовувати як моделі для спостережуваних черг. Аналіз системи масового обслуговування, керованої фрактальними потоками трафіку, показав, що модель fBm відтворює поведінку черги, яка спостерігається на реальних мережевих шляхах через самоподібну природу трафіку.

Пристрої мережі IP. Маршрутизатор: мережевий пристрій, керований інформацією топологія мережі та детальні правила, які визначають, як пакети мережевого рівня OSI передаються між різними сегментами мережі.

Він працює на вищому рівні, ніж комутатор, і має більш розширені функції, ніж мережевий міст.

Як правило, маршрутизатор використовує адресу призначення, указану в пакетах даних, і використовує свою таблицю маршрутизації, щоб визначити шлях, куди мають надсилатися дані. Якщо для адреси в таблиці маршрутизації не визначено маршрут, пакет відкидається. Існують інші способи визначення шляху передачі пакетів, такі як використання адреси джерела, використовуваних протоколів вищого рівня та іншої інформації, знайденої в заголовках пакетів мережевого рівня. Маршрутизатори часто можуть перекладати адреси відправника та одержувача, фільтрувати потік даних передачі відповідно до певних правил для обмеження доступу та шифрувати/дешифрувати передані дані.

Таблиця маршрутизації містить інформацію, яку маршрутизатор використовує, щоб вирішити, чи пересилати пакети. Таблиця складається з певної кількості записів (шляхів), кожна з яких містить мережеву адресу одержувача, адресу наступного вузла, до якого мають бути надіслані пакети, і певну вагу запису (метрику). Вхідні показники таблиці відіграють роль у розрахунку найкоротших шляхів до різних аудиторій. Залежно від моделі маршрутизатора та протоколів

маршрутизації, що використовуються, таблиця може містити додаткову службову інформацію. Таблицю маршрутизації можна заповнити двома способами:

- статична маршрутизація: коли записи таблиці вводяться та змінюються вручну. Цей метод потребує втручання адміністратора щоразу, коли змінюється топологія мережі. З іншого боку, він найбільш стабільний і вимагає мінімальних апаратних ресурсів маршрутизатора для підтримки таблиці;
- динамічна маршрутизація: коли записи таблиці автоматично оновлюються за допомогою одного або кількох протоколів маршрутизації – RIP, OSPF, EIGRP, IS-IS, BGP тощо.

Маршрутизатор створює таблицю оптимальних маршрутів для досягнення мережі на основі різних критеріїв (кількість проміжних вузлів, пропускна здатність каналу, затримка передачі даних тощо). Критерії розрахунку оптимальних маршрутів в основному залежать від протоколу маршрутизації, а також визначаються маршрутизатором. конфігурація маршрутизатора. Цей метод створення таблиці автоматично оновлює таблицю маршрутизації та розраховує оптимальні маршрути на основі поточної топології мережі. Однак динамічна маршрутизація накладає додаткове навантаження на пристрої, а висока нестабільність мережі може призвести до ситуацій, коли маршрутизатори не встигають синхронізувати свої таблиці, що призводить до суперечливої інформації про топологію мережі в різних частинах мережі та втрати переданих даних.

Маршрутизатори допомагають зменшити перевантаження мережі, розділяючи мережу на колізійні та широкомовні домени та фільтруючи пакети. Вони часто використовуються для підключення різних типів мереж, несумісних за архітектурою та протоколами, наприклад DSL, PPP, ATM, Framerelay тощо. для підключення локальних і глобальних мереж Ethernet за допомогою протоколів. Маршрутизатор часто використовується для забезпечення доступу з локальної мережі до глобальної мережа Інтернет виконує функції трансляції адрес і брандмауера. Маршрутизатор може бути спеціальним пристроєм (апаратним забезпеченням) або звичайним комп'ютером, який виконує функції роутера.

Існують різноманітні програмні пакети (переважно на основі ядра Linux), наприклад GNU Zebra, які можуть перетворити ваш комп’ютер на потужний і багатофункціональний маршрутизатор. Маршрутизатори бувають простих і складних форм.

Однією з головних відмінностей між маршрутизатором і будь-яким іншим комутатором повідомлень є спосіб створення таблиць. У таблицях мостів і комутаторів перелічено MAC-адреси підрівня, коли маршрутизатори надсилають повідомлення в мережу. Маршрутизатор виконує дві основні функції: комутацію трафіку та керування середовищем, у якому він працює. Обидві функції можуть бути реалізовані на одному процесорі, але це не обов'язково. Часто перемикання трафіку обробляється окремим зовнішнім процесором або процедурою переривання ядра, тоді як процес обслуговування середовища виконується у фоновому режимі. Продуктивність IP-мереж залежить від продуктивності схем маршрутизації. Розробка та управління такими схемами є складним завданням, оскільки необхідно враховувати топологію мережі, параметри каналів зв'язку та значні відмінності в обробці різних типів трафіку. Складність також зростає, оскільки всі ці параметри динамічно змінюються з часом через зміну навантаження на мережу. На рисунку 1.9 показана функціональна модель маршрутизатора.

Рівень маршрутизації — це частина маршрутизатора, призначена для керування середовищем. Ваш маршрутизатор запускає різні програми, які можуть бути частиною архітектури вашої мережі або налаштовані адміністратором мережі для вашої зручності. Ці програми або процеси виконуються на прикладному рівні маршрутизації. Одним із таких процесів є служба доменних імен (DNS): вона кешує інформацію DNS із систем, які обслуговує. Стандартні послуги маршрутизатора включають такі речі, як відображення топології та інженерний трафік. Таблиця маршрутизації, яку іноді називають базою даних маршрутизації, — це набір маршрутів, які маршрутизатор використовує в будь-який момент часу.

Великі мережі не можуть обійтися без періодичних повідомлень ідентифікації мережі, але більшість із них непотрібні. Тому в складних мережах

виникають проблеми, коли канали зв'язку виходять з ладу через те, що в таблиці маршрутизації тривалий час залишаються неіснуючі маршрути [11].

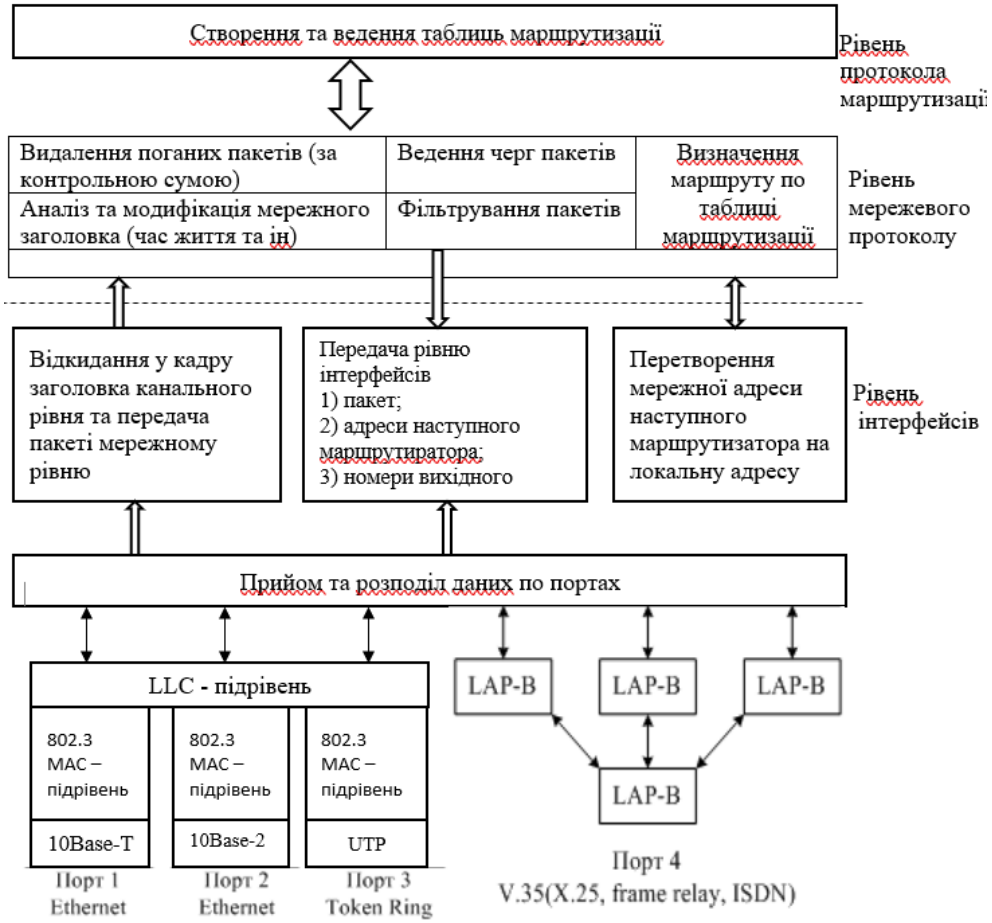


Рисунок 1.9 – Функціональна модель маршрутизатора

2 ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ МЕРЕЖНОГО ТРАФІКУ

2.1 Програмне забезпечення Wireshark

Wireshark — це програма аналізу трафіку комп’ютерної мережі, яка використовується для аналізу мережевих пакетів із різних мереж[7]. Програма дозволяє переглядати весь трафік, що проходить через мережу в режимі реального часу, перевівши мережеву карту в режим трансляції. Wireshark має графічний інтерфейс користувача та функції для фільтрації та сортування інформації.

Wireshark – ця програма розуміє структуру широкого діапазону мережевих протоколів і тому дозволяє аналізувати мережевий пакет, відображаючи значення кожного поля протоколу на будь-якому рівні. Wireshark може працювати з різними форматами вихідних даних, тож ви можете відкривати файли даних, отримані іншими програмами, розширюючи свої можливості захоплення.

Його завдання блокувати мережевий трафік і детально його досліджувати. Wireshark працює на основі бібліотеки Pcap (Packet Capture), яка дозволяє створювати програми, що аналізують мережеві дані, що впливають на мережеву карту комп'ютера. Це було написано для використання мови C/C++. Програма також дозволяє в режимі реального часу переглядати весь трафік, що проходить через мережу, сортувати його та фільтрувати дані.

Метою протоколу транспортного рівня UDP (User Datagram Protocol) є передача даних між процесами програми без гарантії доставки, тому пакети можуть бути втрачені, дубльовані або відрізнятися від того порядку, в якому вони були надіслані.

UDP-дейтаграми інкапсульовані в IP-пакети. Основними функціями протоколу IP є:

- передача в уніфікованому форматі між мережами, що складаються з різних типів адресної інформації;
- збір і розбирання пакетів при передачі між мережами з різною максимальною довжиною пакетів.

Використання QoS для безперебійної передачі трафіку VoIP, IPTV і онлайн-ігор є важливим завданням.

Показники QoS визначаються на основі прямої залежності від характеристик вхідного потоку мережі .

Сьогодні IP-телефонія стала домінуючою послугою і підтримує відеодзвінки, багатоточкові конференції різних типів (відео, аудіо, WWW), передачу повідомлень і документів, перевірку доступності абонента, роумінг тощо. Навпаки, IPTV, тобто технологічне забезпечення мультимедійних послуг (телебачення, аудіо/відео, тексти, дані, графіка), розвивається на основі IP-мереж в інтерактивному та трансляційному режимах.

Кожна з багатьох служб має функцію QoS і канал зв'язку, що забезпечує повну працездатність. Таким чином, дослідження інформаційних потоків продовжує забезпечувати певний рівень підтримки послуг, що надаються.

2.2 Методи дослідження трафіку

Експериментальні дослідження та аналіз численних вимірювань інформаційних потоків на рівні пакетів показують специфіку процесів у комп'ютерних мережах, які не вписуються в традиційні рамки відомих випадкових моделей. Це пояснює численні дослідження, які в даний час проводяться для вивчення впливу різних факторів, що призводять до виникнення складних мережевих процесів. Характеристики, які описують процеси передачі даних у пакетному трафіку, є властивостями самоподібності або масштабної інваріантності статистичних ознак, виявлених на практиці. Це пов’язано з фрактальними процесами.

Самоподібний трафік[5] містить серію досить сильних стрибків на відносно низькому середньому рівні, які значно збільшують затримку та джиттер, коли самоподібний трафік проходить через мережу, навіть якщо середній обсяг трафіку набагато нижчий за потенціал швидкість передачі в даному каналі.

Пакетовані дані важко змоделювати та передбачити за допомогою звичайних моделей через їх вибухову та нелінійну природу. Велика кількість вимірювань трафіку використовується в усіх країнах світу для отримання статистичних характеристик, необхідних для розробки стратегій якості обслуговування та управління мережею. Завдяки цьому дослідженню вдалося порівняти класичні моделі з раніше використовуваними методами, заснованими на реальних вимірюваннях трафіку.

Аналіз властивостей фрактальних часових рядів є одним із перспективних напрямів аналізу даних.

Кількість повідомлень у каналах інформації часових рядів. Часовий ряд (лаг) — це часовий інтервал між двома чи більше подіями, які мають причинно-наслідковий зв’язок.

Сьогодні теорія фракталів використовується для вивчення часових рядів. Існують різні методи аналізу часових рядів.

Наявність аперіодичних циклів, пам'яті та ін. ми аналізуємо часові ряди за допомогою показника Херста H, щоб визначити такі важливі властивості, як.

За останні роки телекомунікаційні технології зазнали значних змін через інтеграцію комунікаційних мереж і послуг.

З’являються нові сервіси, традиційні сервіси та сервіси мігрують на платформу IP, а кількість одержувачів цих сервісів зростає дуже швидкими темпами. Для цього зазвичай використовується теорія систем масового обслуговування. Перше місце в загальній математичній моделі QoS посідає модель надходження в систему запитів на послугу (модель трафіку). Від правильного вибору цієї моделі залежить точність розрахунків основних характеристик СМО, що визначають роботу системи в цілому. У таких мережах для аналізу та синтезу використовується модель Пуассона відповідно до теорії телетрафіку в певних межах.

Збільшення обсягів пропонованих послуг породжує потреби швидкої реорганізації мережі, поява нових абонентів і перерозподіл навантажень. Все це вимагає швидкої оцінки необхідної пропускної здатності інтерфейсів доступу.

Формули, використані вище для оцінки розміру черги, придатні лише для потоків Пуассона.

У той же час дослідження показує, що модель Пуассона не може бути використана для аналізу трафіку в мультисервісних мережах. в групах мультисервісний зв'язок пакетний потік (трафік) він відрізняється від моделі потоку Пуассона, яка визначається експоненціальною функцією розподілу інтервалу часу між часами надходження сусідніх пакетів. Тут потоки пакетів генеруються з багатьох різних джерел запитів на послуги, що надаються мережею відео, дані, аудіо тощо. Мережеві програми, які надають потокові послуги. Джерела запитів, які беруть участь у процесі генерації потоку пакетів, суттєво відрізняються з точки зору конкретних значень щільності навантаження.

Також на структуру трафіку впливають технологічні характеристики використовуваних алгоритмів обслуговування. Наприклад, якщо послуга надається декількома програмами або якщо використовувані протоколи передбачають повторну передачу пакетів, отриманих помилково, час, коли виникають запити на сеанси зв’язку, сильно корелює. Таким чином, під час процесу обробки початкові потоки значно змінюються, а кінцевий трафік виявляє довготривалу залежність щільності надходження пакетів.

В мультисервісні мережі з комутацією пакетів, трафік різний і диверсифікований потік заявок вимагає належного рівня якості обслуговування.

2.3 Огляд досліджень та розробок методів розрахунку пропускної здатності мереж зв’язку

Проектування телекомунікаційної мережі передбачає оцінку доцільності будівництва з точки зору оптимізаційних факторів, таких як: якість наданих послуг зв’язку, вартість будівництва мережі та її подальшої експлуатації, можливість зміни конфігурації мережі в майбутньому. .

Різноманітність інформаційного трафіку в корпоративній мережі вимагає особливого підходу до його розподілу по каналах зв'язку. Це означає, що залежно

від вимог до якості обслуговування, можна розподілити пропускну здатність для окремих послуг. Це необхідно для максимальної оптимізації якості зв'язку та оптимального завантаження каналу.

Існує три типи мультисервісного мережевого трафіку, який виникає в окремих сегментах або в мережі в цілому: гомогенний, гетерогенний і пакетний. Ступінь їх відмінностей визначається пік-фактором руху або коефіцієнтом завантаженості вантажів, який змінюється відповідно від 1 2, 2-15 і 15-60. Розроблено відповідні методи розрахунку характеристик якості обслуговування (QoS) для кожного типу трафіку[13].

Різноманітність інформаційного трафіку в корпоративній мережі вимагає особливого підходу до його розподілу по каналах зв'язку. Це означає, що залежно від вимог до якості обслуговування, можна розподілити пропускну здатність для окремих послуг. Це необхідно для максимальної оптимізації якості зв'язку та оптимального завантаження каналу.

Щоб детально знати характеристики різних інформаційних потоків, необхідно проаналізувати їх з точки зору теорії телетрафіку. Такий підхід також полегшує контроль за якістю послуг, що надаються, що не менш важливо.

Закономірності розподілу певних потоків подій, що відбуваються в телекомунікаційних мережах, дозволять наблизитися до вирішення проблеми оптимального завантаження мережі.

Щоб проводити дослідження, вам потрібна платформа. Як таку було взято мережу провайдела «Бест» і зібрано у програмі NetCraker. Результати дослідження характеристик і закономірностей розподілу окремих подій різних типів трафіку, що відбуваються в мультисервісних мережах, будуть використані для визначення вимог до якості послуг, що надаються.

Отримані дані, своєю чергою, стануть основою розробки методики розрахунку пропускної спроможності. На рисунку 2.1 зображено сегмент мережі (розглянуто одну з філій "Бесттелеком"). Тут можна побачити рух інформаційних пакетів різноманітних послуг. Кожна послуга позначена своїм кольором. Різні послуги позначені різними кольорам.

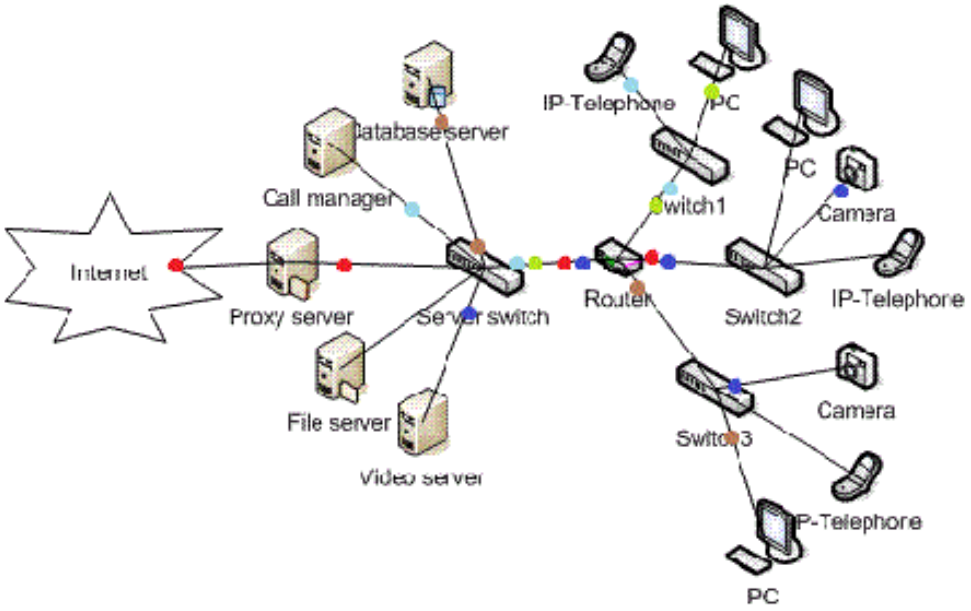


Рисунок 2.1 - Пакетний трафік в мультисервісній мережі

(Анімація: кількість кадрів - 10; затримка між кадрами - 300 мс; кількість циклів повторення – нескінченне.

Значенння кольорів: синій – відеодані (спостереження), синій – дані голос (IP телефон), зелений - передача файлів (FTP), коричневий - підтримка баз даних, червоний - Інтернет-сервіс. Звичайно, на рисунку показаний лише невеликий набір можливих дій у такій мережі, але деякі висновки можна зробити вже зараз. Як бачимо, найбільша інтенсивність трафіку спостерігається в розділі мережі «Роутер - Сервер». Це зрозуміло, через цей канал йде весь трафік. Щоб канали зв'язку в різних частинах мережі могли використовуватися більш ефективно, можна розрахувати необхідну пропускну здатність для кожної послуги. Це можна визначити більш точно, знаючи закони розподілу потоків пропонованих послуг (різні послідовності подій з бажаним потоком).

Було отримано практичну статистику та отримано результати за допомогою пакету Wireshark. Зібрано статистику за основними видами послуг. По суті, ця фаза враховує розподіл значень пакетів, що належать певній службі, що передається по мережі. Загалом, ми можемо трактувати розподіл часу пауз між надходженням таких пакетів таким же чином (це питання буде розглянуто пізніше). Отримані результати представлені у вигляді графіків (рис. 2-6). На підставі отриманого

результату можна зробити висновки про закони розподілу розмірів пакетів для різних телекомунікаційних послуг:

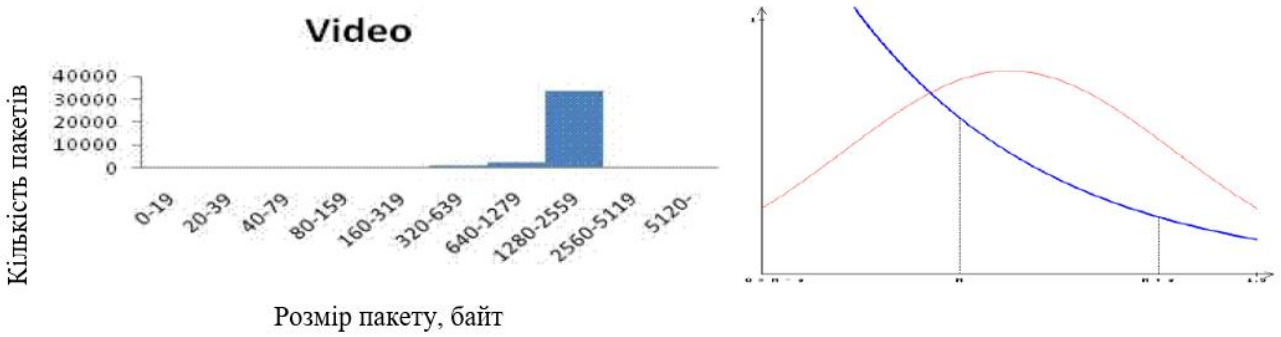


Рисунок 2.2 – Розподіл довжин пакетів під час передачі відео

На рис. 2.2 ми бачимо, що розподіл розміру пакета експоненціальний, оскільки гістограма має експоненціальну форму.

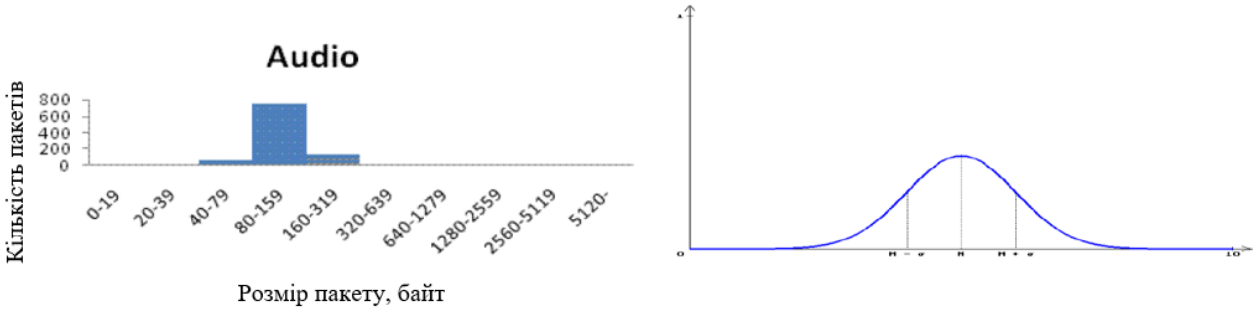


Рисунок 2.3 – Розподіл довжини пакетів під час передачі голосу

На рисунку 2.3 показано, що голосові дані (IP-телефон) мають звичайний розподіл.

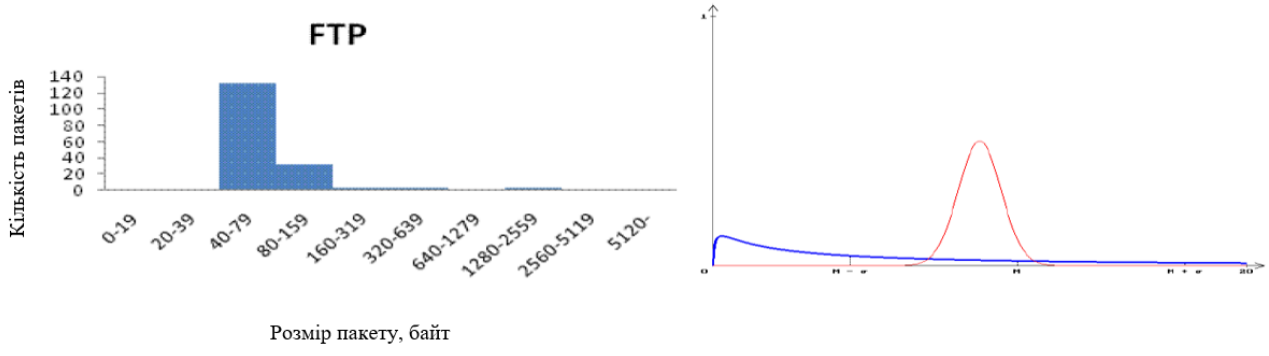


Рисунок 2.4 – Розподіл пакетів по довжині під час передачі файлу

На рисунку 2.4 показано, що передача файлів (FTP) відбувається за лог-нормальним розподілом.

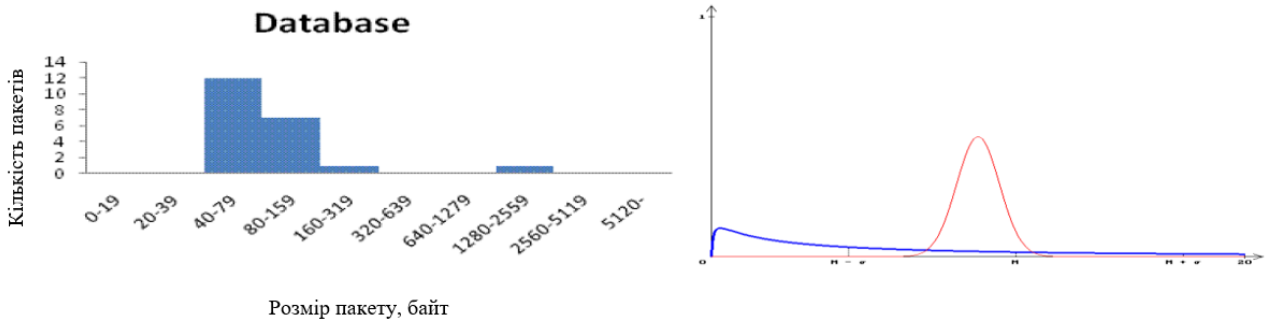


Рисунок 2.5 – Розподіл пакетів за довжиною при використанні баз даних

На рисунку 2.5 показано, що служба бази даних дотримується логарифмічного нормального розподілу.

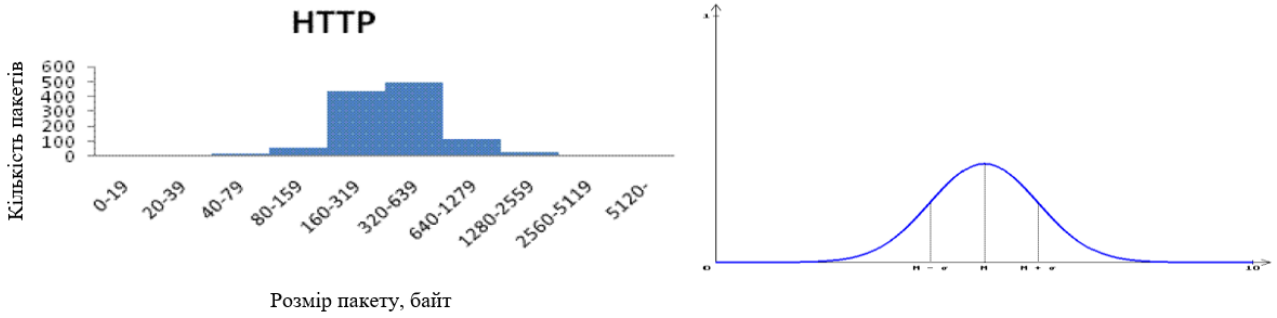


Рисунок 2.6 – Розподіл довжин пакетів HTTP трафіку

З рисунку 2.6 бачемо, що сервіс Internet має форму нормального розподілу.

В перш за все, слід зазначити, що неможливо з повною впевненістю стверджувати, що дана послідовність подій належить певному закону поділу. Завжди є багато факторів, але якщо розглядати стандартні приклади, то можна зробити розумні висновки.

Крім того, ці типи статистики не єдині, які можна вважати вирішенням проблеми. Є величезна кількість різних даних, які так чи інакше можуть вплинути на прийняття рішень.

Будь-які зручно отримані права розповсюдження можуть бути використані для визначення вимог конкретної послуги зв'язку. На основі цього можна підвищити продуктивність мережі, підвищити її надійність і виділити сервісам

необхідну пропускну здатність надасть вам можливість керувати ним та його налаштуваннями але нам відомо деякі певні вимоги до якості, на які можна спиратися. Найважливіші з них представлені в таблицях 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 - Параметри класу IP QoS

Налаштування	0 клас	1 клас	2 клас	3 клас	4 клас	5 клас
Затримка	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1 секунда	-
Зміна затримки	50 мс	50 мс	-	-	-	-
Відсоток втрата пакети	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-

Основними функціями QoS є забезпечення необхідних параметрів обслуговування з точки зору руху, вони визначаються як:

- класифікація (віднесення пакета до певного класу трафіку);
- маркування (надання відповідного пріоритету (маркування));
- запобігання перевантажень (за допомогою механізмів RED (відхилення пакетів високої потужності) і ECN (повідомлення про збій живлення);
- управління обмеженнями (за допомогою механізму масового обслуговування), регулювання.

У таблиці 2.2 показано 6 класів трафіку, які використовуються для забезпечення механізмів. Якість обслуговування.

У роботі розглянуто основні принципи створення мереж зв’язку наступного покоління для підприємства та розглянуто характеристики основних видів трафіку, характерних для цих мереж. Тому було запропоновано рішення, яке може бути корисним для оцінки проблеми оптимізації. Це рішення полягає у зв’язуванні законів розподілу індикаторів трафіку з моделюванням і дизайном мережі. Інформація, розглянута вище в наступному розділі, послужить основою для вибору орієнтовного методу розрахунку.

Таблиця 2.2 - Класи QoS для IP-мереж

Клас QoS	Приклад додатків	Механізми в вузлі	Мережеві прийоми
0	Трафік реального часу, інтерактивний, чутливий до джитеру	Окремі черги із пріоритетом обслуговування, упорядкування трафіку	Примусова маршрутизація та шлях
1	Трафік реального часу, інтерактивний, чутливий до джитеру	Окремі черги із пріоритетом обслуговування, упорядкування трафіку	Менш примусова маршрутизація та шлях
2	Передача даних, дуже інтерактивний трафік (сигнальна інформація)	Окремі черги, пріоритет відкидання пакетів	Примусова маршрутизація та шлях
3	Передача даних, інтерактивний трафік	Окремі черги, пріоритет відкидання пакетів	Менш примусова маршрутизація та шлях
4	Трафік із низькими втратами (дрібні пересилання, великий трафік, відео потоки)	Довгі черги, пріоритет відкидання пакетів	Будь-яка маршрутизація чи шлях
5	Традиційні програми IP мереж	Окремі черги (фоновий пріоритет)	Будь-яка маршрутизація чи шлях

3 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ

Об'єднайте різні типи комунікацій навколо єдиної організації і технологічні принципи становлять один із етапів створення цифрової мережі з інтегрованими послугами (ISDN). Така мережа надає користувачам численні послуги, передавати, отримувати та обробляти різні типи та обсяги інформації в цифровому форматі. У цьому випадку виникають питання щодо оцінки якості обслуговування користувача (пряма задача) та розрахунку обсягу мережевих ресурсів (обернена задача), які залежать як від характеру трафіку, так і від потужності окремих мультимедійних мереж[17].

Представлення характеристик трафіку ISDN показує, що потоки викликів у цих мережах не є найпростішими і що навантаження не є Пуассоновим. З точки зору вхідних потоків, відстань між з'єднаннями не розподілена експоненціально, а є згорткою гамма-розподілу та розподілу Парето різного ступеня. Навантаження в мультисервісних мережах однакове; відрізняється від Пуассона наявністю тривалої залежності. Існує три точки зору для визначення самоподібного заряду:

- теорія фракталів;
- хаотичні зображення;
- функції потужності.

Як приклад самоподібного процесу в безперервному часі введено поняття заряду типу ФБР (фрактальний броунівський рух). Тому при розрахунку якості обслуговування (ресурсів мережі) необхідно враховувати зміну та зміну класу вхідних потоків властивості та характеристики створюваного ними навантаження.

У нашій країні створюється вузькосмугова ISDN (N-ISDN), яка надає користувачам послуги на основі багатоканальної комутації. Ці послуги вимагають різної швидкості передачі інформації і, отже, каналів з різною пропускною здатністю. У мережі N-ISDN це основний B-канал (64 Кбіт/с) і його кілька комбінацій 2B, 3B,..., 30B. Канали B, 2B і 30B, які представляють стандартні інтерфейси станції з послугами ISDN, є обов'язковими. У цьому контексті постає

важлива проблема: розробка методики розрахунку кількості потоків на магістралях ISDN зі швидкістю 2 Мбіт/с (канал 30B).

3.1 Обслуговування самоподібного навантаження в мережі

Аналогічно телефонним мережам з розрізненням конкретного абонента та загального навантаження в сучасних цифрових мережах передачі робоче навантаження *програми* та *мережеві рівні.* Якщо самоподібність існує в самому ресурсі, накладні витрати на самоподібність [5] можна спостерігати на рівні програми. Прикладом може бути ресурс передача цифрового відео зі змінною бітовою швидкістю. Під час взаємодії з мережею на мережевому рівні створюється самоподібне навантаження, на яке можуть впливати перевантаження мережі, моделі відновлення, вимоги до розміру файлу тощо. може відрізнятися залежно від цього. Усе це ускладнює справу вимагає розрахунків і нового підходу до ТТ. Одним із перших у цьому напрямі було дослідження фінського фахівця І. Норроса. Модифікована формула Полячека-Хінчина, враховуючи самоподібний характер вхідного корисного навантаження.

$$\bar{\gamma} = \frac{y^{\frac{1}{2}(1-H)}}{2(1-y)^{\frac{H}{1-H}}}\left(1+\left(\frac{\sigma_t}{t}\right)^2\right), \qquad (3.1)$$

$$\bar{\gamma} = \frac{y}{2(1-y)}\left(1+\left(\frac{\sigma_t}{t}\right)^2\right)$$

де H - параметр Херста, що характеризує ступінь самоподібності (0,5≤ H ≤ 1). При H=0,5 навантаження втрачає властивості самоподібності, наведене вираз спрощується і набуває класичного вигляду:

Для моделі M/M/1 при $\bar{t} = 1\sigma^{t}/_{\bar{t}} = 1$. Тоді

$$\bar{\gamma} = \frac{y}{1-y};\ \overline{\gamma_2} = \frac{y}{1-y};\ \bar{j} = \frac{y^2}{1-y}; \qquad (3.3)$$

Для моделі M/D/1 $d_t=0$

$$\bar{\gamma} = \frac{y}{2(1-y)}; \bar{\gamma}_2 = \frac{y}{1-y}; \bar{j} = \frac{y}{1-y} - \frac{y^2}{2(1-y)} \tag{3.4}$$

Графік на рисунку 3.1 ілюструє, який показує залежність довжини черги від навантаження Пуассона та самоподібної аналогічного навантаження типу ФБР (фрактальний броунівський рух) при H = 0,75; 0,9.

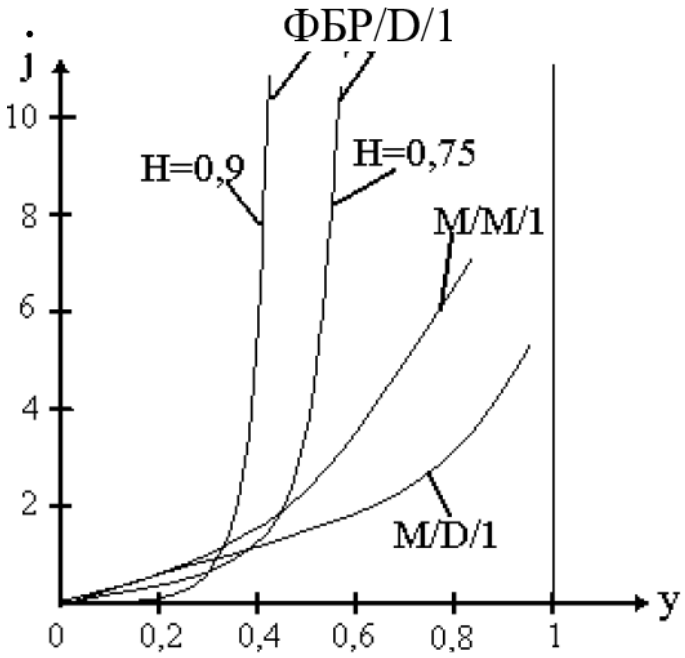


Рисунок 3.1 – Співвідношення j=f(y)

Як показано на рисунку, через сильну залежність від тривалого навантаження (високі значення параметра Херста), вимоги до запам'ятовуючих пристроїв, що пред'являються в класичній теорії телетрафіку, тут відхиляються, починаючи з невеликого значення навантаження. . Отже, при обробці великого власного навантаження необхідно забезпечити запам'ятовуючі пристрої з ємністю, значно більшою, ніж вимагається згідно з розрахунками класичної теорії.

3.2 Розрахунок пропускної спроможності в мережах зв'язку наступного покоління

Опис проблеми в цьому випадку аналогічний попередньому методу. Системи комутації вузлів комутації N-ISDN (NC) повинні підключати канали одночасно та при 1≤i≤v; де v – кількість каналів у напрямку зв'язку. При розгляді цієї моделі в роботі використовувалася третя формула Ерланга. Припустимо, що *ідеально*

$$\varpi = \frac{\lambda_2}{\lambda},\ i = \overline{1,u},\ u \le d$$

симетрична, повністю доступна схема з пропускною здатністю vi доступність d *отримує потік викликів Пуассона з фіксованою міткою* з параметрами λ ймовірно. (3.5)

Коли надходить виклик із запитом каналів обслуговування. Якщо кількість вільних каналів на цьому етапі менше 1, з'єднання буде втрачено. Закон розподіл часу обробки виклику експоненціальний у випадку параметра bi . За цих умов рух системи можна описати марківським процесом.

$$X(t)=\{x_1,\ldots,x_i,\ldots x_u\},$$

Витрати i-канальних викликів відбуватимуться у разі, коли |X| + i > V. Тоді втрати i-канальних викликів через зайнятість каналів пучка дорівнюватимуть

$$P_{V_I} = \sum_{j-1}^{i-1} P_{V-j} \qquad (3.6)$$

$$P_V = \sum_{i-1}^{u} \omega_2 P_{V_I} \qquad (3.7)$$

і загальні втрати внаслідок заповнення каналів пучка

де PV-j - ймовірність зайнятості (V-j) каналів з v.

Враховуючи те, що серед і вільних і каналів можуть бути заблоковані, ймовірність блокування при встановленні з'єднання для і-канального виклику

$$P_V = \sum_{\gamma-0}^{i} \sum_{j-d-\gamma}^{V-i} \left[\prod_{i-j}^{j+\gamma-1} \psi_2 \right] \omega_{j+r} P_j \tag{3.8}$$

де, P_j – ймовірність того що канал j зайнятий каналом v;

$\psi_2 = 1 - \frac{C_i^d}{C_V^d}$ - умовна ймовірність того, що виклик, що надійшов у і-му стані системи, буде обслужений;

$\psi_i = 1 - \frac{C_i^d}{C_V^d}$ - - умовна ймовірність того, що виклик, що надійшов у і-му стані системи буде втрачено;

$$\varphi_ш + \psi_ш = 1 \tag{3.9}$$

Середньозважені втрати через блокування внутрішнього вузла:

$$P_{\delta\pi} = \sum_{i-1}^{u} \omega_2 P_{b_I} \tag{3.10}$$

Загальні збитки від внутрішнього блокування керуючої компанії та збитки від блокування пакету вихідних каналів:

$$P = P_{\delta\pi} + P_V \tag{3.11}$$

Значення (d) інтерпретується як фактична доступність вузла комутації в заданому напрямку. Отже, коли d = V, ідеальна симетрична система стає повністю доступною, а отримані моделі стають моделями для повністю доступного набору мультисервісних каналів. Представлений метод може бути використаний для визначення якості обслуговування користувача (пряма задача) і для розрахунку ресурсів мережі (кількість каналів, швидкість передачі і т.д.) - зворотна задача.

Пряме завдання. Припускаючи, що користувач мережі може обслуговуватися за допомогою каналів B: 2B і 30B, ми позначаємо вхідні навантаження (вихідні та вхідні) як A1 , A2 , A30 відповідно, це співвідношення називається *профілем трафіка* . Давайте налаштуємо профіль трафіку наступним чином:

$A_1:A_2:A_{30}=90:9:1$, причому $A_1=12$ Эрл.(число)

Результати розрахунків за наведеними вище формулами наведено на рисунку 3.2.

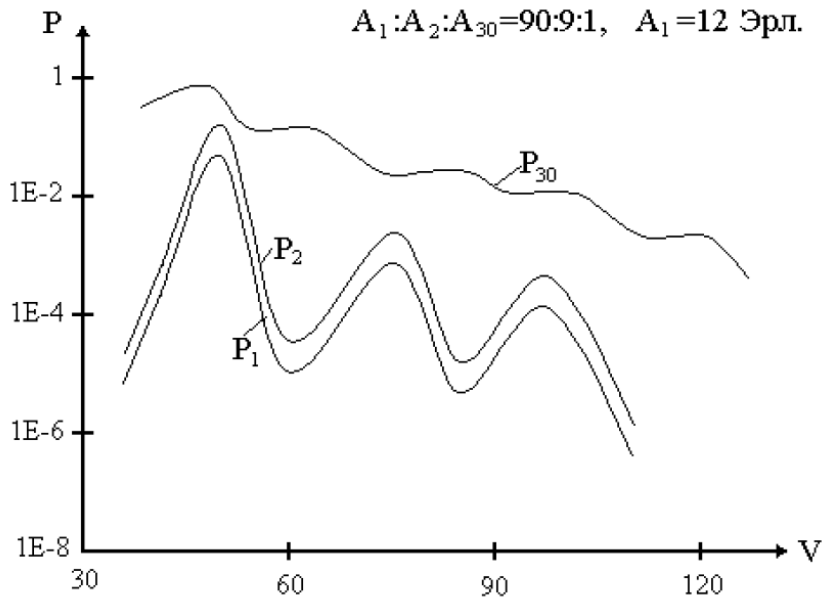


Рисунок 3.2 – Співвідношення P=f(V)

З рисунка видно, що втрати мають хвилеподібний характер із загальною тенденцією до зниження. Це означає, що невиправдане збільшення кількості цифрових каналів може призвести навіть до погіршення якості обслуговування окремих категорій користувачів. Подібна тенденція зберігається і при зміні профілю руху.

Зворотне завдання.

Результати, отримані при безпосередньому розв’язанні задачі, дозволяють зробити такі висновки:

- Надання послуг, які потребують різної кількості канальних ресурсів, призводить до значних варіацій у ймовірності втрат для різних користувачів.
- При постійній пропускній здатності пакету каналів неможливо одночасно надавати певну якість обслуговування різним класам користувачів.

Одним із підходів рішення задачі є нормовані середньозважені втрати . Ми проілюструємо цю концепцію за допомогою графіка, що показує залежність між втратами та кількістю двох мегабітних потоків на трафік із таким профілем:

$A_1:A_2:A_{30}=100:10:1$

У цьому випадку $A_1 = 100$ розрахунків, $A_2 = 10$ розрахунків, $A_{30} = 1$ розрахунків.

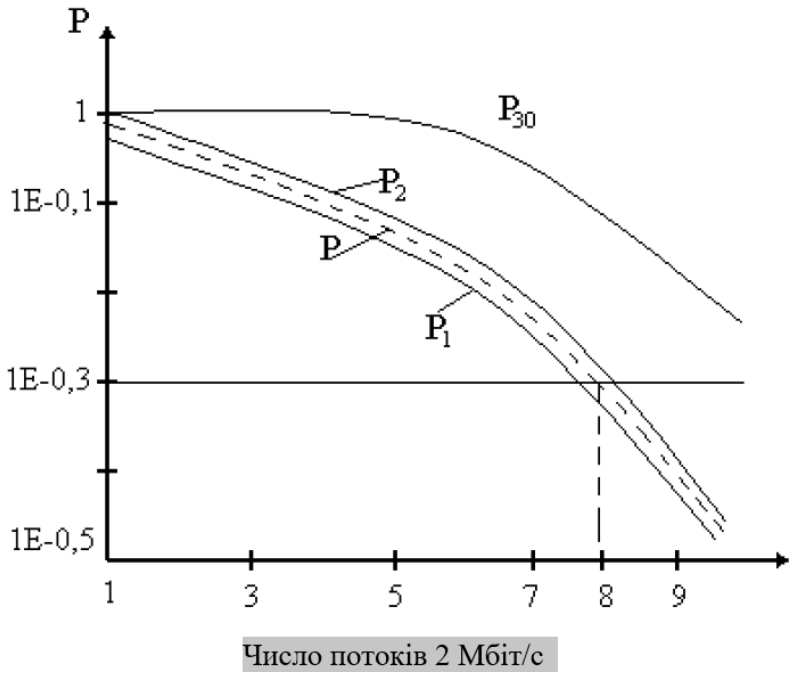


Рисунок 3.3 – Залежність втрат від кількості двомегабітних потоків для трьох класів користувачів

На рисунку показано, що при виборі середньозважених втрат P = 0,001 необхідно 8 шляхів по два мегабіта, що відповідає пропускній здатності 16 Мбіт/с або V = 240 каналів по 64 Мбіт/с кожен. У цьому випадку якість обслуговування буде наступним:

P_1=6,2E-0,4, P_2=1,27E-0,3, P_{30}=3,83E-0,2.

Це цілком прийнятно навіть в гіршому випадку мережі 30 В. З викладеного вище матеріалу можна зробити наступні висновки[19]:

- Розрахунки можна зробити для середньозважених втрат.
- Середні квадратичні втрати припускають стандартне P = 0,001, тоді як QoS у гіршому випадку (мережа 30 В) не перевищує кількох процентних пунктів.

Наведені вище чисельні дослідження різних профілів руху показали, що цього достатньо для визначення кількості цифрових маршрутів. Ми просто використовуємо лінійну регресію. На рисунку 4.4 показана залежність необхідної кількості двомегабітних шляхів від зміни щільності заряду A1 для трьох профілів:

$A_1:A_2:A_{30}=100:0:0;$

$A_1:A_2:A_{30}=100:10:1;$

$A_1:A_2:A_{30}=100:10:3.$

Профіль 100:0:0 не відповідає жодному мультисервісу. Для порівняння на рисунку показано кількість потоків 2 Мбіт/с, розміщених у синхронному транспортному модулі STM-1 цифрової системи SDN.

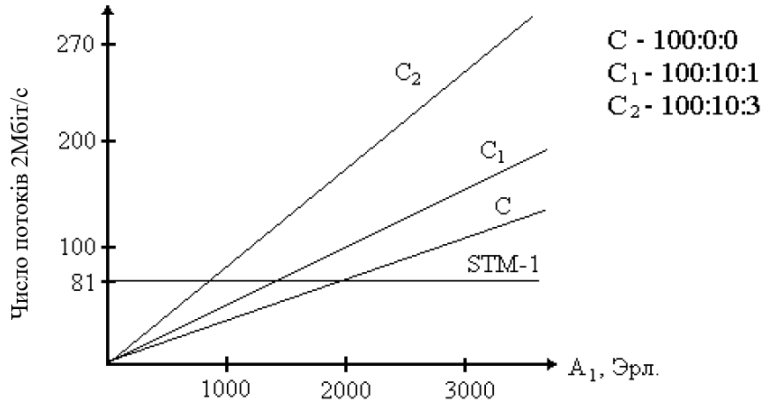


Рисунок 3.4. - Залежність кількості двомегабітних каналів у навантаженні A_1 для трьох профілів трафіку

На рисунку показано, що відносно невелике збільшення кількості користувачів послуг 30В що вимагає значного збільшення пропускної здатності магістралі. Наприклад, збільшити хід $A_{30}C_4$ 12 Єрл. подвоює потоки розміром 2Мбіт/с. На закінчення відзначимо, що якщо даний рух відрізняється від розглянутих, то за допомогою розглянутого методу можна отримати аналогічні розрахункові формули або номограми.

3.3 Метод розрахунку характеристик якості обслуговування розподілених систем обробки інформації

Як зазначалося раніше, розглянуті моделі характеризуються тим, що в мережі зв'язку циркулюють потоки трафіку, що включає різного роду інформацію. У цьому випадку для комутації та передачі потоків різних характеристик використовуються однакові ресурси мережі; У цьому випадку відбувається багатоканальне перемикання(комутація).

Метою цього методу було створення набору повнjдоступних V цифрових каналів. Вхідним потоком приймається неординарний маркований пуассонівський потік (НМПП). Загальна щільність потоку **m** створюється викликами (n) типів, при цьому кожен виклик з ймовірністю $\omega_2 = (i = \overline{1,n})$ вимагає одночасної ljcnegyjcns $\mathbf{m_i}$ вільних каналів, які займаються протягом часу і потім відпущено одночасно.

Основна ідея методу полягає в заміні НМПП на повторюваний потік з еквівалентною послідовністю. Щоб перевірити цей підхід, розглянемо повністю доступну канальну систему S. Система використовує найпростіший метод із параметром λ і запитує μ каналів для кожної служби виклику та утримує їх зайнятими протягом періоду h. Вхідні моменти розподілу навантаження визначаються наступним чином:

$$y = \lambda h m \; ; \; D = \lambda h m^2 \tag{3.12}$$

$$z = \frac{D}{y} = m \tag{3.13}$$

коефіцієнт ущільнення навантаження:

Ми дивимося на замінене з'єднання, щоб обчислити ймовірність втрати $v = {}^{V}/_{m}$ комплектів, кожен з яких поєднує **μ** каналів.

У модифікованій моделі падаючий заряд визначається кількістю зайнятих кластерів і *розглядається як Пуассона першого роду з початковим моментом,*

рівним μh. За допомогою цього рішення можна визначити ймовірність пропущеного дзвінка Це положення дозволяє визначити ймовірність втрати виклику. **(π)** за першою формулою Ерланга

$$\pi = E_v\left(\mu h\right) \tag{3.14}$$

Загалом для системи s маємо:

$$\pi = E_{v/z}\left(y/z\right) \tag{3.15}$$

де z – коефіцієнт щільності заряду. Для багатовимірних потоків навантаження з різними типами запитів ми маємо:

$$y = \sum_{i-1}^{n} \lambda_i h_i m_i \; ; \; D = \sum_{i-1}^{n} \lambda_i h_i m_i^2 \text{ ,где: } \lambda_i = \omega_i \lambda \; .$$

Формули показують, що щільність загального неоднорідного потоку викликів дорівнює середньозваженій кількості каналів (μi), необхідних для відповіді на запит типу i з вагами λi, hi, μi . дорівнює відповідним витратам.

Після визначення середньої ймовірності втрат (π) для будь-якої програми за допомогою формули (3.15) розраховуються індивідуальні втрати (π_i) для заявок i-того типу ($\omega_2 = (i = \overline{1,n})$) можна обчислити за наближеною формулою:

$$\pi_i = \frac{m_i}{z}\pi \tag{3.16}$$

Таблиця 3.1 показує результати розрахунків втрат за допомогою наведених вище формул і точних формул для n=3, μ=3 і v=70.

Таблиця 3.1 – Результати обчислень

n	v	i	$\lambda_i h_i \mu_i$	μ_i	π_i	
					прибл.	точно
3	70	1	20	1	0,01347	0,0137
		2	10	2	0,0274	0,0293
		3	5	3	0,0412	0,0470

З таблиці видно, що точність наближеної оцінки ймовірності втрат для окремих потоків є задовільною.

Включені показники використовуються для оцінки надійності неремонтопридатних і ремонтопридатних елементів, тобто відновили об'єкти до першого відключення.

Імовірність безвідмовної роботи *P(t)* — це ймовірність того, що жодної відмови системи чи компонента не станеться протягом визначеного інтервалу часу (0, t).

Статистично $P(t)$ визначається за формулою:

$$P(0) = N(t)/N(0), \tag{3.16}$$

де N (t) – кількість елементів, які працюють безпомилково до часу *t;*

N (0) – початкова кількість елементів, що спостерігаються.

Число працюючих протягом часу (0, t) елементів визначається із співвідношення:

$$N(t) = N(0) - n(0,t), \tag{3.17}$$

$n(0, t)$ – кількість елементів, які були пошкоджені за час $(0, t)$.

Ймовірність невдачі $Q(t)$ — ймовірність того, що збій станеться за заданий інтервал часу $(0, t)$. Статистична оцінка $Q(t)$ розраховується за формулою:

$$Q(t) = n(0,t)/N(0). \tag{3.18}$$

Частота відмов a(t) є похідною від ймовірності появи відмови, тобто ймовірності того, що відмова елемента станеться за одиницю часу (t,t+Δt). Визначається за такою формулою:

$$a(t) = \frac{n(t, \Delta t)}{N(0) \times \Delta t}, \quad (3.19)$$

де $n(t, \mathrm{D}t)$ – кількість елементів, що відмовили в інтервалі часу від t до $t + \mathrm{D}t$

Інтенсивність відмов $l(t)$ умовна ймовірність відмови після моменту t за одиницю часу Δt за умови, що до моменту t відмови елемента не було.

Інтенсивність відмов, ймовірність безвідмовної роботи та ймовірність відмови залежать від наступних співвідношень:

$$\lambda(t) = a(t)/P(t). \quad (3.20)$$

Так як $P(t)$ £1 ,то завжди виконується співвідношення $l(t)$ £ $a(t)$. Статистично інтенсивність відмов

$$a(t) = \frac{n(t, \Delta t)}{N(t) \times \Delta t}.$$

визначається за такою формулою:

(3.21)

Відмінність між частотою та інтенсивністю відмов у тому, що перший показник характеризує ймовірність відмови за інтервал ($t + t + \mathrm{D}t$) елемента, взятого з групи елементів довільним чином, причому невідомо, у якому стані (працездатному чи непрацездатному) знаходиться обраний елемент. Другий показник характеризує ймовірність відмови за той же інтервал часу елемента, взятого з групи, що залишилися працездатними на момент t елементів.

Відмінність між частотою відмов і інтенсивністю відмов. Давайте ще раз уточнимо ці поняття:

1. Частота відмов (Failure Rate або Hazard Rate): - Це показник, який визначає ймовірність відмови за одиницю часу для конкретного елемента системи, який взятий з групи елементів довільним чином. - Частота відмов враховує всі елементи групи, незалежно від їх поточного стану (працездатний чи непрацездатний). -

Частота відмов вимірюється в одиницях часу, наприклад, випадки відмов на годину, день або інший відповідний інтервал.

2. Інтенсивність відмов (Reliability Function або Hazard Function): - Це показник, який визначає ймовірність відмови за одиницю часу для конкретного елемента системи, який залишився працездатним на момент \(t \). - Інтенсивність відмов враховує лише ті елементи, які досі залишаються в системі і ще не вийшли з ладу на момент \(t \). - Інтенсивність відмов також вимірюється в одиницях часу. Отже, ключова різниця полягає в тому, що частота відмов розглядає ймовірність відмови для будь-якого елемента групи, незалежно від його поточного стану, тоді як інтенсивність відмов фокусується лише на тих елементах, які ще залишаються в робочому стані на момент \(t \).

Включені показники надійності пов'язані між собою співвідношеннями, наведеними у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Співвідношення показників надійності

Відомий показник	Формули для визначення невідомих показників			
	$P(t)$	$Q(t)$	$a(t)$	$l(t)$
$P(t)$	-	1- $P(t)$	$-\frac{dP(t)}{dt}$	$-\frac{1}{P(t)} * \frac{dP(t)}{dt}$
$Q(t)$	1- $Q(t)$	-	$\frac{dQ(t)}{dt}$	$-\frac{1}{1 \quad Q(t)} \frac{dQ(t)}{dt}$
$a(t)$	$\int_t^{\infty} a(x)dx$	$\int_0^t a(x)dx$	-	$\frac{\alpha(t)}{\int_t^{\infty} \alpha(x)dx}$
$l(t)$	$\exp\left[-\int_0^1 \lambda(x)dx\right]$	$\left[\begin{array}{c} 1 \\ 1-\exp\lvert-\int\lambda(x)dx\rvert \\ 0 \end{array}\right]$	$\lambda(t)\exp\left[-\int_0^1 \lambda(x)dx\right]$	-

Зв'язки між основними показниками надійності, наведені в таблиці 3.2, можна представити в більш простому і наочному вигляді з урахуванням того, що інтенсивність відмов при нормальній експлуатації практично не змінюється:

$$P(t) = \exp(-\lambda t), \tag{3.22}$$

$$Q(t) = 1 - \exp(-\lambda t), \tag{3.23}$$

$$a(t) = \lambda \exp(-\lambda t). \tag{3.24}$$

Вводячи числові дані у формули розраховуємо ймовірність безпомилкової роботи, виникнення відмов та інтенсивність відмов за заданий час. t =6 місяців, частота відмов $\lambda = 35 \times 10^{-3}$ 1/год.

Розрахунки будемо проводити за допомогою пакету програм MathCAD 2001 Professional. На рисунку 3.5 показано вікна програмного пакету.

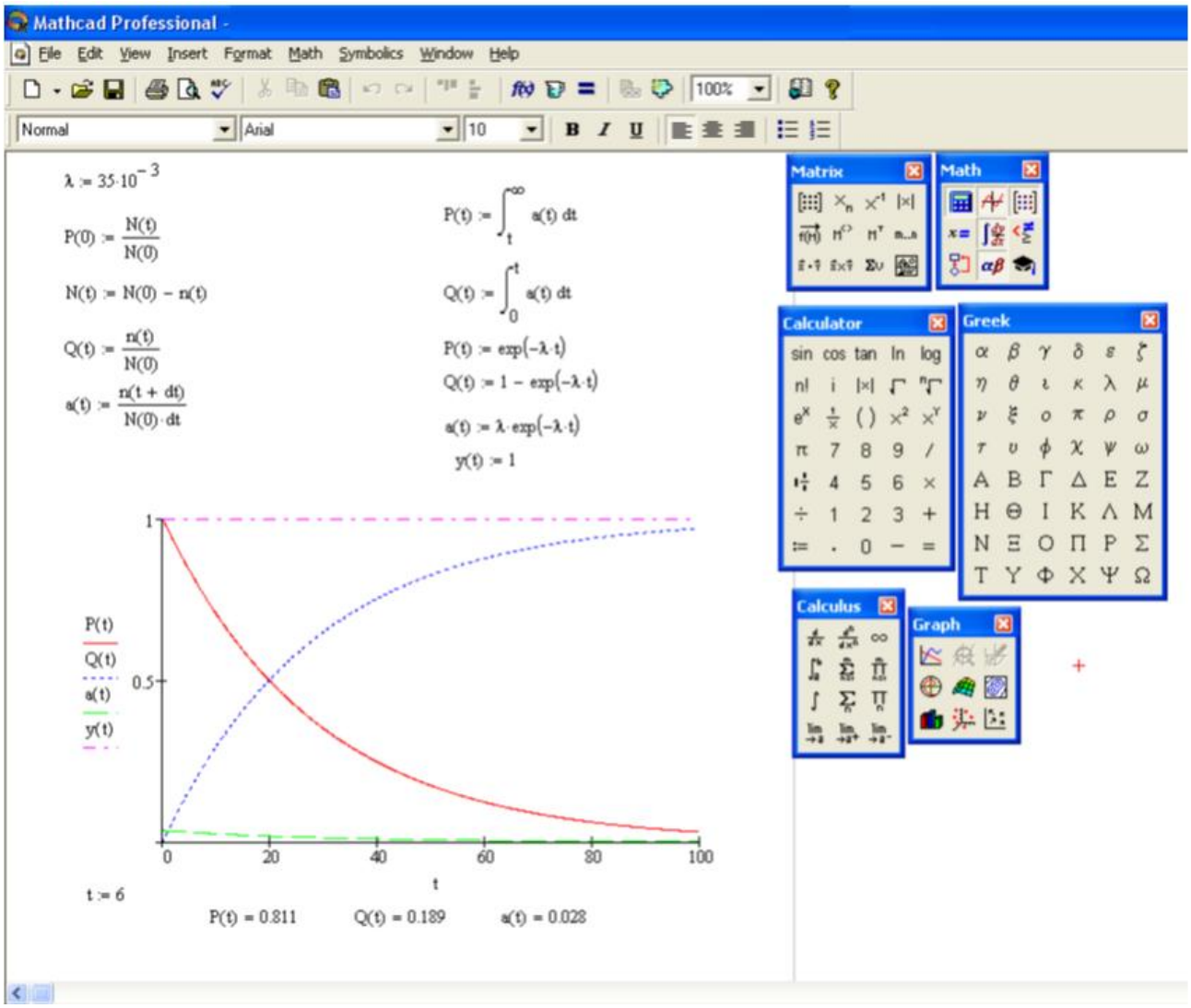


Рисунок 3.5 – Вікно MathCAD з розрахунками надійності

Числові показники надійності дорівнюють:

$P(0,5) = \exp(-0,035 * 0,5) = 0,811$

$Q(0,5) = 1 - \exp(-0,035 * 0,5) = 0,189$,

$a(0,5) = \lambda p(0,5) = 0,035 * 0,9827 = 0,028$.

На рисунку 3.5 графічно зображено часову залежність основних показників надійності за експоненціальним законом. Заштрихована область чисельно характеризує середній час напрацювання на відмову.

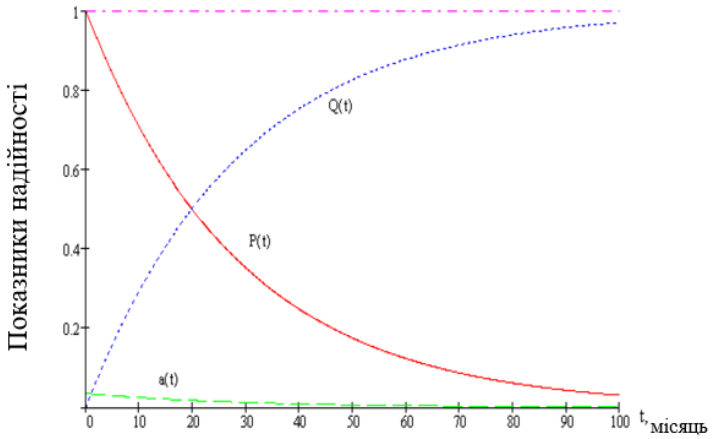


Рисунок 3.6 - Графік залежності основних показників надійності від тривалості роботи пристрою.

Таким чином, ймовірність того, що система не вийде з ладу протягом півроку, становить 0,8 і тому IP-мережа має достатню надійність.

ВИСНОВКИ

Проблема ефективного використання пропускної здатності телекомунікаційних систем і пристроїв зв’язку в умовах інтегрованого неоднорідного трафіку та проблема визначення ресурсів мережі, це істотно і важливо, має велике теоретичне і практичне значення, необхідне для надання користувачеві численних послуг із гарантованим рівнем якості обслуговування.

У даному дослідженні розглядаються основні принципи створення мереж зв’язку наступного покоління і вивчаються характеристики основних видів трафіку в цих мережах. Запропоновано рішення проблеми оптимізації мереж зв’язку наступного покоління.

Оптимізація мереж зв'язку наступного покоління (Next Generation Networks, NGN) включає в себе розв'язання численних проблем, пов'язаних з високошвидкісним доступом до Інтернету, забезпеченням якісного обслуговування, підтриманням безпеки та ефективним управлінням ресурсами. Ось деякі ключові аспекти оптимізації мереж зв'язку наступного покоління:

1. Висока Швидкість та Широкосмуговий Доступ: - Забезпечення швидкого та надійного доступу до Інтернету включає розвиток технологій широкосмугового доступу, таких як 5G та інші мобільні технології, оптимізація кабельних та оптоволоконних мереж, і використання супутникових технологій.

2. Висока Ефективність Трафіку: - Управління трафіком для оптимізації роботи мережі, включаючи розподіл ресурсів в реальному часі та використання технологій SDN (Software-Defined Networking) та NFV (Network Function Virtualization).

3. Безпека та Конфіденційність: - Забезпечення високого рівня безпеки мережі, включаючи захист від кіберзагроз, шифрування даних та ідентифікацію користувачів.

4. Інтернет Речей (IoT) та З'єднані Промислові Мережі: - Інтеграція та оптимізація мереж для підтримки великої кількості пристроїв IoT та розвиток з'єднаних промислових мереж для підтримки виробничих процесів.

5. Енергоефективність: - Розробка та впровадження технологій, які зменшують вплив мереж на довкілля та забезпечують енергоефективність обладнання.

6. Управління Сервісами та Користувачами: - Розвиток систем управління мережами та сервісами, які забезпечують ефективне використання ресурсів та надають високий рівень обслуговування для кінцевих користувачів.

7. Впровадження Штучного Інтелекту (AI) та Машинного Навчання (ML): - Використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання для автоматизації управління та оптимізації роботи мережі.

8. Мережева Віртуалізація та Обчислювальні Хмари: - Впровадження віртуалізації мережі та хмарних технологій для забезпечення гнучкості та ефективного використання ресурсів.

Ці аспекти можуть варіюватися в залежності від конкретних потреб та вимог конкретної мережі наступного покоління. Ці рішення полягають в застосуванні законів розподілу потоку трафіку в моделюванні та проектуванні мережі для розрахунку оптимальних характеристик пропускної здатності мережі.

Проводились дослідження на мережі компанії надання інтернет послуг «Бест» та зібрано у програмі NetCraker. Результати дослідження характеристик і закономірностей розподілу окремих подій різних типів трафіку, що відбуваються в мережах зв’язку наступного покоління, використані для визначення вимог до якості послуг, що надаються.

Дослідження характеристик і закономірностей розподілу трафіку в мережах зв'язку наступного покоління (Next Generation Networks, NGN) може включати в себе аналіз різних типів трафіку, таких як голосовий, відео, дані, IoT, і т. д. Основні кроки у такому дослідженні включають:

- збір даних, це може бути здійснено за допомогою обладнання для моніторингу мережі, лог-файлів, аналізаторів пакетів та інших інструментів;
- класифікація трафіку, це дозволяє розрізняти особливості та вимоги кожного типу трафіку;

- аналіз інтенсивності трафіку, інтенсивність може бути виміряна кількістю подій (пакетів, дзвінків, тощо) на одиницю часу;
- розподіл інтервалів між подіями, це може вказати на характер рівномірності чи нерівномірності трафіку;
- формулювання моделей розподілу, використання математичних моделей, таких як розподіл Пуассона, експоненційний розподіл, розподіл Вейбулла тощо, для апроксимації та опису характеристик трафіку;
- оцінка ресурсів та пропускної здатності, врахування впливу характеристик трафіку на вимоги до ресурсів мережі та оцінка пропускної здатності для забезпечення якості обслуговування;
- прогнозування та маршрутизація трафіку, розробка алгоритмів для прогнозування змін у трафіку та оптимального розподілу ресурсів для максимізації ефективності мережі.
- забезпечення якості обслуговування (QoS) - впливу характеристик трафіку на якість обслуговування та розробка стратегій для забезпечення необхідного рівня якості для різних типів трафіку.

Дослідження характеристик трафіку в мережах зв'язку наступного покоління є важливим етапом для ефективного проектування та управління цими мережами, а також для розробки оптимальних стратегій обслуговування трафіку. Дослідженню характеристик і закономірностей розподілу подій різних типів трафіку в мережах зв'язку наступного покоління (NGN) можуть залежати від конкретного характеру дослідження та вибраних методів аналізу. Проте, загальні висновки можуть включати наступне:

Характер Трафіку - Визначено основні характеристики різних типів трафіку, таких як голосовий, відео, дані та IoT. Розглянуто їхні унікальні особливості, включаючи часові інтервали між подіями та об'єми передачі даних.

Розподіл Подій - Встановлено, які розподіли підходять для опису часових інтервалів між подіями кожного типу трафіку. Наприклад, чи вони відповідають експоненційному розподілу чи іншим моделям.

Моделювання - Розроблені або використані математичні моделі для апроксимації характеристик трафіку. Визначено, наскільки точно ці моделі відображають реальний трафік у мережі.

Вплив на Ресурси - Вивчено вплив різних типів трафіку на вимоги до ресурсів мережі, включаючи пропускну здатність, оброблювальну здатність та енергоспоживання.

Прогнозування та Оптимізація - Розроблені стратегії для прогнозування змін у трафіку та оптимального розподілу ресурсів для максимізації ефективності мережі.

Якість Обслуговування - Оцінено вплив характеристик трафіку на якість обслуговування (QoS) та визначено стратегії для забезпечення необхідного рівня якості для кожного типу трафіку.

Забезпечення Безпеки - Визначено особливості трафіку, які можуть впливати на безпеку мережі, і розроблено відповідні стратегії забезпечення безпеки.

Рекомендації для Розробників та Операторів Мереж - На основі результатів дослідження надано рекомендації для розробників та операторів мереж щодо оптимізації ресурсів, покращення ефективності та забезпечення високої якості обслуговування для кінцевих користувачів. Ці висновки можуть слугувати основою для подальших кроків у вдосконаленні мереж зв'язку наступного покоління та розробці стратегій управління трафіком.

Отримані дані стали основою для розробки методики розрахунку пропускної спроможності. Було отримано практичну статистику та отримано результати за допомогою пакету Wireshark. Зібрано статистику за основними видами послуг. По суті, ця фаза враховує розподіл значень пакетів, що належать певній службі, що передається по мережі. Отримані результати представлені у вигляді графіків. На підставі отриманого результату можна зробити висновки щодо нормативних актів, які регулюють розподіл розмірів пакетів для різних телекомунікаційних послуг.

Оцінено точність методу орієнтовного розрахунку втрат з’єднання для різних значень параметрів. Точність наближеного методу визнано задовільною. Виходить,

що відносна похибка наближеного методу буде мінімальною для потоків викликів, у яких кратність викликів близька до загальної щільності навантаження.

Основною метою дослідження був пошук нових, більш прогресивних методів розрахунку пропускної здатності каналу зв’язку мережі зв’язку наступного покоління підприємств. ефективне використання мережі та підвищення якості пропонованих послуг.

Такі дослідження необхідні для розуміння поведінки (структури) мережевого трафіку в умовах перевантаження мережі. Ці дослідження допомагають розуміти динаміку мережевого трафіку та розробляти оптимальні стратегії управління для ефективного використання ресурсів мережі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kniazieva N. A., Kalchenko A. S. Approach to Evaluating the Quality of Telecommunication Services in Next Generation Networks. Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. 2014. Vol. II(4), Issue 32. P. 68–70.

2. Кальченко О. С. Підвищення якості мультимедійних послуг у мережах наступного покоління з використанням методів нечіткої логіки. 2015. Т. 51, № 1. С. 76–83. Бібліографічні дані журналу потрібно уточнити.

3. Кальченко О. С. Інтелектуальна система управління якістю послуг в мережах наступного покоління. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2015. Вип. 6(115). С. 55–60. Перед використанням перевірити ініціали автора за оригіналом.

4. Асауленко І. О., Приходько С. І., Жученко О. С., Штомпель М. А. Дослідження характеристик методу декодування кодів з малою щільністю перевірок на парність на основі стохастичної оптимізації. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2016. № 1. С. 33–40. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ikszt_2016_1_6.

5. Жураковський Б. Ю., Зенів І. О. Комп'ютерні мережі. Частина 2: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 372 с. URL: https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/711c5672-1178-4033-a9fa-6e70d0a56e10/content. ela.kpi.ua

6. International Telecommunication Union. ITU-T Recommendation Y.2001: General Overview of NGN. Geneva: ITU-T, 2004. URL: https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2001/en. ITU

7. International Telecommunication Union. ITU-T Recommendation Y.3001: Future Networks — Objectives and Design Goals. Geneva: ITU-T, 2011. URL: https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.3001/en. ITU

8. International Telecommunication Union. ITU-T Recommendation Y.1540: Internet Protocol Data Communication Service — IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters. Edition 12/2019, including applicable amendments through 2023. URL: https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1540/en. ITU

9. International Telecommunication Union. ITU-T Recommendation Y.1541: Network Performance Objectives for IP-Based Services. Edition 12/2011, including applicable Amendment 1 (2013). URL: https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1541/en.

10. International Telecommunication Union. ITU-T Recommendation P.10/G.100: Vocabulary for Performance, Quality of Service and Quality of Experience. Geneva: ITU-T, 2017, Amendment 1, 2019. URL: https://www.itu.int/rec/T-REC-P.10/en.

11. International Telecommunication Union. ITU-T Recommendation G.1011: Reference Guide to Quality of Experience Assessment Methodologies. Geneva: ITU-T, 2016. URL: https://www.itu.int/rec/T-REC-G.1011/en.

12. International Telecommunication Union. ITU-T Recommendation Y.1542: Framework for Achieving End-to-End IP Performance Objectives. Geneva: ITU-T, 2010. URL: https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1542/en.

13. Hwang I.-S. et al. QoS Enhancement of Live IPTV Using an Extended Realtime Streaming Protocol in Ethernet Passive Optical Networks. Journal of Optical

Communications and Networking. Перед внесенням до остаточного списку необхідно звірити рік, том, випуск і сторінки за оригіналом статті.

14. Kyselak M. et al. BER Measurement of Functional Optical Fiber Channel That Uses Polarization Multiplex. International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), 2021. Потрібно доповнити сторінками та DOI, якщо він присвоєний.

15. Sadon S. Kh. et al. Quality of Service (QoS) Analysis for Decentralized Passive Optical Network (PON) Intelligent Algorithm. WSEAS Transactions on Communications. Залишити лише після перевірки року, тому, випуску та сторінок; дублікати з початкових позицій 14 і 17 не повторювати.

16. Bienik J., Uhrina M., Vaculík M., Mižďoš T. Perceived Quality of Full HD Video — Subjective Quality Assessment. Advances in Electrical and Electronic Engineering. 2016. Vol. 14, No. 4. P. 437–444. DOI: https://doi.org/10.15598/aeee.v14i4.1831.

17. Hadiwardoyo S. A. An Overview of Multicast Routing Techniques for Group Communications Applications. In: 2017 25th Telecommunication Forum (TELFOR). 2017. DOI: https://doi.org/10.1109/TELFOR.2017.8249423.

18. Sun L., Mkwawa I.-H., Jammeh E., Ifeachor E. Guide to Voice and Video over IP: For Fixed and Mobile Networks. Springer. Розділ: VoIP Quality of Experience (QoE). P. 123–162. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-4905-7_6.

19. Taleb T., Samdanis K., Mada B., Flinck H., Dutta S., Sabella D. On Multi-Access Edge Computing: A Survey of the Emerging 5G Network Edge Cloud Architecture and Orchestration. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2017. Vol. 19, No. 3. P. 1657–1681. DOI: https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2705720.

20. Liu Y. et al. A Survey of Multi-Access Edge Computing in 5G and Beyond: Fundamentals, Technology Integration, and State-of-the-Art. IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 116974–117017. URL: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9113305.

21. Multi-Access Edge Computing: A Survey. IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 197017–197046. DOI: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3034136. URL: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9240934

ДЕМОНСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Сергій Хаб'юк

Назва: Методи розрахунку пропускної здатності мереж зв’язку наступного покоління

Координатор: Наталія Руденко

Підрозділ: ННІТ

Коефіцієнт подібності 1:10.4

Коефіцієнт подібності 2:2.7

Тривога: 13

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

☐ виявлені в роботі запозичення є сумлінними і не мають ознак плагіату. Тому робота визнається самостійною і допускається до захисту;

☐ виявлені в роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання;

☐ виявлені в роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. У зв'язку з чим, робота не допускається до захисту.

…… ……

Дата *Підпис Наукового керівника*