ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Система управління трафіком у корпоративній мережі»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 123 Комп'ютерної інженерії
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Комп'ютерна інженерія
(назва)

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

_____	*В'ячеслав АНТОНЮК*
(підпис)	*Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача*

Виконав: здобувач вищої освіти гр. КІД-41
В'ячеслав АНТОНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: Віра БАБЕНКО
Д.Т,Н
професор
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Рецензент: _____
науковий ступінь, вчене звання
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра 123 Комп'ютерної інженерії

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 123 Комп'ютерної інженерії

Освітньо-професійна програма Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Комп'ютерної інженерії
_____ Наталія ЛАЩЕВСЬКА
_____
«_____» _____ 2025р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Антонюк В'ячеслав Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Система управління трафіком у корпоративній мережі керівник кваліфікаційної роботи Віра БАБЕНКО,
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «24» лютого 2025р. № 56
2. Строк подання кваліфікаційної роботи «3» червня 2025р.
3. вихідні дані до кваліфікаційної роботи: науково-технічна література, керування трафіком, QOS, LAN, комутація пакетів, пріоритетне чергування, затримки, джиттер, sla, маршрутизація, буфери, перевантаження, якість обслуговування.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Загальна характеристика, основні параметри та принципи реалізації управління трафіком у мережах з комутацією пакетів
2. Особливості організації керування трафіком у корпоративних локальних мережах
3. Система керування трафіком для корпоративних пакетних мереж
5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*
6. Дата видачі завдання «24» лютого 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір даних	25.02-24.03.2025	Виконано
2	Обробка матеріалу	23.03-05.04.2025	Виконано
3	Розробка теоретичної частини	06.04-10.04.2025	Виконано
4	Розробка практичної частини	11.04-20.04.2025	Виконано
5	Висновки за результатами аналізу	21.04-06.05.2025	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	07.05-08.05.2025	Виконано
7	Розробка презентації	09.05-11.05.2025	Виконано
8	Передзахист	14.05-17.05.2025	Виконано
9	Здача в деканат	27.05-03.06.2025	Виконано

Здобувач вищої освіти _____ В’ячеслав АНТОНЮК
(підпис) *(Ім’я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Віра БАБЕНКО
(підпис) *(Ім’я, ПРІЗВИЩЕ)*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 59 стор., 21 рис., 1 табл., 14 джерел.

Мета роботи – аналіз принципів організації та розробка системи керування трафіком у корпоративних мережах із комутацією пакетів.

Об'єкт дослідження – процес маршрутизації та керування потоками даних у локальних комп'ютерних мережах корпоративного рівня.

Предмет дослідження – метод забезпечення якості обслуговування (QoS) у мережах із комутацією пакетів.

У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрової інфраструктури особливого значення набуває ефективне керування трафіком у комп'ютерних мережах, зокрема в корпоративних LAN. Одним з найперспективніших підходів є використання систем керування, які враховують особливості комутації пакетів та забезпечують стабільність передавання інформації з гарантованою якістю обслуговування.

У роботі розглянуто ключові принципи функціонування пакетних мереж, здійснено аналіз структурних особливостей комутаторів, типології мереж за методами маршрутизації та механізмів буферизації. Особливу увагу приділено параметрам якості обслуговування: затримкам, джиттеру, втратам пакетів та їх впливу на роботу мережевих сервісів.

Проведено класифікацію трафіку за чутливістю до затримок, сформульовано принципи пріоритетного обслуговування, розглянуто дисципліни керування чергами, алгоритми сортування пакетів, а також механізми запобігання перевантаженням. Розроблено модель системи управління трафіком, що охоплює підсистеми моніторингу, контролю та реалізації сервісних угод (SLA). Окремо описано особливості реалізації даної системи в умовах корпоративної локальної мережі.

На основі проведеного аналізу продемонстровано ефективність впровадження системи керування трафіком як необхідної складової сучасної корпоративної інфраструктури з комутацією пакетів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КЕРУВАННЯ ТРАФІКОМ, QoS, LAN, КОМУТАЦІЯ ПАКЕТІВ, ПРІОРИТЕТНЕ ЧЕРГУВАННЯ, ЗАТРИМКИ, ДЖИТТЕР, SLA, МАРШРУТИЗАЦІЯ, БУФЕРИ, ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ, ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 10
ВСТУП 11
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ТА ПРИНЦИПИ РЕАЛІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ У МЕРЕЖАХ З КОМУТАЦІЄЮ ПАКЕТІВ 12
1.1 Базова термінологія, ключові характеристики та засади функціонування пакетних мереж зв'язку 12
1.2 Загальні принципи керування трафіком у мережах із комутацією пакетів 18
1.3 Загальні характеристики трафіку в мережах із комутацією пакетів та методологія його планування 20
1.4 Базові засоби керування потоками трафіку в корпоративних локальних мережах із комутацією пакетів 24
2 ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ ТРАФІКОМ У КОРПОРАТИВНИХ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ 40
2.1 Постановка завдання щодо аналізу механізмів керування потоками трафіку в корпоративних LAN 40
2.2 Порівняння обробки черг без пріоритету та з пріоритетом у мережах LAN 42
2.3 Призначення пріоритетів чергам на основі інформації із заголовків пакетів 44
2.4 Алгоритми класифікації та сортування трафіку у вузлах мережі 45
2.5 Дисципліна обслуговування з рівним доступом до ресурсів 47
3 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТРАФІКОМ ДЛЯ КОРПОРАТИВНИХ ПАКЕТНИХ МЕРЕЖ 50
3.1 Функціональні групи задач керування в корпоративних мережах 50
3.2 Архітектура системи керування трафіком у мережах з комутацією пакетів 51
3.3 Моделі доступу до інформаційних ресурсів у корпоративних LAN 52
3.4 Реалізація системи керування трафіком у корпоративній пакетній мережі 55
ВИСНОВКИ 57

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 58
Додаток А. Демонстраційні матеріали (презентація) 59

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

API (Application Programming Interface) – інтерфейс прикладного програмування;

AS (Application Server) – сервер додатків;

БД – база даних;

CBQ (Class-Based Queuing) – черги на базі класів;

DBS (Data Base Server) – сервер бази даних;

FDM (Frequency Division Multiplexing) – частотне ущільнення каналів;

FIFO (First In, First Out) – першим прийшов, першим вийшов;

FS (File Server) – файловий сервер;

КК – комутація каналів;

КП – комутація пакетів;

LAN (Local Area Network) – локальна мережа;

МО – місця для очікування обслуговування заявок;

ОП – обслуговуючий прилад;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПРН – план розподілу навантаження;

QoS (Quality of Service) – якість обслуговування;

RDA (Remote Data Access) – віддалений доступ до даних;

RED (Random Early Detection) – випадкове раннє виявлення;

RSVP (Resource Reservation Protocol) – протокол резервування ресурсів;

SMS (System Management System) – система управління системою;

СРИ – система розподілу інформації;

СУ – система управління;

СУБД – система управління базами даних;

СУТМ – система управління телекомунікаційною мережею;

СУУС – система управління установкою з'єдна

ВСТУП

У сучасних умовах інтенсивного розвитку цифрових технологій корпоративні комп’ютерні мережі стають критично важливими для стабільного функціонування організацій. Однією з головних вимог до таких мереж є забезпечення ефективної, надійної та передбачуваної передачі даних між підрозділами, сервісами та кінцевими користувачами. Зважаючи на динамічний характер навантаження та різноманіття типів трафіку, зростає потреба у впровадженні спеціалізованих систем управління трафіком, здатних забезпечити оптимальне використання ресурсів мережевої інфраструктури.

Система управління трафіком у корпоративній мережі виконує важливі функції: від контролю та моніторингу параметрів передачі до динамічного планування маршрутизації та впровадження механізмів якості обслуговування (QoS). Її наявність дозволяє уникати перевантажень, зменшувати затримки, запобігати втраті пакетів та забезпечувати диференційоване обслуговування залежно від пріоритетності трафіку.

Мета цієї роботи полягає в аналізі принципів побудови та функціонування системи управління трафіком у корпоративній мережі, дослідженні відповідних алгоритмів і технологій, а також обґрунтуванні доцільності їх використання для забезпечення гарантованого рівня обслуговування.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ТА ПРИНЦИПИ РЕАЛІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ У МЕРЕЖАХ З КОМУТАЦІЄЮ ПАКЕТІВ

1.1 Базова термінологія, ключові характеристики та засади функціонування пакетних мереж зв’язку

Однією з ключових переваг методу комутації пакетів є спільне використання каналів зв’язку усіма абонентськими системами, що до них підключені. На відміну від традиційних методів, у цьому випадку не створюються постійні фізичні з’єднання між абонентами, і жоден з каналів не закріплюється виключно за певною парою систем. Замість цього, інформація у вигляді блоків даних передається кожним каналом по мірі їх надходження від різних джерел.

Коли користувач передає повідомлення через мережу з КП, воно розбивається у початковому вузлі на менші частини — пакети, кадри або осередки (ці терміни в межах даного контексту вважаються взаємозамінними) [4]. Сукупність таких даних, як-от запит на передачу файлу чи сам файл у відповідь, вважається логічно завершеним об’ємом інформації. Повідомлення можуть мати будь-який обсяг — від кількох байтів до декількох мегабайтів. Пакети ж, хоча й мають змінну довжину, обмежені у розмірах стандартами конкретної технології, яка підтримує пакетну комутацію.

Кожен пакет містить заголовок, що включає адресну інформацію для його доставки до вузла призначення, а також порядковий номер, за яким на приймальному боці буде здійснюватися збирання повного повідомлення (рис. 1.1)[4]. Важливою властивістю цього підходу є автономність обробки пакетів — кожен з них може передаватися та маршрутизуватися незалежно. Окрім заголовка, у пакеті присутнє завершальне поле — так званий кінцевик, в якому міститься

контрольна сума. Це поле дає змогу перевірити цілісність переданої інформації та виявити можливі помилки, що виникли під час її транспортування мережею.

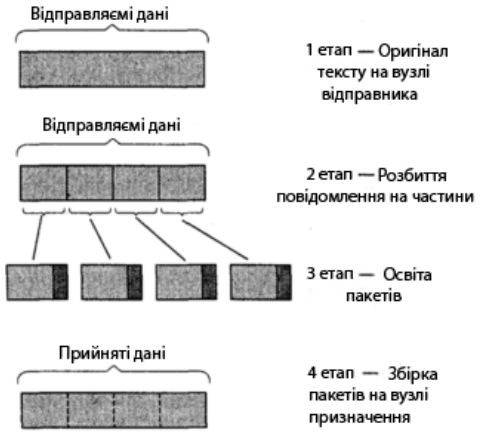


Рисунок 1.1 – Фрагментація потоку даних на пакетні одиниці

Пакетна мережа, як і мережа з комутацією каналів, складається з комутаторів, з'єднаних між собою фізичними каналами зв'язку. Втім, принципи роботи комутаторів у цих типах мереж суттєво відрізняються. Основна відмінність полягає в наявності у комутаторів пакетної мережі внутрішньої буферної пам'яті, що використовується для тимчасового зберігання пакетів. Це обумовлено тим, що комутатору потрібно отримати повний пакет, перш ніж він зможе прийняти рішення щодо його подальшої маршрутизації. Спочатку комутатор перевіряє контрольну суму пакета — лише за умови її коректності дані приймаються до обробки. Далі, використовуючи адресну інформацію, визначається наступний вузол пересилання. Саме тому пакети записуються у вхідний буфер послідовно, побітово. Такий механізм передачі даних відомий як «збереження з подальшою передачею» (store-and-forward). При цьому, для обробки одного пакета достатньо мати буфер, розмір якого не перевищує довжину цього пакета [4].

Окрім цього, буферна пам'ять необхідна для компенсації різниці між швидкістю надходження пакетів і швидкістю їх обробки. Якщо комутаційний блок не справляється з потоком даних, на інтерфейсах комутатора формуються вхідні черги. Для їх зберігання обсяг буфера повинен перевищувати розмір одного пакета. Існують різні архітектурні підходи до побудови комутаційного модуля. Класична

схема базується на використанні одного центрального процесора, який обслуговує всі вхідні черги. У такій реалізації ресурси процесора розподіляються між кількома потоками, що може спричинити зростання затримок та збільшення довжини черг.

Сучасні рішення передбачають багатопроцесорну архітектуру, за якої кожен інтерфейс комутатора обладнаний окремим вбудованим процесором, відповідальним за обробку пакетів. Загальна координація при цьому покладається на центральний процесор. Така структура дозволяє значно підвищити пропускну здатність комутатора і зменшити затримки на вхідних інтерфейсах. Водночас, черги можуть залишатися, оскільки саме центральний процесор часто залишається вузьким місцем у системі.

Ще одна важлива функція буферної пам’яті — вирівнювання швидкостей передачі між каналами зв’язку, підключеними до комутатора. Якщо швидкість надходження пакетів через один з інтерфейсів тимчасово перевищує пропускну здатність вихідного каналу, необхідно організувати вихідну чергу, аби уникнути втрати даних (рис. 1.2).

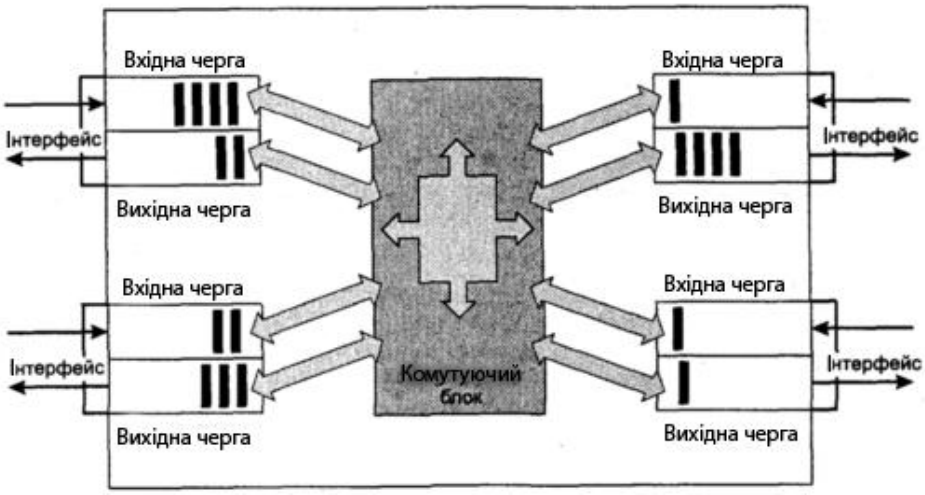


Рисунок 1.2 – Формування та управління чергами в пакетному комутаторі

У мережах із комутацією пакетів (КП) трафік від окремих абонентів розподіляється в часі згідно з законом великих чисел, через що пік навантаження рідко виникає одночасно у багатьох користувачів. Це забезпечує досить рівномірне навантаження на комутатори, особливо коли кількість абонентів, що

обслуговуються, є значною. На (рис.1.3) видно, що трафік, який надходить від кожного термінального вузла до комутатора, змінюється дуже нерівномірно з часом. Проте пристрої комутації вищого рівня, які здійснюють зв’язок між нижчими рівнями мережі, мають значно стабільніше завантаження. У результаті магістральні лінії, які об'єднують комутатори вищого рівня, працюють із високим коефіцієнтом використання. Завдяки буферизації ці коливання згладжуються, тому рівень пульсації в магістральних каналах значно нижчий, ніж у лініях, які з'єднують абонентів.

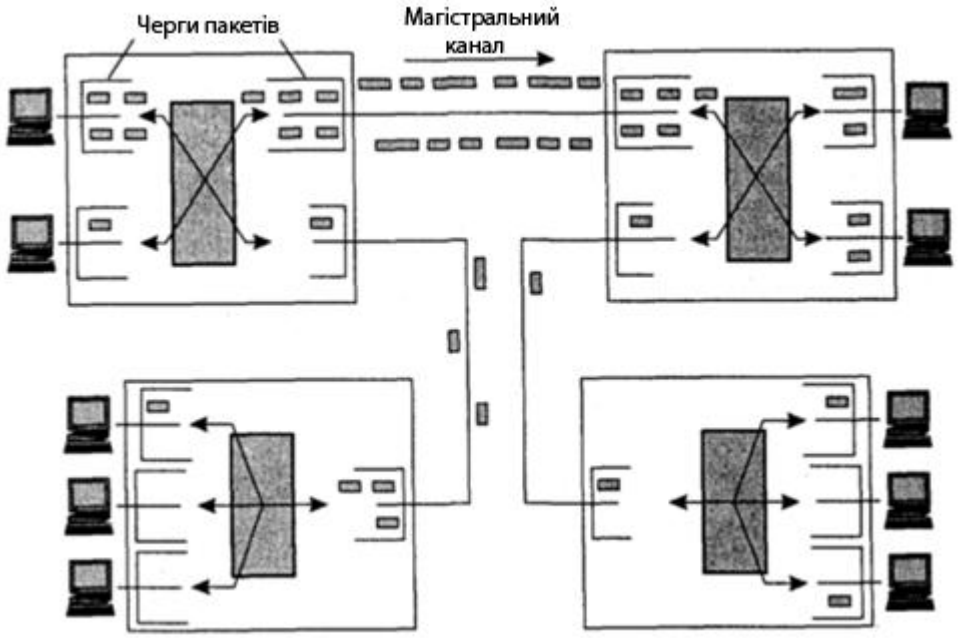


Рисунок 1.3 – Зменшення коливань трафіку в мережах із комутацією пакетів

У зв’язку з тим, що обсяг буферної пам’яті в комутаторах обмежений, у разі короткочасного перевантаження окремих сегментів мережі можливе переповнення буферів, що призводить до втрати пакетів. Це трапляється, коли пульсації кількох інформаційних потоків накладаються в часі. Втрата пакетів є типовим явищем для мереж із комутацією пакетів, тому для забезпечення коректного функціонування таких мереж було розроблено низку механізмів компенсації цього ефекту.

Процес прийняття рішення щодо вибору вихідного інтерфейсу для передачі вхідного пакета здійснюється на основі одного з трьох підходів до маршрутизації пакетів:

— дейтаграмний підхід передбачає, що з’єднання між вузлами не встановлюється, а кожен пакет передається автономно, відповідно до єдиного набору правил. Обробка пакета залежить виключно від його внутрішніх параметрів і поточного стану мережі. Наприклад, час очікування в черзі може змінюватися залежно від завантаженості вузла. Проте мережа не зберігає жодної інформації про раніше передані пакети, і кожен наступний пакет обробляється як незалежна дейтаграма;

— передача із встановленням логічного з’єднання передбачає створення логічного каналу (сеансу), у межах якого передаються пакети. У цьому випадку обробка здійснюється не для окремих пакетів, а для всього потоку в межах з’єднання. Для реалізації диференційованого обслуговування мережа повинна призначити унікальний ідентифікатор кожному з’єднанню та зберігати параметри, які визначають порядок обробки пакетів. Ці параметри складають інформацію про [стан з’єднання]. Варто зазначити, що фіксований маршрут для з’єднання не є обов’язковим — пакети одного з’єднання можуть слідувати різними маршрутами, незважаючи на однакові адреси джерела і призначення;

— передача із використанням віртуального каналу (англ. [Virtual Circuit, VC]) означає, що маршрут передавання визначається заздалегідь і закріплюється за всіма пакетами в межах конкретного з’єднання. Такий заздалегідь встановлений маршрут між кінцевими вузлами вважається віртуальним каналом і забезпечує фіксовану траєкторію трафіку в мережі з комутацією пакетів.

На підставі наведених методів маршрутизації можливе відповідне класифікування мереж із комутацією пакетів, як це показано на (рис.1.4).



Рисунок 1.4 – Типологія мереж із комутацією пакетів за методами маршрутизації пакетів

Слід зазначити, що в межах однієї мережевої технології можуть одночасно застосовуватись різні методи організації обміну даними. Наприклад, протокол IP, що базується на дейтаграмній моделі, забезпечує передачу даних між окремими мережами, які входять до глобальної системи Internet. У свою чергу, протокол TCP, який функціонує поверх IP, відповідає за надійну доставку інформації між кінцевими вузлами шляхом встановлення логічних з'єднань, не прив’язаних до фіксованих маршрутів.

На основі наведених характеристик можна визначити ключові переваги мереж із комутацією пакетів:

— висока ефективність у передаванні пульсуючого трафіку завдяки значній загальній пропускній спроможності мережі;

— можливість гнучкого та динамічного перерозподілу пропускної здатності фізичних каналів відповідно до фактичного навантаження, яке генерують абоненти.

Водночас до основних обмежень таких мереж належать:

— непередбачуваність швидкості передавання даних між абонентами, що обумовлена варіативністю черг у буферах комутаторів залежно від рівня навантаження;

— коливання затримки доставки пакетів, які можуть суттєво збільшуватись у періоди пікових перевантажень;

— потенційна втрата даних у випадках переповнення буферної пам’яті.

Наразі активно ведуться дослідження і впровадження рішень, спрямованих на мінімізацію зазначених недоліків, особливо актуальних для трафіку, чутливого до затримок і такого, що потребує стабільної швидкості передачі. Основою цих підходів є технології забезпечення якості обслуговування (QoS), які буде розглянуто у подальших розділах.

1.2 Загальні принципи керування трафіком у мережах із комутацією пакетів

Керування трафіком у мережах будь-якого рівня чи призначення спрямоване на підвищення ефективності використання наявних мережевих ресурсів і забезпечення заданих параметрів обміну даними. Відповідно до технічного завдання атестаційної роботи, аналіз загальних принципів управління трафіком та розробка на його основі відповідної системи управління передбачено провести на прикладі одного з найпоширеніших типів мереж із комутацією пакетів — локальних мереж корпоративного рівня (Local Area Network, LAN).

Оскільки основним ресурсом у таких мережах є пропускна здатність каналів передавання даних, управління трафіком полягає в оптимальному розподілі цієї здатності між портами комутаторів або маршрутизаторів за допомогою програмних засобів. У ряді випадків може також виникати потреба у нормуванні інших характеристик обміну даними. Крім того, ефективне керування трафіком клієнтських додатків дозволяє запобігти перевантаженням у разі виникнення аварійних ситуацій у мережевій інфраструктурі.

Зазвичай прикладні системи мають схожі вимоги до ресурсів корпоративної мережі, тому їх доцільно об’єднувати в групи з однаковим рівнем обслуговування. У цьому контексті рівень обслуговування визначається як узагальнена характеристика параметрів мережевих ресурсів, які виділяються для виконання

певного програмного забезпечення або комплексу програм. Вищому рівню обслуговування відповідають кращі показники пропускної здатності мережі, зокрема більша ширина каналу або менші затримки при передаванні даних.

Загалом, залежно від вимог до нормованих параметрів трафіку та технічних можливостей активного мережевого обладнання, можуть застосовуватися різноманітні схеми, методи й засоби керування трафіком. Зокрема, це завдання може вирішуватись у централізований спосіб (глобальне управління), коли розподіл ресурсів здійснюється на рівні всієї мережі шляхом резервування ресурсів для групи проміжних вузлів. Альтернативно, можливе децентралізоване (локальне) управління, коли кожен вузол реалізує підтримку кількох рівнів обслуговування, які асоціюються з конкретними групами додатків.

Однією з ключових проблем є обмеженість доступних ресурсів: надання переваги одній групі користувачів чи застосунків зазвичай призводить до погіршення умов обслуговування для інших.

На жаль, найпоширеніші мережеві технології — IP-протокол (мережевий рівень) та Ethernet (канальний рівень, IEEE 802.3) — спочатку були слабо пристосовані для реалізації гнучкого керування трафіком на рівні прикладних систем. У зв’язку з цим зростає актуальність застосування додаткових процедур і технологій, які б дозволили ефективно інтегрувати різнорідний трафік у межах сучасних мереж із комутацією пакетів.

У загальному випадку завдання керування трафіком у таких мережах включає такі ключові етапи [5]:

— планування трафіку — визначення оптимального розподілу мережевих ресурсів між вузлами з урахуванням вимог додатків і характеристик мережі;

— формування політики керування — розробка принципів взаємодії вузлів у процесі розподілу ресурсів згідно з обраною моделлю обслуговування;

— вибір методів і схем реалізації керування — визначення конкретних інструментів і механізмів для досягнення бажаних параметрів обслуговування для окремих груп користувачів чи програм.

1.3 Загальні характеристики трафіку в мережах із комутацією пакетів та методологія його планування

При аналізі трафіку в мережах із комутацією пакетів зазвичай виокремлюють два ключові аспекти: тип одиниці даних і спосіб її інкапсуляції. В ролі одиниць можуть виступати біти, байти, октети, повідомлення або блоки даних. Залежно від застосованої технології транспортування, ці одиниці об'єднуються у файли, пакети, кадри або комірки. В окремих випадках передавання може здійснюватися і без інкапсуляції.

Параметр швидкості передавання даних зазвичай визначається як кількість одиниць даних, переданих за одиницю часу (наприклад, пакети за секунду, байти за секунду, транзакції за хвилину тощо). Окрім цього, швидкість тісно пов’язана з часовими характеристиками – вона визначає, скільки часу потрібно для передавання певної одиниці даних через мережу.

Фактичний обсяг трафіку включає не лише корисні дані, а й службову інформацію, необхідну для забезпечення їх коректної доставки, що формує накладні витрати. Багато транспортних технологій передбачають обмеження на мінімальний та максимальний розміри пакета. Наприклад, у технології X.25 максимальний розмір пакета становив 4096 байт, а в технології Frame Relay – кадр міг містити до 8096 байт.

У контексті передавання даних можна виділити чотири узагальнені характеристики трафіку [5]:

— ступінь імпульсності (вибухоподібність);

— чутливість до затримок;

— час реакції системи;

— обсяг і пропускна здатність.

Ці характеристики, разом із параметрами маршрутизації, пріоритетами і наявністю з’єднань, суттєво впливають на поведінку прикладних систем у мережі.

Показник вибухоподібності описує нерівномірність передавання даних

користувачем. Якщо дані надсилаються регулярно, із сталою частотою, то значення цього показника близьке до нуля. Натомість, у випадках сплесків активності він значно зростає. Формально його можна обчислити як відношення пікового значення трафіку до середнього. Наприклад, якщо максимальна швидкість передачі під час пікового навантаження становить 100 Мбіт/с, а середня — 10 Кбіт/с, то коефіцієнт вибухоподібності дорівнює 10.

Чутливість до затримок характеризує реакцію прикладного ПЗ на часові затримки в мережі. Деякі системи, наприклад ті, що обробляють фінансові транзакції в режимі реального часу, не допускають жодних затримок, оскільки навіть незначні коливання можуть спричинити збої. Інші, як-от сервіси відеоконференцій, також потребують мінімальних затримок для забезпечення безперервного з’єднання. У той же час існують додатки, які не критичні до затримок у декілька хвилин або навіть годин — зокрема, електронна пошта чи пересилання файлів.

На (рис.1.5) наведено складові загального часу реакції системи.

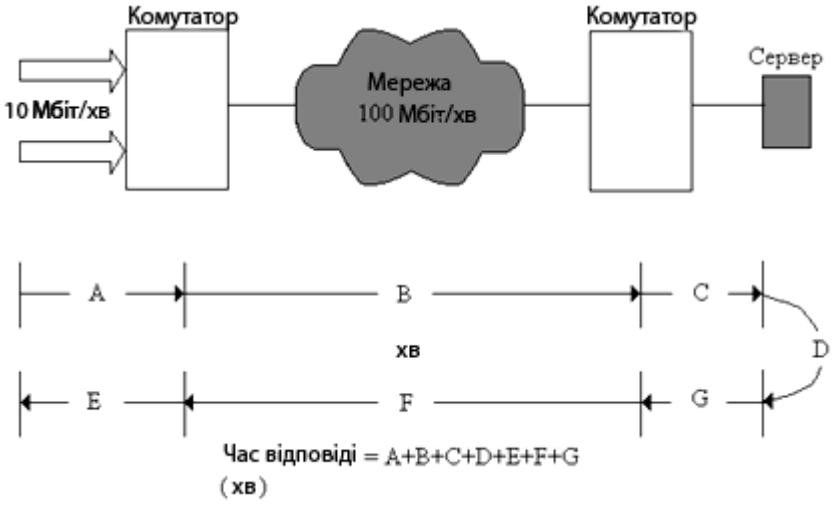


Рисунок 1.5 – Складові загального часу відповіді в мережах із комутацією пакетів

Поняття ємності та пропускної здатності мережі тісно пов’язані, однак не є тотожними. Під ємністю мережі розуміють обсяг мережевих ресурсів, який реально доступний користувачеві на певному маршруті передачі даних. Натомість пропускна здатність характеризується загальною кількістю даних, які система

здатна передати за одиницю часу.

Різниця між цими двома параметрами обумовлюється, зокрема, накладними витратами, пов’язаними зі специфікою функціонування мережі. Тобто фактична ємність може бути меншою за номінальну пропускну здатність через затрати на службову інформацію, повторні передачі, буферизацію тощо. У (табл.1.1) наведено приклади характеристик трафіку для різних типів прикладних програм.

У процесі проєктування мережі з комутацією пакетів, зокрема корпоративної локальної мережі з комбінованими функціями, виникає потреба забезпечити гарантований рівень сервісу для кожного додатка. Частина прикладних систем вимагає мінімальної затримки відповіді з боку мережі, що обумовлює необхідність гарантування таких параметрів, як час реакції, пропускна здатність та інші показники якості обслуговування. У зв’язку з цим актуальним стає впровадження механізмів забезпечення необхідного рівня сервісу відповідно до вимог додатків.

Таблиця 1.1 – Характеристики трафіку різних додатків

Додаток характеристика	«Вибухоподібному» трафіку	Терпимість до затримок	Час відповіді	Пропускна здатність, Мбнт / с
Електронна пошта	Висока	Висока	Регламентується	0.004-0.20
Голос	Середня	Низька	Реальний час	0.004-0.64
Передача файлів	Висока	Висока	Регламентується	0.01-600
CAD/CAM-системи	Висока	Середня	Близько до реального часу	1-100
Обробка транзакції	Висока	Низька	Близько до реального часу	0.064-1.544
Обробка зображень	Висока	Середня	Реальний час	0.256-25
Ділове відео	Низька	Низька	Реальний час	0.256-16

Продовження таблиці 1.1 – Характеристики трафіку різних додатків

Розважальне відео	Низька	Низька	Близько до реального часу	1.5-50
Всеохоплююче відео	Низька	Низька	Реальний час	0.128-45
Зв'язок локальних мереж	Висока	Висока	Реальний час	4-100
Доступ до сервера	Середня	Висока	Реальний час	4-100
високоякісне аудіо	Низька	Низька	Реальний час	0.128-1

Механізми забезпечення якості обслуговування (QoS) базуються на класифікації трафіку за категоріями та присвоєнні йому відповідних пріоритетів. Це дозволяє гарантувати кращі умови передавання для трафіку з високим пріоритетом незалежно від обсягів трафіку менш критичних додатків.

Умовно трафік можна поділити на три основні категорії відповідно до вимог щодо допустимих затримок під час передавання [5]:

— Трафік реального часу. До цієї категорії належать аудіо- та відеодані, які є особливо чутливими до затримок. Допустима затримка зазвичай не перевищує 0,1 с, включаючи обробку на кінцевих пристроях. Крім того, важливо звести до мінімуму варіації затримки (джиттер), оскільки вони негативно впливають на якість передачі. У разі застосування стиснення даних такий трафік стає вразливішим до помилок, які не можуть бути виправлені через неможливість повторної передачі в умовах обмеженої затримки.

— Транзакційний трафік. Характеризується допустимою затримкою до 1 секунди. Перевищення цього порогу викликає очікування з боку користувача та переривання роботи, оскільки наступні дії часто залежать від результатів попередньої транзакції. Нестабільність затримки також знижує комфорт роботи, а в окремих випадках — може призвести до завершення сесії та потреби її повторного запуску.

— Трафік даних. Найменш чутливий до затримок і здатний працювати

навіть при їх значних значеннях (до декількох секунд). Водночас такий трафік є дуже залежним від доступної пропускної здатності. Збільшення ширини каналу сприяє зменшенню часу передавання. Більшість додатків, орієнтованих на передавання великих обсягів даних, автоматично використовують усю доступну смугу пропускання. Винятком є деякі потокові мультимедійні сервіси, які водночас потребують як стабільної пропускної здатності, так і мінімальних затримок.

У межах кожної з описаних категорій трафік додатково може класифікуватися за рівнем пріоритету. Дані з вищим пріоритетом мають перевагу при маршрутизації та обробці в мережі. Прикладом такого трафіку може бути транзакція, пов’язана з оформленням замовлення або підтвердженням платежу.

Необхідність запровадження пріоритетів особливо актуальна у випадках дефіциту ресурсів. Пріоритети можуть застосовуватись не лише до окремих потоків, а й до груп користувачів, додатків або сервісів, що дозволяє оптимізувати загальну якість обслуговування в умовах змінного навантаження.

1.4 Базові засоби керування потоками трафіку в корпоративних локальних мережах із комутацією пакетів

Поява високошвидкісних технологій передавання даних часто створює уявлення, що всі проблеми, пов’язані із забезпеченням якості обслуговування (QoS), можуть бути вирішені шляхом простого нарощування пропускної здатності. Дійсно, в окремих випадках, наприклад у малих локальних мережах, що об'єднують декілька робочих груп, застосування технологій Fast Ethernet або Gigabit Ethernet зі швидкістю 100/1000 Мбіт/с у поєднанні з неблокуючими комутаторами та відносно низьким рівнем навантаження дозволяє уникнути перевантаження. У таких умовах досягаються низькі затримки та мінімальні флуктуації (джиттер). При цьому мережа функціонує стабільно, навіть без складних механізмів маршрутизації, які можуть спричинити втрату пакетів або потребу в їх повторній передачі.

Проте в більшості практичних сценаріїв виникає потреба у впровадженні контрольованих механізмів розподілу трафіку. У сучасних локальних мережах, за відсутності регулювання навантаження, можливе перевантаження комутаторів. Це призводить до втрати пакетів, які потім повторно передаються кінцевими пристроями, додатково ускладнюючи ситуацію. У таких умовах передача мультимедійного контенту (зокрема, аудіо- та відеоданих) стає практично неможливою.

Особливу увагу слід приділити магістральним сегментам корпоративної мережі. Якщо до них підключаються локальні ділянки без вбудованих механізмів керування трафіком, навіть значні резерви пропускної спроможності можуть виявитися недостатніми для забезпечення належного рівня обслуговування критичних (пріоритетних) даних. Отже, навіть у магістральних мережах необхідно впроваджувати класифікацію трафіку та підтримку QoS.

Узагальнюючи вищевикладене щодо корпоративних LAN (відповідно до технічного завдання), можна констатувати, що такі мережі зазвичай функціонують близько до максимальної пропускної здатності, хоча й не на межі. Водночас вони залишаються вразливими до перевантажень, зумовлених, наприклад, встановленням нових ресурсомістких додатків або непередбачуваним скупченням користувачів у певному сегменті. У таких умовах простого збільшення пропускної здатності недостатньо для забезпечення стабільної роботи.

Одним із базових інструментів керування трафіком є механізм пріоритетної обробки, який передбачає поділ трафіку на обмежену кількість класів із призначенням кожному з них певного рівня пріоритету. Класифікація пакетів на такі класи є окремим завданням, і може здійснюватися на основі [8]:

— типу протоколу (наприклад, IP, IPX, DECnet), що актуально для пристроїв канального рівня;

— IP-адрес джерела та призначення, номерів TCP/UDP-портів, значення поля "тип сервісу" (Type of Service) у заголовку IP-пакета або інших характеристик, доступних у заголовку.

Правила класифікації пакетів на пріоритетні класи формують складову

політики керування мережею, як це представлено на (рис.1.6) [8].

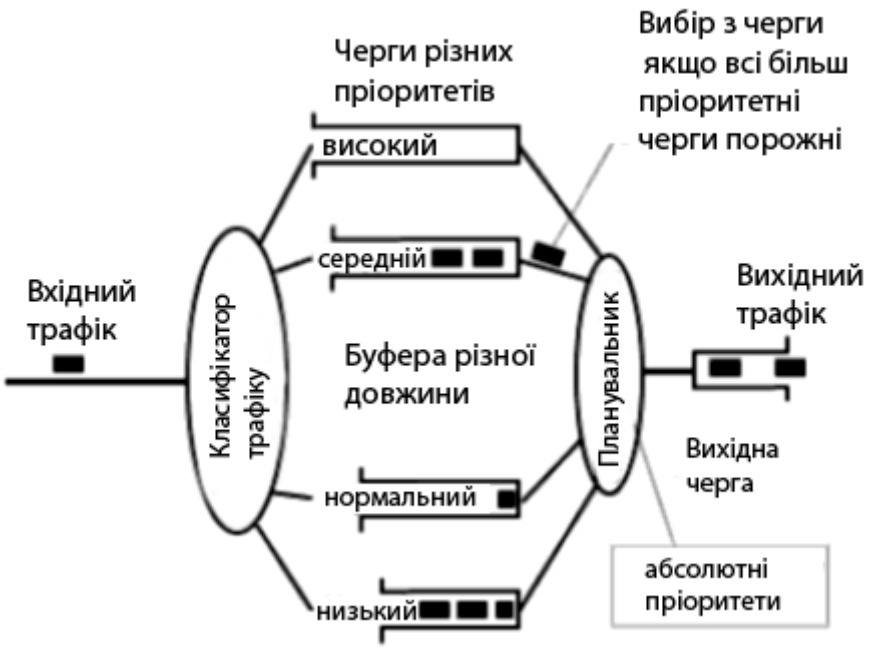


Рисунок 1.6 – Пріоритетне керування чергами трафіку

Механізм пріоритетного керування чергами є одним із найпоширеніших інструментів забезпечення тимчасових гарантій для додатків, чутливих до затримок. У деяких випадках його можливостей достатньо для обробки трафіку певних протоколів. Такий підхід може бути застосовний для передавання аудіо- та відеоданих, коли не вимагається висока якість обслуговування. Проте для досягнення стабільної передачі мультимедійного контенту з мінімальними затримками та джиттером потрібне резервування буферного простору на маршрутизаторах і застосування складних алгоритмів обробки черг, що неможливо реалізувати без значних накладних витрат [7, 8].

Оскільки єдиного стандарту пріоритетного обслуговування не існує, кожен виробник мережевого обладнання реалізує власні алгоритми. Наприклад, Cisco Systems використовує зважене справедливе обслуговування з раннім виявленням перевантажень, тоді як Bay Networks реалізує черги на основі класів [8].

У випадках, коли маршрутизатор отримує трафік швидше, ніж може його передати, надлишкові пакети потрапляють у чергу. Найпростіший підхід до їх

обробки – алгоритм FIFO (First In, First Out), за яким пакети обслуговуються у порядку надходження. Попри простоту реалізації, такий метод часто виявляється недостатнім для підтримки QoS [8].

Альтернативою FIFO є алгоритм RED (Random Early Detection), який також ґрунтується на принципі FIFO, але реалізує випадкове відкидання пакетів до того, як черга досягне критичної довжини. Це дозволяє зменшити ймовірність перевантаження та втрат трафіку, зокрема TCP, без необхідності жорсткого резервування ресурсів [8].

Алгоритм пріоритетного обслуговування передбачає організацію кількох черг (FIFO або RED), між якими трафік розподіляється за заздалегідь визначеними критеріями. Передача виконується за суворою пріоритетністю: спочатку – трафік із найвищим пріоритетом, далі – із середнім тощо [8].

Алгоритм CBQ (Class-Based Queuing) передбачає поділ трафіку на логічні класи, кожен з яких має власну чергу і фіксовану частину пропускної здатності каналу [8].

Окремим випадком CBQ є WFQ (Weighted Fair Queuing) – метод, у якому кожному класу призначається окрема черга FIFO та певна частка пропускної здатності. Це забезпечує динамічний перерозподіл ресурсів і зменшує затримки обробки для високопріоритетних потоків [8].

Важливим компонентом інтеграції пріоритетних черг є протокол резервування ресурсів RSVP (Resource Reservation Protocol), який дозволяє мережевим додаткам запитувати певний рівень сервісу, зокрема гарантовану пропускну здатність або допустимий рівень втрат [8].

Застосування механізмів чергування суттєво знижує ризик перевантажень та сприяє підвищенню стабільності корпоративних локальних мереж. Проте їх ефективність у великих, гетерогенних середовищах залишається обмеженою [8]. Механізми черг не вирішують проблему управління неперервними потоками даних, оскільки реалізуються незалежно на кожному вузлі, без координації між пристроями. У проміжних вузлах єдиною можливою реакцією на перевантаження залишається внесення помилок або затримок у трафік з надією на його

уповільнення.

Для стандартизації пріоритетного обслуговування Комітетом IEEE 802 були розроблені специфікації IEEE 802.1Q та IEEE 802.1p. Стандарт IEEE 802.1p описує механізм призначення пріоритету кадрам Ethernet, а IEEE 802.1Q регламентує структуру додаткових полів кадру, що використовуються для ідентифікації віртуальної мережі та пріоритету передавання [9]. У результаті до кадру Ethernet додаються два байти, що дозволяють встановлювати до восьми рівнів пріоритету, завдяки чому забезпечується ефективне чергування кадрів у комутаторах. Це особливо важливо для трафіку, чутливого до затримок і джиттеру, наприклад, при впровадженні IP-телефонії або відеоконференцій у корпоративних LAN.

Серед труднощів практичного впровадження слід виокремити відсутність централізованого контролю над запитами пріоритету з боку користувачів. У зв’язку з цим адміністратору мережі необхідно здійснювати постійний моніторинг і регулювання трафіку з метою запобігання перевантаженням.

У відповідності до викладеного, систему управління трафіком доцільно умовно поділити на три функціональні підсистеми:

— підсистему встановлення сервісної угоди між мережею та користувачем щодо обсягів і якості наданих послуг;

— підсистему керування потоками пакетів;

— підсистему моніторингу параметрів трафіку.

Кожна з цих підсистем реалізується через набір функціональних компонентів (рис.1.7). Зокрема, підсистема контролю параметрів складається із модулів, що відповідають за моніторинг з боку користувача та з боку мережі. Її основна мета — запобігання перевантаженням або, у разі їх виникнення, зменшення їх тривалості. Контроль здійснюється у визначених точках мережі та в строго регламентовані часові інтервали.

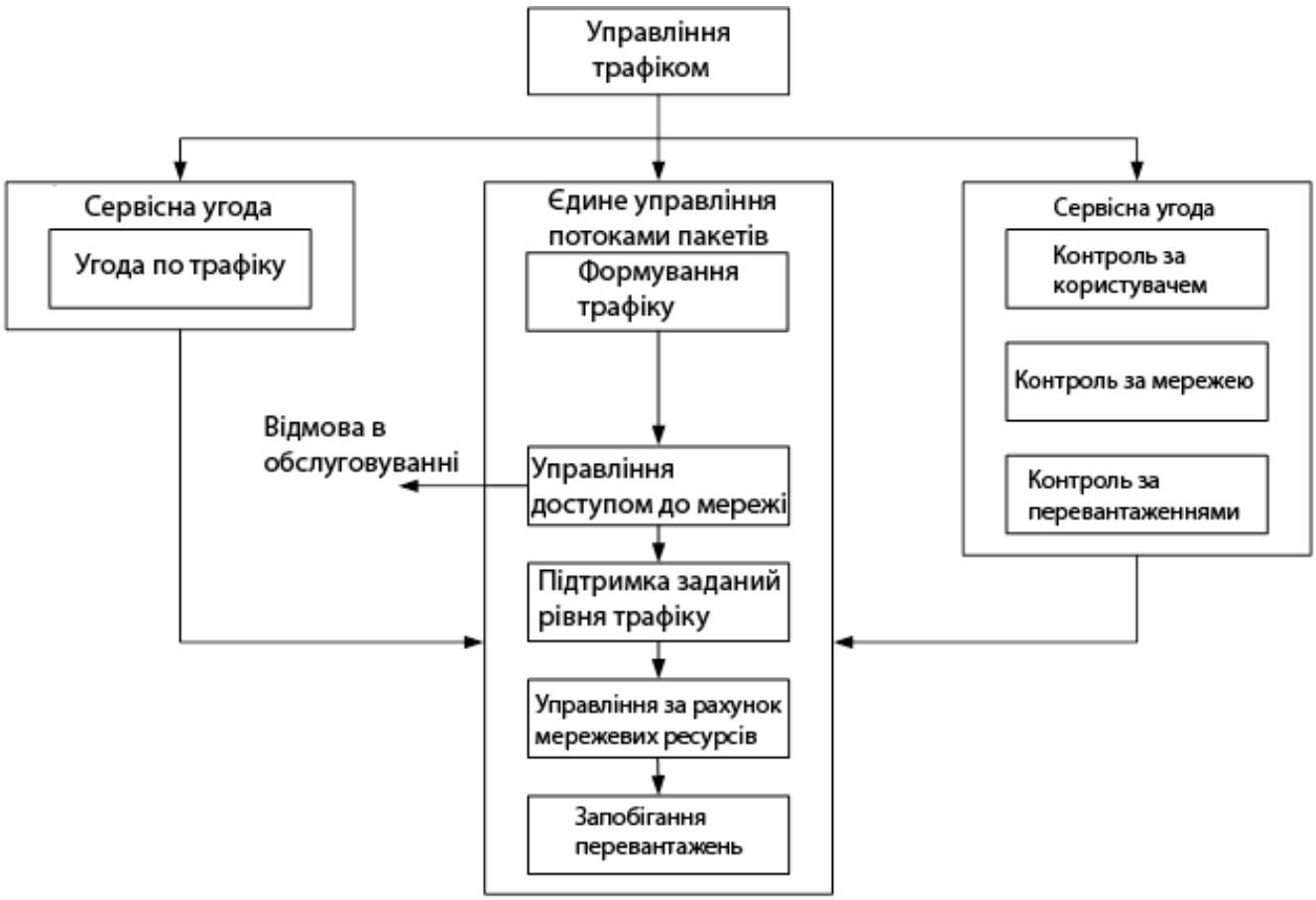


Рисунок 1.7 – Зведена модель системи управління мережевим трафіком

Виходячи зі структури системи управління трафіком, можна визначити її основні функціональні завдання [6]:

— укладання угоди про передавання трафіку, що задовольняє максимально можливі вимоги користувача в межах наявних ресурсів мережі;

— раціональний розподіл ресурсів і управління ними з метою забезпечення виконання укладеної угоди;

— запобігання виникненню перевантажень у мережі.

Таким чином, головною метою системи управління трафіком є забезпечення надійного, стабільного та ефективного функціонування мережі, що створює комфортні умови для роботи всіх користувачів.

Система повинна діяти на всьому шляху проходження пакетів — від джерела до пункту призначення:

— на вході в локальну корпоративну мережу — здійснюється узгодження реальних параметрів трафіку з умовами угоди;

— усередині мережі — реалізуються засоби згладжування викривлень, спричинених мережею;

— на виході з мережі — відбувається корекція трафіку до його початкових характеристик.

Ключовим елементом в системі є угода про рівень сервісу (Service Level Agreement, SLA) — це формалізований документ (письмовий або електронний), що укладається між провайдером мережевих послуг (наприклад, адміністратором LAN або оператором) та користувачем (організацією, підрозділом або індивідуальним користувачем). За цією угодою провайдер зобов’язується забезпечити надання певного рівня сервісу.

Угода базується на чотирьох основних показниках:

— гарантована доступність та працездатність мережевої інфраструктури;

— надійність доставки пакетів (кадрів, осередків);

— затримки при передачі даних;

— швидкість відновлення мережі після збоїв.

Затримки в мережі є критичним фактором, особливо для додатків реального часу. Розглянемо загальні типи затримок, які виникають під час передачі пакетів у мережі [4].

Нехай з кінцевого вузла N1 передається повідомлення до вузла N2, при цьому на маршруті проходження даних розташовані два комутатори. Повідомлення об’ємом V поділено на окремі пакети, кожен з яких містить службовий заголовок. На (рис.1.8) проілюстровано момент прибуття пакета на вхідний інтерфейс комутатора та момент його передавання через вихідний інтерфейс.

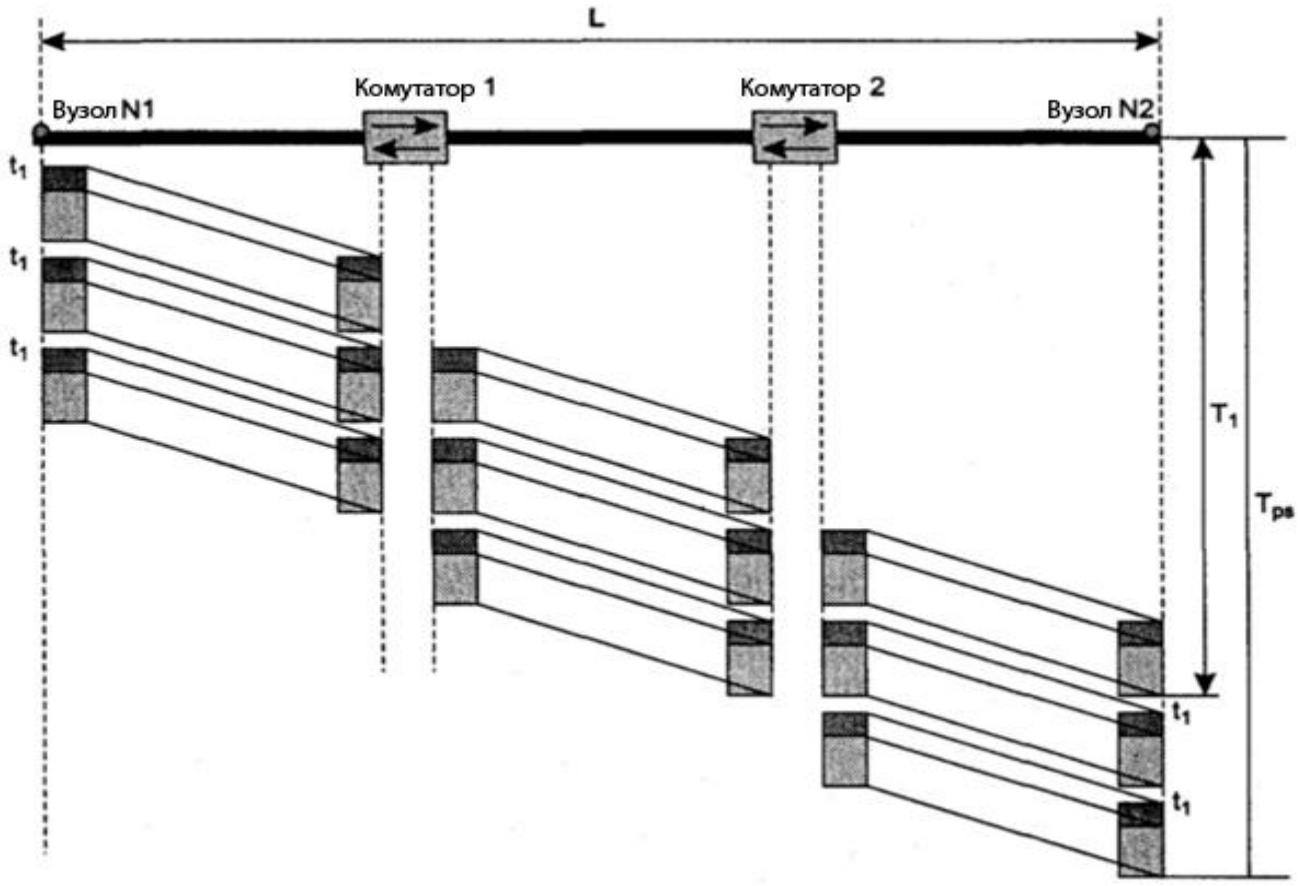


Рисунок 1.8 – Тимчасова діаграма передавання повідомлення, розділеного на пакети, в мережі з комутацією пакетів

Як видно з (рис.1.8), кожен комутатор створює затримку, що складається з кількох компонентів. Таким чином, можна визначити два ключові часові інтервали:

— t_0 — час доставлення першого пакета адресату;

— t — час повної передачі всього повідомлення.

Фрагментація повідомлення на пакети та їх подальше передавання мережею неминуче спричиняє додаткові часові затримки. Для розуміння природи цих затримок простежимо шлях першого пакета від джерела до пункту призначення та визначимо складові часу його доставлення (рис.1.9).

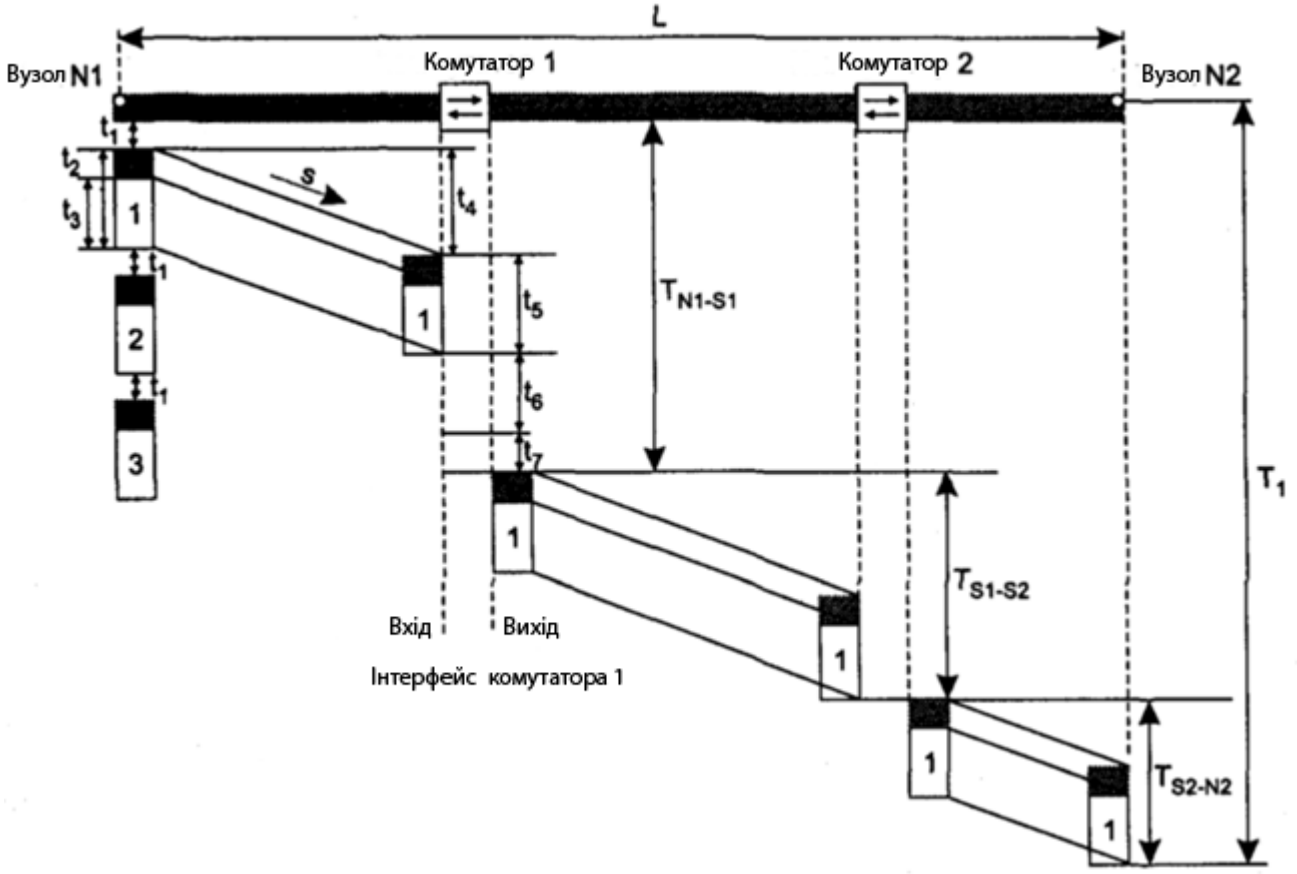


Рисунок 1.9 – Тимчасова діаграма передачі по мережі одного пакета

Час передавання окремого пакета від вузла N1 до першого комутатора можна подати як суму кількох складових. У межах вузла-відправника N1 цей час включає:

— Час формування пакета (пакетизації) — визначається тривалістю процесу створення пакета в програмно-апаратному середовищі відправника. Цей показник не залежить від параметрів мережі та є функцією внутрішніх характеристик вузла (наприклад, операційної системи, драйверів мережевого адаптера тощо);

— Час передавання заголовка в канал зв’язку — проміжок часу, необхідний для фізичної передачі службової інформації пакета;

— Час передавання поля даних пакета — час, який витрачається на передавання корисної інформації через той самий канал після передавання заголовка.

Передача повідомлення, розбитого на окремі пакети, супроводжується додатковими часовими витратами. Розглянемо детально шлях проходження

першого пакета та визначимо основні компоненти часу його доставлення до вузла призначення (рис.1.9).

Перш за все, затримка формується на стороні вузла-відправника N1 і включає:

— час формування пакета (пакетизації) — залежить від характеристик програмного забезпечення та апаратної частини відправника, але не залежить від параметрів мережі;

— час передачі заголовка в канал зв’язку;

— час передачі основного поля даних пакета в канал зв’язку.

По-друге, необхідно врахувати затримку поширення сигналу, тобто час, який потрібен для передачі одного біта по фізичному каналу між вузлом N1 та першим комутатором.

По-третє, додаткова затримка виникає в проміжному комутаторі, яка включає:

— час прийому пакета у вхідний буфер комутатора, що зазвичай дорівнює часу передачі пакета з вузла-джерела;

— час очікування в черзі, який змінюється залежно від поточного рівня навантаження на мережу;

— час комутації, тобто обробка пакета перед передачею в потрібний вихідний порт. Цей параметр є фіксованим для конкретного типу пристрою і зазвичай становить від кількох мікросекунд до мілісекунд.

Інші ділянки маршруту передавання пакета також мають аналогічну структуру затримки, за винятком того, що в них не враховується час пакетизації та, у випадку доставки до кінцевого вузла, час комутації. Важливо відзначити, що деякі часові компоненти відбуваються паралельно, тому не впливають на загальний час передавання (рис.1.9).

Передача кількох пакетів здійснюється у багатоступеневому режимі, в якому мережеві пристрої обробляють пакети паралельно. Це дозволяє істотно скоротити загальний час передачі повідомлення в порівнянні з простою сумою затримок для кожного окремого пакета. Хоча точний розрахунок загального часу є складним

через змінність умов у мережі (зокрема, довжини черг), при припущенні однакового часу очікування в чергах, оцінку можна значно спростити.

Для мереж, що використовують механізми логічного з'єднання або віртуального каналу, визначають три основні параметри QoS, які повинні бути узгоджені при встановленні з'єднання:

— середня затримка при передаванні пакетів;

— варіація затримки (джиттер);

— відсоток втрати пакетів.

Система управління трафіком у таких мережах є невід'ємним компонентом мережевого обладнання. Під управлінням трафіком розуміється сукупність механізмів, які регулюють доступ до ресурсів мережі, забезпечують відповідність між характеристиками трафіку та параметрами обслуговування. Одним із найважливіших завдань такої системи є попередження та ліквідація перевантажень, а також розв'язання ситуацій блокування, при дотриманні принципу справедливого розподілу ресурсів [10].

Перевантаженням вважається такий стан мережі, при якому відбувається суттєве погіршення показників якості обслуговування. Це може проявлятися у збільшенні частки втрачених пакетів, рості середньої затримки або варіації затримки (джиттера). Перевантаження може мати локальний характер (на окремих вузлах), або бути глобальним, охоплюючи всю мережу.

У мережах з комутацією пакетів, включаючи корпоративні LAN, стан перевантаження зазвичай виявляється у вигляді збільшення довжини черг. У разі відсутності ефективного механізму контролю або його неспроможності, це призводить до недоступності певних мережевих ділянок, а в крайніх випадках — до блокування мережі, коли її продуктивність прямує до нуля, а затримки — до нескінченності.

Перевантаження також може розглядатися як ситуація, за якої мережа не здатна гарантувати підтримку необхідного рівня QoS для вже встановлених або нових з'єднань. Основними причинами таких перевантажень можуть бути непередбачувані флуктуації трафіку або відмова мережевих елементів.

У 1980 році Mario Gerla та Leonard Kleinrock [11] довели, що в умовах перевантаження продуктивність мережі без активного контролю може бути нижчою, ніж у мережах з динамічним управлінням ресурсами. Ілюстрація цієї залежності наведена на (рис.1.10), де показано зміни обслуговуваного трафіку та середньої затримки залежно від інтенсивності навантаження каналу з фіксованою пропускною здатністю [3].

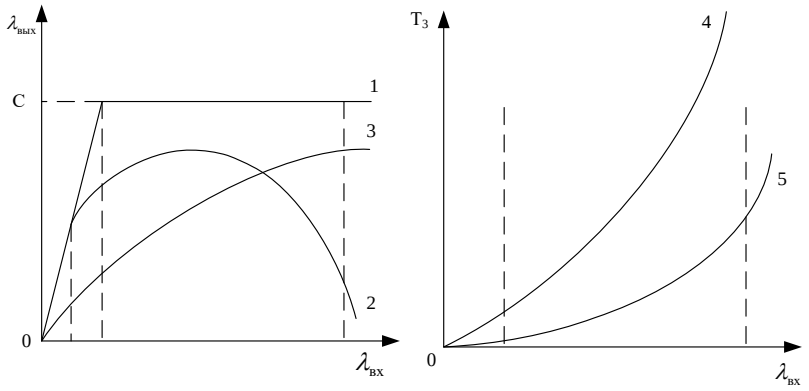


Рисунок 1.10 – Продуктивність і затримка мережі як функції інтенсивності трафіку

Представлені залежності ілюструють характерну поведінку мережі в умовах перевантаження та якісно демонструють вплив механізмів управління трафіком на основні показники ефективності функціонування. Залежність (1) описує ідеалізований сценарій роботи мережі за зростання вхідного навантаження, коли вона здатна адаптивно підтримувати високу продуктивність. Залежності (2) і (4) відповідають ситуації відсутності управління потоками, у якій якість обслуговування стрімко погіршується при досягненні критичного навантаження. Натомість залежності (3) і (5) відображають роботу мережі за умови застосування системи управління трафіком, яка дозволяє частково або повністю стабілізувати показники якості обслуговування.

На (рис.1.11) наведено ті самі залежності, доповнені позначенням характерних областей навантаження для випадку, коли в мережі реалізовані механізми протидії перевантаженням.

Посилена увага фахівців до методів запобігання перевантаженням пояснюється тим, що архітектура мережі, її принципи функціонування та зовнішні характеристики визначаються сукупністю механізмів, реалізованих на таких рівнях моделі OSI:

— фізичному рівні — де задаються параметри середовища передавання даних, швидкість та надійність сигналу;

— канальному рівні — що відповідає за управління доступом до середовища, виявлення помилок і формування кадрів;

— мережевому рівні — де реалізується логіка маршрутизації та правила передавання пакетів;

— транспортному рівні — який забезпечує надійність з'єднання, контроль помилок і керування потоками.

Механізми, реалізовані на зазначених рівнях, суттєво впливають на використання доступних мережевих ресурсів і тісно пов'язані з контролем трафіку, його розподілом і обмеженням. Саме тому системи керування, що були ефективно реалізовані в одній мережевій архітектурі, зазвичай є малоефективними або непридатними для застосування в інших типах мереж через відмінності в структурі трафіку, способах маршрутизації та рівнях навантаження.

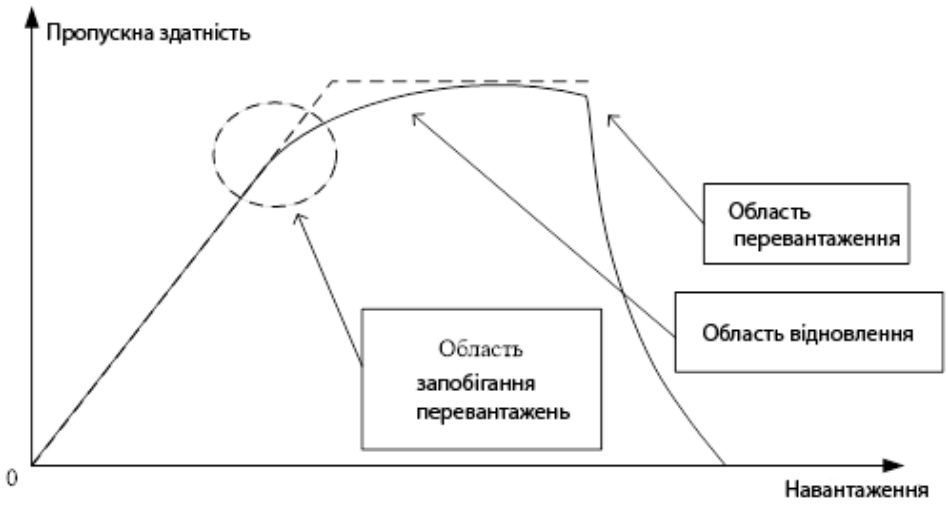


Рисунок 1.11 – Принципи функціонування механізмів запобігання перевантаженням у мережах із комутацією пакетів

Крім технічних особливостей реалізації, ефективність механізмів запобігання перевантаженням значною мірою залежить від профілю трафіку, що циркулює в мережі. Зокрема, поширення в мережах із комутацією пакетів, особливо в корпоративних LAN, мультимедійних сервісів — таких як передавання стисненого аудіо та відео — актуалізувало нові вимоги до контролю та управління цим трафіком. Такі типи навантаження є особливо чутливими до затримок і флуктуацій, а кожен новий сервіс висуває власні специфічні вимоги до параметрів QoS.

У загальному випадку всі методи боротьби з перевантаженнями можна умовно поділити на два основні класи:

— host-based — реалізуються на стороні кінцевих вузлів (хостів) і передбачають управління трафіком на рівні транспортного протоколу;

— router-based — реалізуються в маршрутизаторах та інших проміжних вузлах і спрямовані на виявлення перевантажень і передачу зворотного сигналу до джерела трафіку.

У більшості комп’ютерних мереж принцип реалізації транспортного рівня є кінцевим (end-to-end), тобто протоколи обробляються лише в хостах. Маршрутизатори при цьому працюють лише на рівні канального, мережевого та фізичного рівнів і не мають доступу до повної інформації про стан з’єднань. Отже, маршрутизатор не може безпосередньо впливати на рівень трафіку, що генерується хостом.

У такій ситуації єдиним способом повідомити джерело про виникнення або загрозу перевантаження є механізм зворотного зв’язку (feedback). У цьому випадку маршрутизатор ініціює надсилання службових повідомлень, які містять відповідну інформацію. Джерелом таких повідомлень виступає мережа, а отримувачем — джерело трафіку.

Ефективна боротьба з перевантаженнями можлива лише за умови спільного застосування host-based та router-based підходів. Для цього механізми управління перевантаженням у хості повинні підтримувати семантику зворотного зв’язку — тобто мати реалізацію одностороннього протоколу типу «маршрутизатор–хост». У

разі отримання сигналу про перевантаження механізм у хості має зменшити інтенсивність передавання пакетів у мережу. Без такого механізму джерело не здатне самостійно приймати рішення щодо адаптації швидкості передавання.

Інформація про перевантаження може надходити до джерела як безпосередньо з мережі, так і опосередковано через приймач.

З огляду на викладене, завдання управління трафіком охоплює три ключові компоненти:

— планування трафіку — включає аналіз характеристик трафіку, класифікацію типів навантаження та визначення допустимих значень QoS-параметрів (зокрема затримки, джиттера, втрат пакетів);

— формування політики управління — вибір підходу та відповідних механізмів, серед яких основними є:

— використання високошвидкісних каналів зв’язку для задоволення вимог до пропускної здатності;

— застосування пріоритетного керування чергами для обслуговування критичних типів трафіку;

— призначення пріоритетів у межах віртуальних мереж для забезпечення QoS відповідно до вимог користувачів;

— визначення методів і схем реалізації — побудова архітектури системи управління на основі узагальненої моделі (рис.1.7), до складу якої входять: підсистема встановлення SLA між користувачем і мережею, підсистема динамічного управління потоками, підсистема контролю параметрів трафіку.

Встановлено, що всі ресурси системи управління трафіком мають бути спрямовані на оптимальне розподілення ресурсів мережі, забезпечення гарантованого виконання SLA, а також запобігання перевантаженням.

У ході дослідження були проаналізовані типи затримок і механізми їх виникнення в умовах передачі даних у корпоративних локальних мережах. Показано, що саме ці параметри чинять значний вплив на ефективне використання ресурсів мережі та можливість досягнення гарантованого рівня QoS. Також було вивчено основні причини перевантажень та підходи до їх попередження.

На основі наведеного аналізу, а також відповідно до вимог технічного завдання, подальший розгляд управління трафіком здійснюватиметься в контексті забезпечення гарантованого QoS та раціонального використання ресурсів пакетних мереж корпоративного рівня (LAN).

2 ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ ТРАФІКОМ У КОРПОРАТИВНИХ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

2.1 Постановка завдання щодо аналізу механізмів керування потоками трафіку в корпоративних LAN

Як було зазначено в першому розділі, основна мета впровадження механізмів керування трафіком полягає у гарантованому забезпеченні якості обслуговування при доставленні інформації користувачам та раціональному використанні ресурсів мережі. Під якістю обслуговування у будь-якій телекомунікаційній мережі розуміється її здатність обробляти запити відповідно до заданих імовірнісно-часових характеристик [12].

Було показано, що основними параметрами QoS, які мають узгоджуватися під час встановлення з’єднання, є:

— середня затримка передавання пакетів;

— варіація затримки (джиттер);

— відсоток втрат пакетів.

Відповідно до цього, керування трафіком у мережі повинно бути організовано таким чином, щоб мінімізувати зазначені параметри. У мережах з комутацією пакетів корпоративного рівня LAN це, передусім, досягається за рахунок:

— організації черг пакетів;

— планування порядку їх передавання в комутаторах і маршрутизаторах;

— реалізації механізмів диференційованої обробки трафіку.

Таке планування дозволяє забезпечити різні рівні обслуговування для різних категорій трафіку і, за потреби, ініціювати повторну передачу пошкоджених або втрачених пакетів [13].

Комутатор або маршрутизатор у корпоративній локальній мережі з погляду топології розглядається як вузол, у який надходять потоки пакетів, що

обробляються згідно з правилами керування чергами та передаються на вихід. Як зазначено в підрозділі 1.1, мережеві комутатори містять внутрішню буферну пам’ять, яка використовується для тимчасового зберігання пакетів з метою запобігання втратам у разі одночасного надходження кількох потоків.

Таким чином, трасу пакета в мережі можна представити у вигляді послідовності систем масового обслуговування з чергами, як проілюстровано на (рис.2.1) [13].

Якщо забезпечити, що затримка в кожному з буферів не перевищує визначеної граничної величини, то затримка від відправника до отримувача також не перевищуватиме суму цих граничних значень. У цьому контексті особливий інтерес становить аналіз джиттера, тобто зміни часу затримок для різних пакетів. Джиттер зазвичай визначається як різниця між максимальною та мінімальною затримками, і є ключовим параметром для трафіку реального часу.

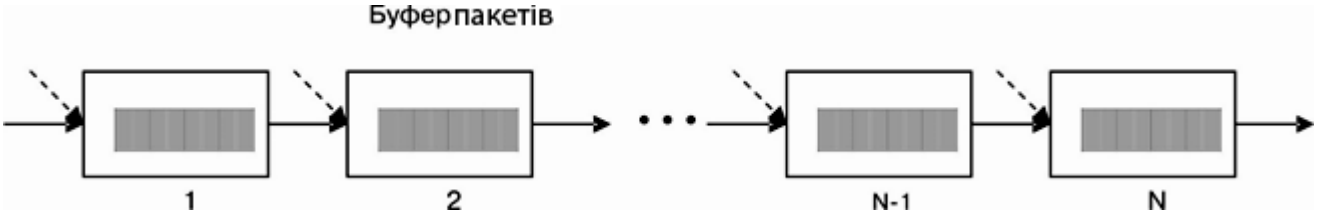


Рисунок 2.1 – Формалізована модель маршруту пакета в мережі рівня LAN

Окремої уваги заслуговує параметр втрати пакетів, який має суттєве значення при оцінюванні якості обслуговування в мережах із комутацією пакетів. Втрата пакета виникає у випадку, коли він надходить на вхід до системи черг, у якій відсутній вільний буферний простір. Серед основних причин таких втрат — перевантаження вузлів мережі та збільшений час обслуговування, спричинений обробкою великої кількості великих за розміром пакетів.

Таким чином, у мережах корпоративного рівня, що базуються на комутації пакетів, до системи керування трафіком висуваються багатофакторні вимоги до забезпечення якості обслуговування (QoS). Для реалізації цих вимог необхідно впроваджувати ефективні стратегії організації черг, які мають підтримувати різні

підходи до планування — відповідно до типу трафіку, його пріоритетності та умов поточного навантаження.

У наступному підрозділі буде детально розглянуто методи планування черг у контексті забезпечення QoS у корпоративних локальних мережах.

2.2 Порівняння обробки черг без пріоритету та з пріоритетом у мережах LAN

Найбільш простим методом організації обслуговування черг є дисципліна "першим прийшов — першим обслужений" (FIFO — First In, First Out), яка передбачає обробку пакетів у порядку їх надходження (рис.2.2) [13].

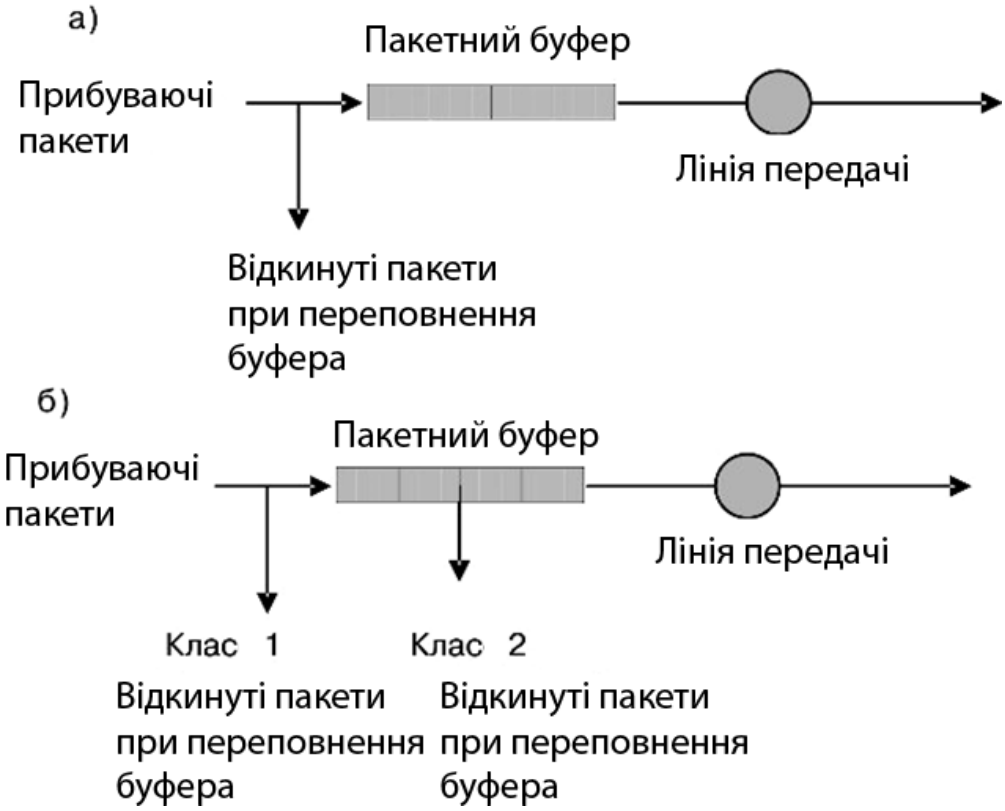


Рисунок 2.2 – Дисципліни обслуговування черг: а) у порядку надходження (FIFO); б) у порядку надходження з урахуванням пріоритету пакетів

Основною характеристикою цього підходу є відсутність пріоритетів: усі пакети розглядаються як рівнозначні, а обслуговування здійснюється строго у хронологічній послідовності. Якщо буферний простір вузла заповнений повністю, нові пакети відкидаються без обробки (рис.2.2(а)).

Затримки при обробці, а також ймовірність втрати пакетів у такій системі визначаються такими факторами, як:

— інтервал часу між надходженнями сусідніх пакетів;

— розмір (довжина) самих пакетів.

У випадках, коли ці інтервали стають занадто короткими або розмір пакетів зростає, система починає накопичувати черги. Це, у свою чергу, призводить до погіршення параметрів QoS, зокрема до зростання затримки, втрат та зменшення загальної ефективності функціонування мережі.

У рамках дисципліни обслуговування в порядку надходження всі пакети опрацьовуються без урахування пріоритетів, що унеможливлює диференційоване керування потоками трафіку, які мають різні вимоги до якості обслуговування. Зокрема, можлива ситуація, коли користувач із високою інтенсивністю передавання даних заповнює буфери комутатора або маршрутизатора, унеможливлюючи обслуговування менш активних абонентів.

Для уникнення подібних ситуацій доцільно впроваджувати модифіковані дисципліни обслуговування черг, що враховують приналежність трафіку до певного класу або категорії. Це дозволяє реалізувати керування втратами пакетів залежно від їх пріоритету.

На (рис.2.2(б)) [13] наведено приклад, у якому трафік поділено на два класи. У разі досягнення буфером визначеного порогового рівня система блокує надходження пакетів класу 2 (нижчого пріоритету), тоді як пакети класу 1 (вищого пріоритету) продовжують прийматись до повного заповнення буфера.

Такий підхід дозволяє зменшити ймовірність втрати пакетів критичного трафіку за рахунок штучного обмеження доступу для менш пріоритетного трафіку, який обслуговується з вищим ризиком втрат. Це забезпечує базовий рівень підтримки якості обслуговування для служб, чутливих до затримок і переривань.

2.3 Призначення пріоритетів чергам на основі інформації із заголовків пакетів

Описаний підхід до обслуговування черг належить до методів, які реалізують класи обслуговування (Class of Service). У такій моделі кожному класу відповідає окрема черга або буфер, а самі класи мають різні рівні пріоритетності. Як показано на (рис.2.3), мережевий вузол (наприклад, комутатор або маршрутизатор), отримуючи потоки пакетів, виконує аналіз заголовка кожного пакета з метою визначення його пріоритету та встановлення у відповідну чергу для подальшого передавання [13].

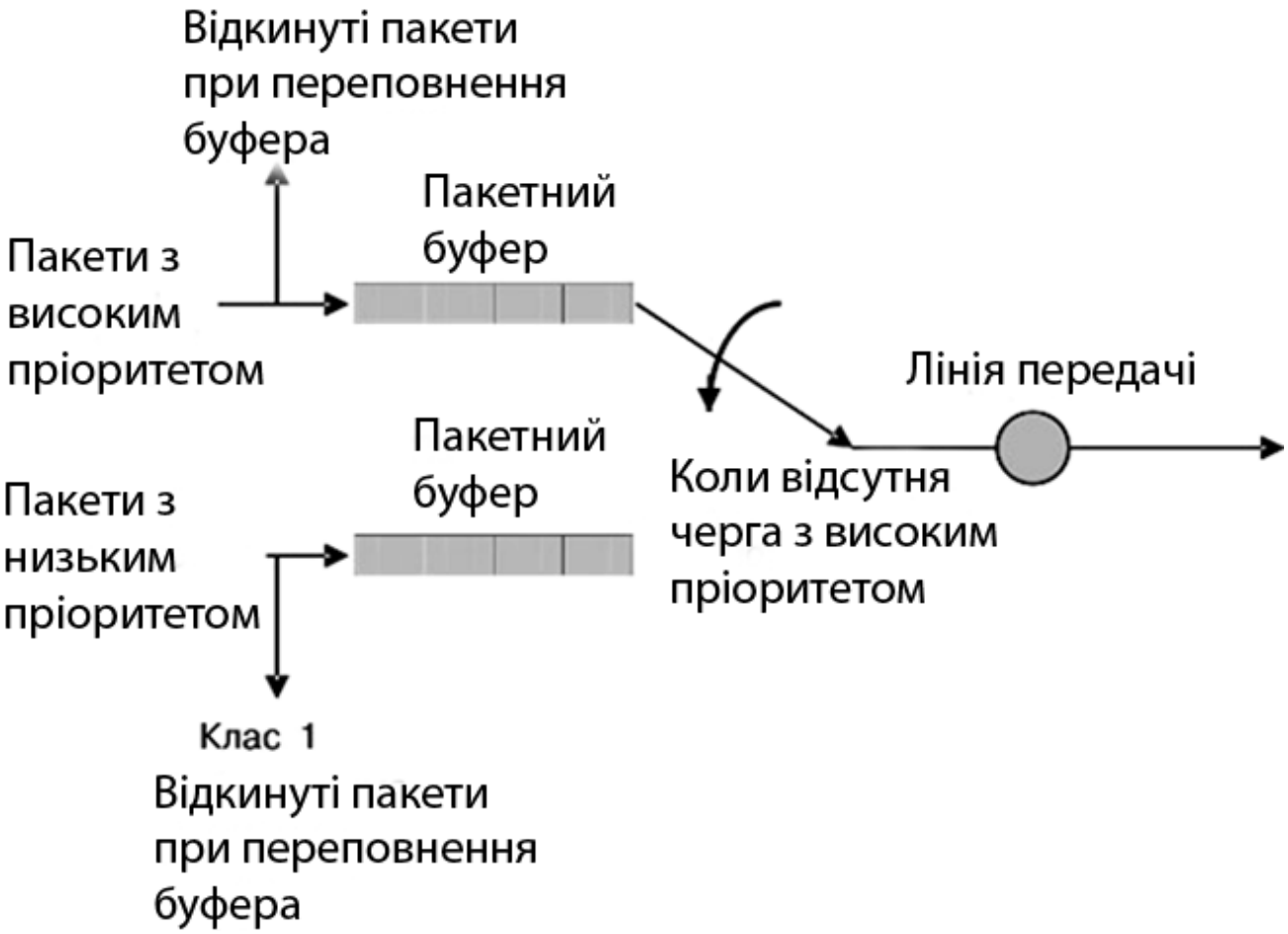


Рисунок 2.3 – Дисципліна обслуговування черги з використанням заголовка для визначення пріоритету черзі

Наприклад:

— пакети, що належать до трафіку з вимогами до мінімальної затримки (голосові або відеодані), розміщуються у черзі з високим пріоритетом;

— пакети, що не мають жорстких часових обмежень (наприклад, електронна пошта або передавання текстових файлів), прямують до черги з нижчим пріоритетом.

Обсяг буферної пам’яті для кожного класу може відрізнятись і визначається, зокрема, допустимою ймовірністю втрати пакетів. Пакети з фонової (низькоприоритетної) черги допускаються до передавання лише за відсутності заявок у високопріоритетних чергах. Факт наявності таких заявок фіксується в службовій частині (заголовку) пакета.

Попри те, що пріоритетна схема обслуговування дозволяє досягти диференційованого обслуговування для різних типів трафіку, вона має ряд обмежень. Найбільш суттєві з них:

— пакети з низьким пріоритетом можуть взагалі не обслуговуватись у присутності трафіку високого пріоритету, навіть якщо канал не перевантажений;

— якщо високопріоритетні пакети надходять нерегулярно, це може блокувати доступ до каналу для тривалої черги з нижчим пріоритетом;

— всередині одного класу не враховується розподіл трафіку між користувачами, тому активний користувач із великим обсягом передачі може витісняти інші потоки того самого пріоритету, що призводить до зниження справедливості обслуговування [13].

2.4 Алгоритми класифікації та сортування трафіку у вузлах мережі

Описаний підхід до планування черги передбачає сортування пакетів у буфері відповідно до пріоритетної мітки, що визначає ступінь терміновості обробки кожного пакета (рис.2.4) [13]. Така модель забезпечує високу гнучкість керування,

оскільки дозволяє реалізовувати динамічне присвоєння пріоритетів залежно від заданих критеріїв.

Пріоритетна мітка може містити, зокрема, інформацію про клас обслуговування, а також враховувати додаткові параметри — наприклад, час надходження пакета, на основі якого система визначає порядок його обробки. Такий підхід дозволяє покращити класичну дисципліну обслуговування, що ґрунтується лише на даних заголовка, і забезпечити гнучке управління чергами з адаптацією до поточної ситуації в мережі.

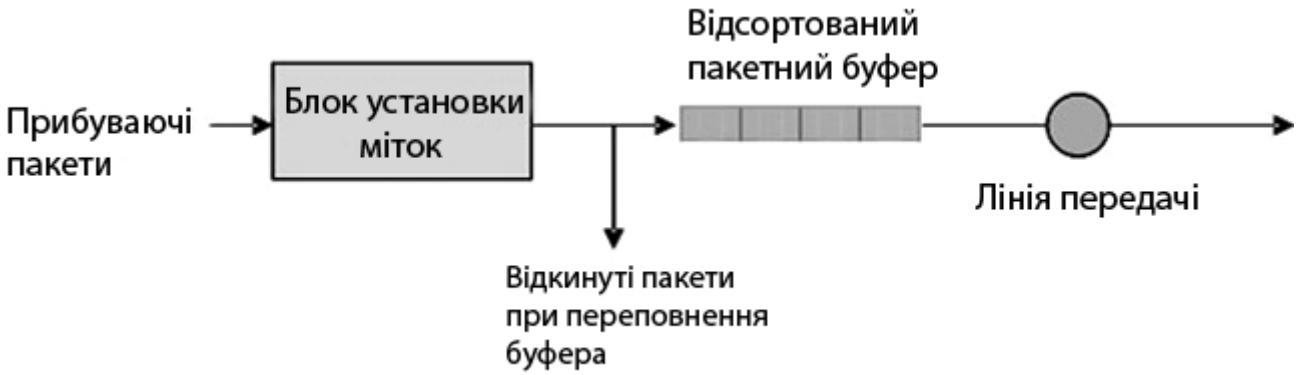


Рисунок 2.4 – Чергове обслуговування з динамічним сортуванням трафіку за пріоритетами

З метою подальшого підвищення гнучкості дисципліни обслуговування, пріоритетна мітка пакета може містити не лише інформацію про клас обслуговування, а й бажаний термін доставки. У цьому випадку кожному пакету призначається часовий параметр, який вказує на очікуваний момент його прибуття до вузла призначення.

Пакетам, для яких важливе забезпечення мінімальної затримки, присвоюється більш ранній термін доставки, що забезпечує їх першочергову обробку та передачу. Водночас пакети з менш критичними вимогами до часу — тобто ті, що мають розмиті або віддалені часові обмеження, — можуть обслуговуватись після трафіку з жорсткими вимогами до затримки.

Такий підхід дозволяє системі гнучко адаптувати порядок обслуговування черги відповідно до реальних потреб мережевих додатків і користувачів.

2.5 Дисципліна обслуговування з рівним доступом до ресурсів

Рівнодоступна дисципліна обслуговування черги передбачає забезпечення справедливого доступу всіх потоків трафіку до пропускної здатності каналу. У комп'ютерних мережах такий тип обслуговування часто називають дисципліною, що формується процесором [13].

У межах цієї дисципліни кожному користувацькому потоку відповідає власний логічний буфер. У ідеальному випадку смуга пропускання каналу, яка дорівнює С біт/с, однаково розподіляється між усіма активними (непорожніми) буферами. Для наочного пояснення принципу роботи моделі часто використовується аналогія з рідиною, яка витікає з резервуару: уявлення вмісту буфера як рідини дозволяє зручно моделювати процес передавання.

Розмір буфера для кожного потоку може бути обраний таким чином, щоб забезпечити необхідну ймовірність втрати, тобто пакети користувача відхиляються лише тоді, коли буфер повністю заповнений.

Справедливість такого планування полягає в тому, що кожен активний потік отримує рівну частину пропускної здатності. Якщо в системі одночасно активні n потоків, то кожен отримає смугу не менше ніж C/n біт/с. При цьому фактична швидкість передачі окремого потоку може бути вищою, оскільки частина буферів періодично виявляється порожньою, і невикористані ресурси автоматично розподіляються між іншими потоками.

У реальних умовах досягти ідеального «рівного» розподілу ресурсів практично неможливо. Один із підходів до реалізації цього принципу, показаний на (рис.2.5), полягає в циклічному опитуванні кожного активного буфера з передачею від кожного — по одному біту [13]. Така схема дозволяє реалізувати наближене

рівнодоступне обслуговування, що є прийнятним компромісом між ефективністю та справедливістю.

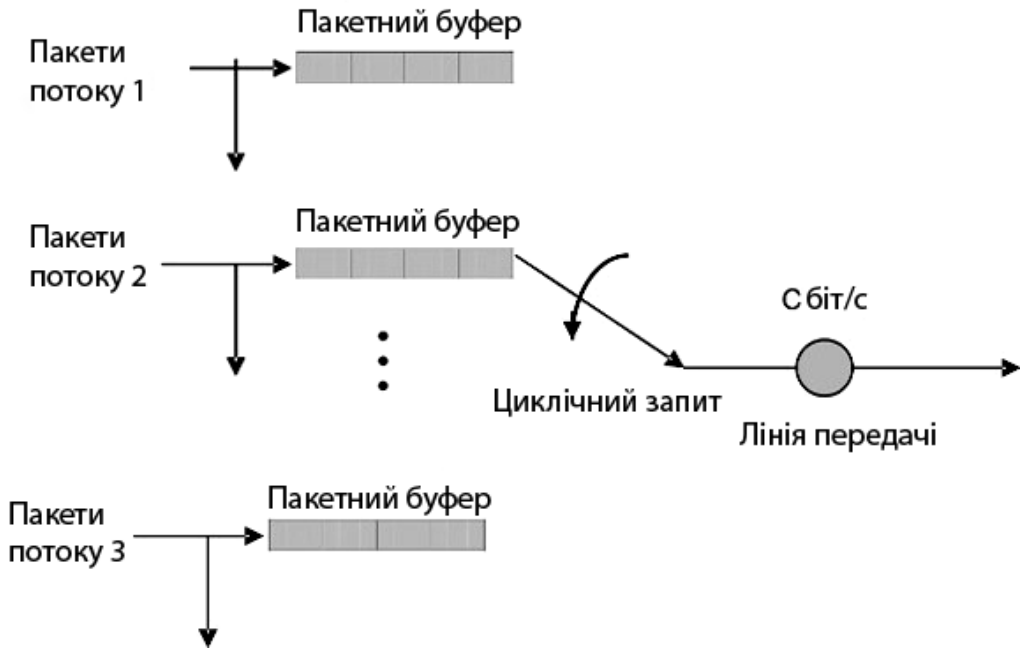


Рисунок 2.5 – Планування черг з рівноправним доступом до смуги пропускання

Застосування циклічного опитування для реалізації рівнодоступного планування потребує декомпозиції потоку бітів у вихідні пакети, що, у свою чергу, вимагає впровадження механізмів циклічної синхронізації та ускладнює процес обробки під час передачі.

При організації опитування буферів можливе використання двох основних стратегій зчитування:

— по бітах;

— по пакетах.

Кожна зі стратегій по-різному впливає на затримку очікування і, відповідно, на характеристики обслуговування [13].

Одним із різновидів рівнодоступної дисципліни є виважене рівнодоступне планування (WFQ — Weighted Fair Queuing). Такий підхід застосовується у випадках, коли потоки від різних користувачів мають нерівнозначні вимоги до смуги пропускання. Для кожного потоку виділяється окремий буфер, однак

кожному буферу призначається ваговий коефіцієнт, що визначає частку участі в розподілі загальної пропускної здатності каналу.

Наприклад, якщо буфер 1 має вагу 1, а буфер 2 — вагу 3, то за умови активності обох буферів, буфер 2 опитуватиметься утричі частіше, ніж буфер 1. У результаті буфер 1 отримує 1/4, а буфер 2 — 3/4 загальної продуктивності лінії [13].

Ще один варіант рівнодоступної дисципліни — алгоритм випадкового раннього виявлення (RED — Random Early Detection). Цей підхід передбачає випадкове скидання пакетів у разі загрози переповнення буфера. RED не очікує повного заповнення буфера — замість цього він аналізує поточний рівень заповнення та проактивно зменшує навантаження, відкидаючи деякі пакети відповідно до ймовірнісного правила.

3 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТРАФІКОМ ДЛЯ КОРПОРАТИВНИХ ПАКЕТНИХ МЕРЕЖ

3.1 Функціональні групи задач керування в корпоративних мережах

Вибір ефективної стратегії керування є ключовим чинником функціонування будь-якої телекомунікаційної системи, зокрема й мереж із комутацією пакетів. Відповідно до рекомендацій ITU-T X.700, функціональність системи керування розподіляється на п’ять основних груп задач [4, 14]:

— Керування конфігурацією. Передбачає налаштування параметрів мережевих пристроїв (маршрутизаторів, комутаторів тощо), визначення їх адрес, імен та топологічного розташування. Також включає побудову карти мережі та зміну її структури.

— Обробка помилок. Охоплює виявлення, ідентифікацію та усунення збоїв, включаючи реєстрацію, фільтрацію, маршрутизацію та аналіз повідомлень про помилки.

— Аналіз продуктивності та надійності. Забезпечує оцінку таких характеристик, як затримка, пропускна здатність, інтенсивність трафіку, рівень спотворень та коефіцієнт готовності мережі.

— Керування безпекою. Включає контроль доступу до ресурсів, автентифікацію користувачів, підтримку ключів шифрування та розподіл повноважень.

— Облік використання ресурсів. Передбачає моніторинг часу використання ресурсів та розрахунок вартості послуг (білінг).

Сучасні системи керування, як-от HP Open View або RADView, реалізують ці функції відповідно до специфіки корпоративних або територіальних мереж. Для обліку та розподілу програмного забезпечення використовуються системи керування типу SMS, які забезпечують централізовану інсталяцію, моніторинг

продуктивності й віддалене адміністрування [4, 14, 15].

3.2 Архітектура системи керування трафіком у мережах з комутацією пакетів

Основою архітектури керування трафіком є модель взаємодії типу «менеджер — агент», у якій агент виступає посередником між фізичним ресурсом та програмним менеджером. Модель ілюструє взаємодію об’єктів керування, включаючи елементи комутаційного обладнання та операторські станції (рис. 3.1) [4].

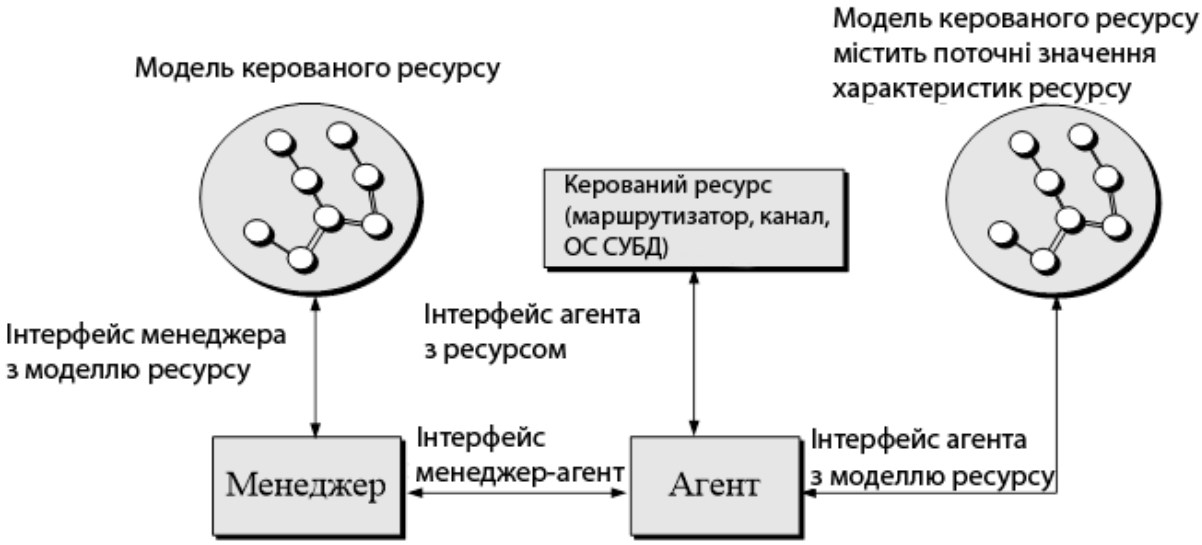


Рисунок 3.1 — Модель взаємодії агента, менеджера і керованого ресурсу

Агент наповнює модель ресурсу актуальними даними, які менеджер інтерпретує для прийняття рішень. Важливим елементом є база MIB, яка зберігає параметри об’єктів керування. Менеджер комунікує з агентами через протокол (наприклад, SNMP) як in-band, так і out-of-band способом.

Для забезпечення масштабованості та відмовостійкості в корпоративних мережах доцільно використовувати розподілену модель керування з декількома

менеджерами та локальними агентами (рис.3.2). Це дозволяє оптимізувати трафік службових даних, зменшити навантаження на окремі вузли та уникнути єдиної точки відмови.

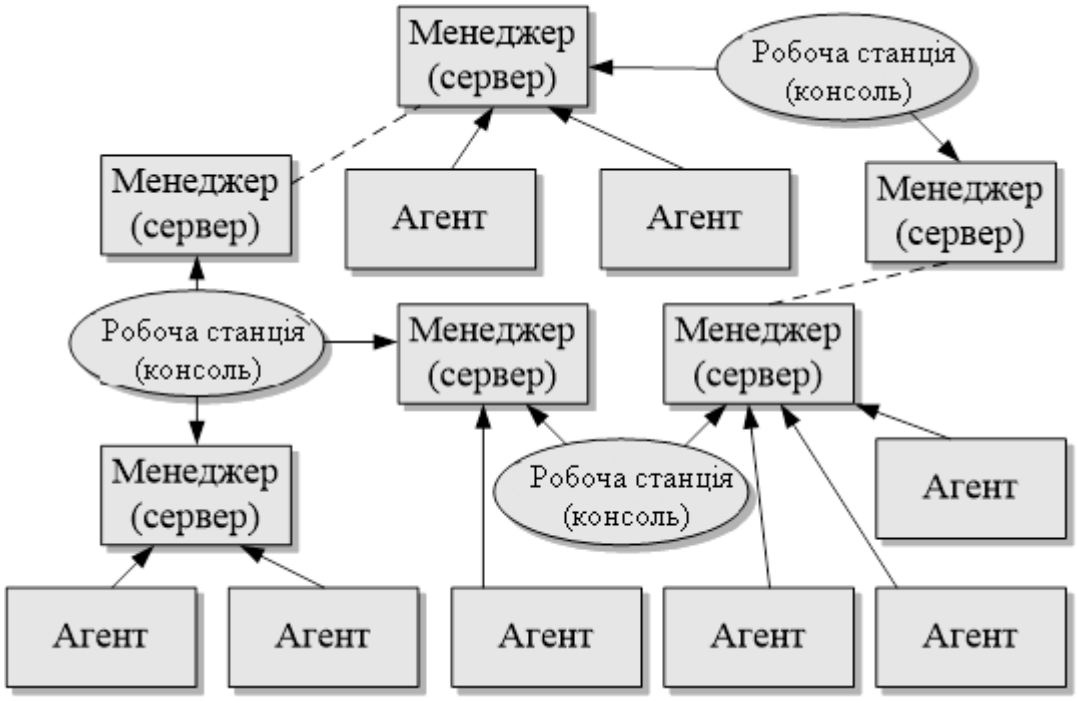


Рисунок 3.2 — Розподілена система керування на основі декількох менеджерів

3.3 Моделі доступу до інформаційних ресурсів у корпоративних LAN

Модель файлового сервера (File Server, FS) ґрунтується на класичній концепції клієнт-серверної архітектури, у якій сервер надає клієнтам доступ до файлів (рис.3.3). Застосовується в межах робочих груп для спільного користування документами. Основним недоліком є високий мережевий трафік та обмеженість засобів безпеки та цілісності даних.

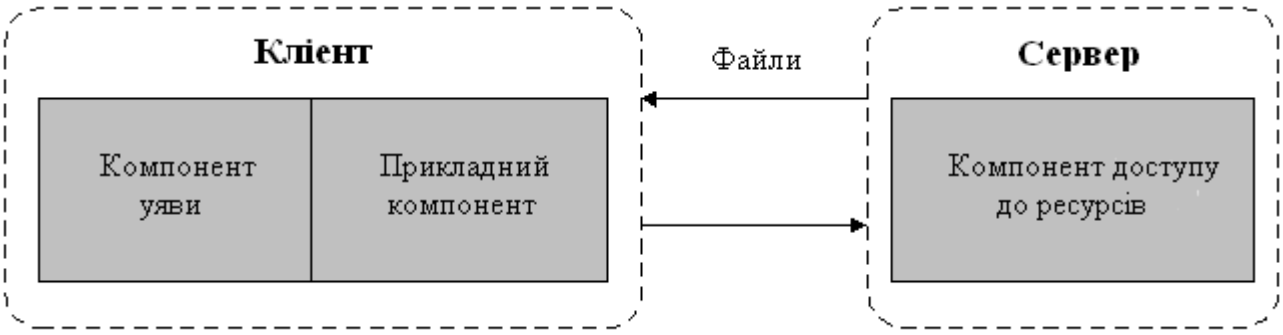


Рисунок 3.3 — FS-модель

Модель віддаленого доступу до даних (Remote Data Access, RDA) реалізує взаємодію клієнта з ядром СУБД через SQL-запити (рис.3.4). Вона зменшує навантаження на сервер та мережу, оскільки передаються лише запити та результати. Недоліком є ускладнене адміністрування додатків через суміщення функцій на клієнтській стороні.



Рисунок 3.4 — RDA-модель

У моделі сервера бази даних (Data Base Server, DBS) прикладні функції реалізуються як збережені процедури на сервері (рис.3.5). Це дозволяє знизити трафік, централізовано адмініструвати додатки та забезпечити цілісність даних. DBS-модель широко використовується у корпоративних системах.

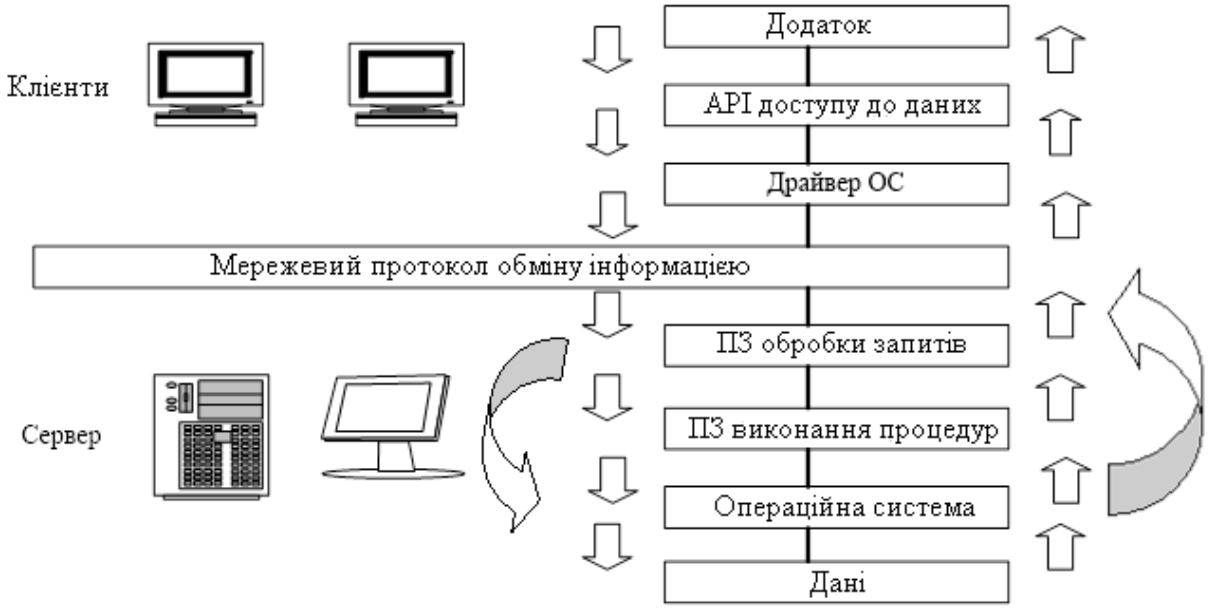


Рисунок 3.5 — DBS-модель

У моделі сервера додатків (Application Server, AS) прикладні компоненти виконуються на окремому сервері, а клієнт відповідає лише за взаємодію з користувачем (рис.3.6). Такий підхід забезпечує розмежування функціональних ролей та кращу масштабованість.

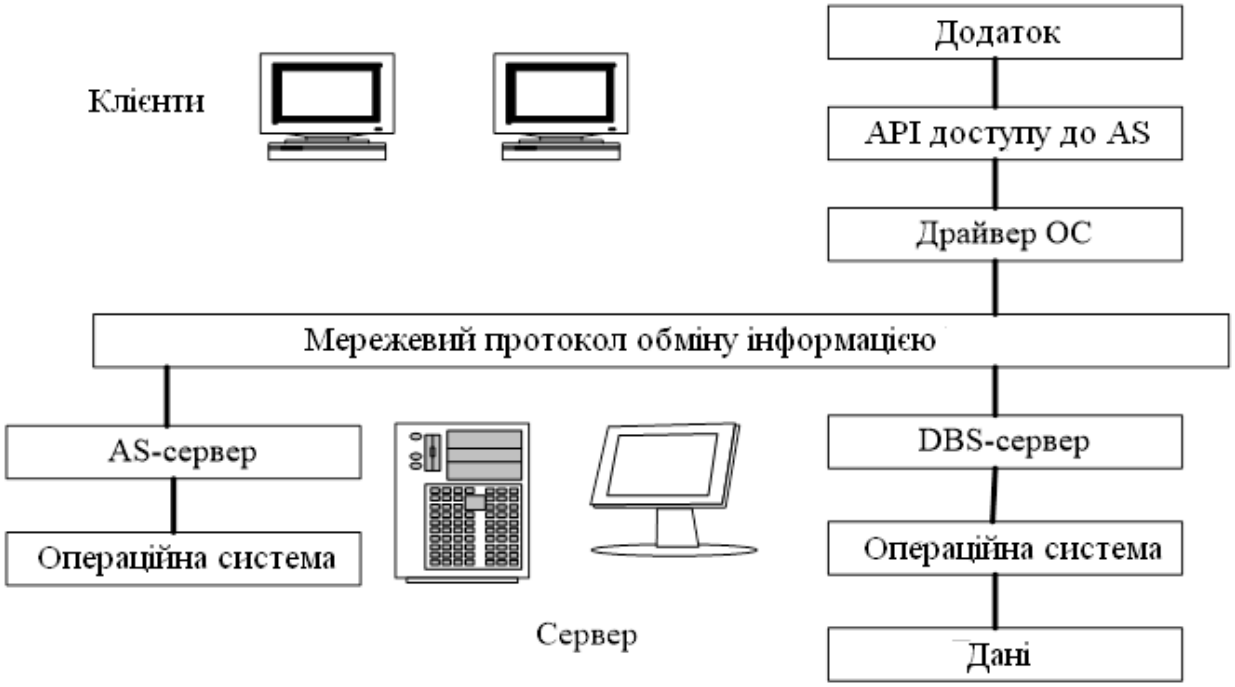


Рисунок 3.6 — AS-модель

На основі порівняльного аналізу найбільш доцільною для реалізації системи керування трафіком і доступом до БД у корпоративній LAN є DBS-модель, що забезпечує баланс між продуктивністю, керованістю та безпекою.

3.4 Реалізація системи керування трафіком у корпоративній пакетній мережі

Запропонована система керування трафіком базується на модульному принципі та реалізується як ієрархічна структура взаємодії менеджерів і агентів. Для кожного сегменту мережі передбачається локальний менеджер, що обслуговує агентів відповідного підмережевого обладнання. Централізований верхньорівневий менеджер виконує функції агрегування статистики, централізованого адміністрування та кореляційного аналізу подій.

Ключові компоненти системи (рис.3.7):

— підсистема моніторингу стану каналів зв’язку та обладнання;

— модуль обробки подій і визначення пріоритетів трафіку;

— система правил маршрутизації трафіку за класами обслуговування (QoS);

— база MIB з інтерфейсом SNMP для запитів і команд;

— інтеграція з сервером бази даних за моделлю DBS для ведення журналів і параметрів керування.

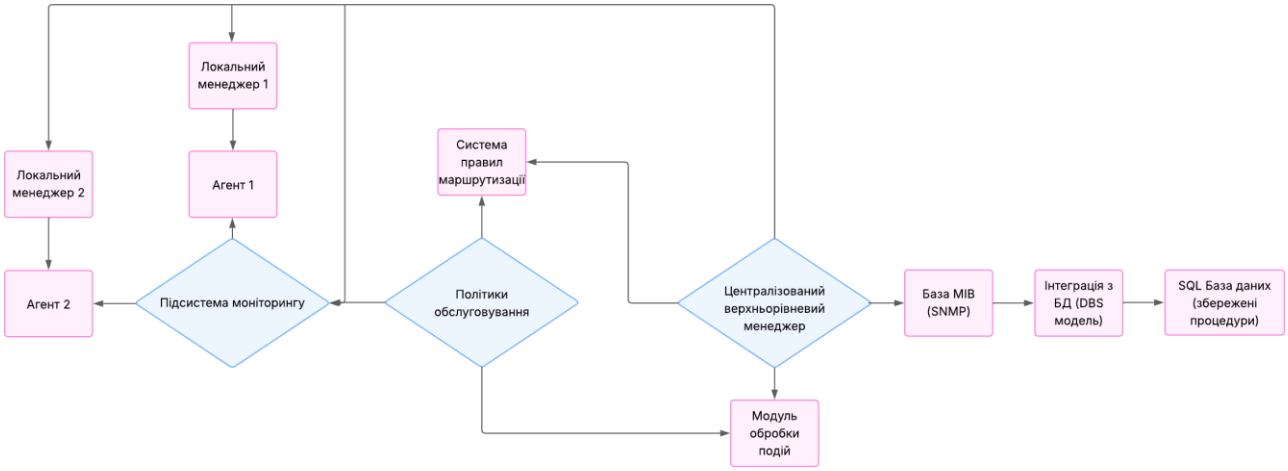


Рисунок 3.7 — Структура системи керування трафіком для корпоративної LAN

Система функціонує на базі програмно визначених політик обслуговування, що дозволяє адаптувати маршрутизацію, буферизацію і фільтрацію залежно від навантаження та критичності трафіку. Усі дані передбачено зберігати централізовано у SQL-базі з використанням збережених процедур для оптимізації взаємодії між компонентами.

Система дозволяє забезпечити масштабованість, швидке реагування на аварійні події та високий рівень адаптивності до змінних умов мережевого середовища.

ВИСНОВКИ

У межах виконаної роботи досліджено структуру, принципи функціонування та ключові компоненти системи управління трафіком у корпоративній мережі. Проаналізовано особливості організації передачі даних у мережах із комутацією пакетів, визначено основні джерела затримок та перевантажень, а також їх вплив на якість обслуговування.

Розглянуто сучасні підходи до організації пріоритетного чергування, алгоритми класифікації трафіку, методи планування черг і механізми запобігання перевантаженням. Узагальнено функціональну модель системи керування, яка охоплює підсистеми SLA-угод, контролю параметрів трафіку та динамічного розподілу ресурсів мережі.

Результати аналізу підтверджують, що впровадження розробленої системи управління трафіком у корпоративній мережі дозволяє значно підвищити ефективність використання мережевих ресурсів, стабілізувати роботу критичних сервісів і забезпечити надання гарантованої якості обслуговування незалежно від змін навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вишневський В.М. *Теоретичні основи проектування комп'ютерних мереж*. – К.: Техносфера, 2003. – 512 с.
2. Tanenbaum A.S., Wetherall D.J. Computer Networks. – 5th ed. – Pearson, 2011. – 960 p.
3. Ткаченко А.В. *Комп'ютерні мережі: моделювання, управління, безпека*. – К.: КНУ, 2015. – 412 с.
4. Stallings W. *High-Speed Networks and Internets: Performance and Quality of Service*. – 2nd ed. – Prentice Hall, 2002. – 560 p.
5. Tanenbaum A.S., Wetherall D.J. *Computer Networks*. – 5th ed. – Pearson, 2011. – 960 p.
6. Comer D.E. *Internetworking with TCP/IP – Principles, Protocols, and Architecture*. – 6th ed. – Pearson, 2013. – 792 p.
7. Held G. *Network Design: Principles and Applications*. – McGraw-Hill, 2005. – 528 p.
8. Kurose J.F., Ross K.W. *Computer Networking: A Top-Down Approach*. – 8th ed. – Pearson, 2020. – 864 p.
9. ITU-T Recommendation X.700: *Management Framework for Open Systems Interconnection (OSI)*. – International Telecommunication Union, Geneva, 2019.
10. RFC 2475 – *An Architecture for Differentiated Services*. – IETF, 1998.
11. Берлін А.Н. *Управління трафіком у високошвидкісних мережах доступу* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.intuit.ru/studies/courses/986/212/lecture/5487
12. Романов А.І. *Телекомунікаційні мережі й управління*. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. – 247 с.
13. IEEE 802.1Q – *Virtual Bridged Local Area Networks*. – IEEE Standard, 2018.
14. Стєклов В.К., Беркман Л.Н. *Проєктування телекомунікаційних мереж*. – К.: Техніка, 2002. – 392 с.

Додаток А

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (ПРЕЗЕНТАЦІЯ)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій
Кафедра Комп'ютерної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
на тему: «Система управління трафіком у корпоративній мережі»

Виконав студент групи КІД-41
Антонюк В'ячеслав Олександрович

Керівник кваліфікаційної роботи:
Бабенко Віра Григорівна, Д.Т.Н.
професор кафедри КІ

Київ – 2025

Мета роботи – Аналіз принципів організації та розробка системи керування трафіком у корпоративних мережах із комутацією пакетів

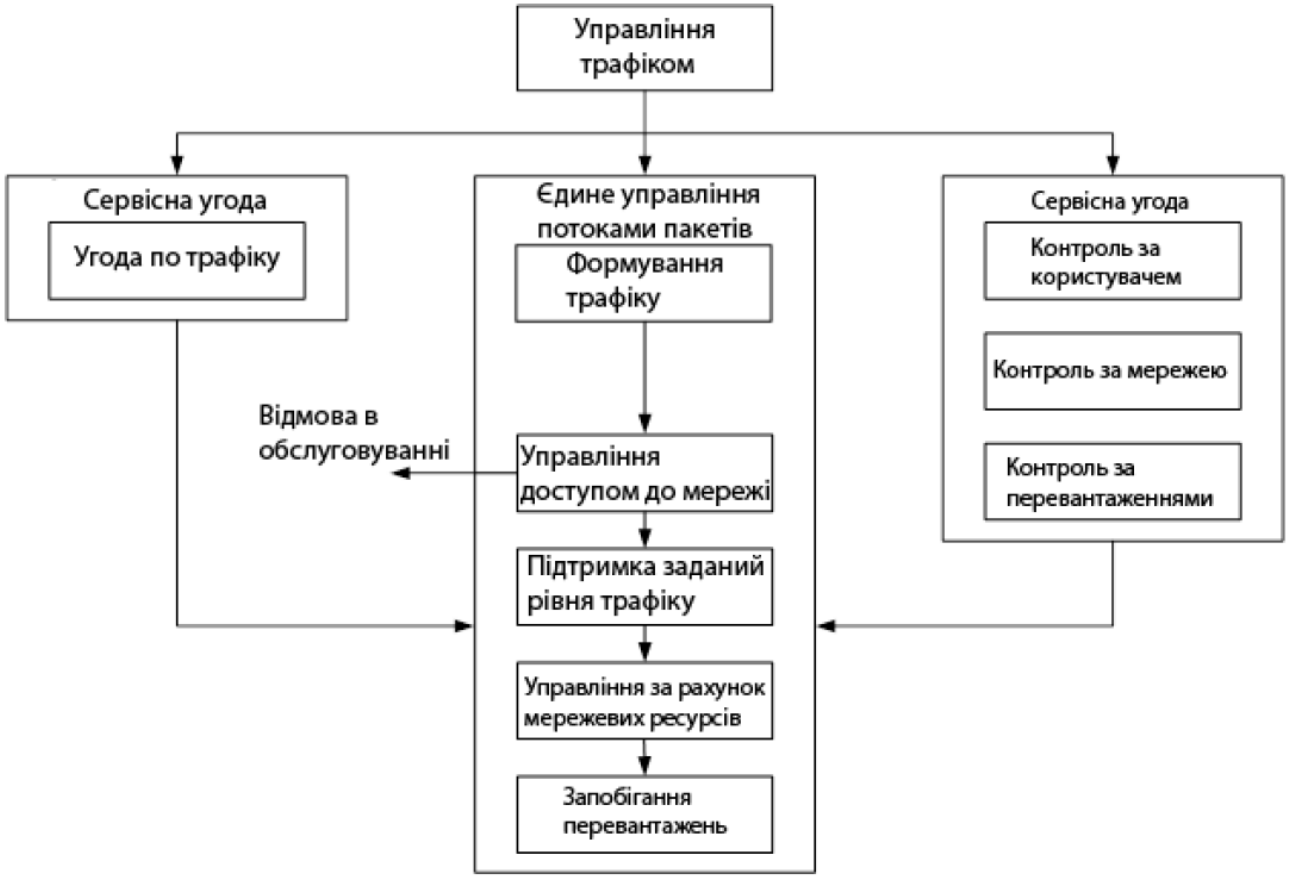
Об`єкт дослідження – Процес маршрутизації та керування потоками даних у локальних комп'ютерних мережах корпоративного рівня.

Предмет дослідження – Метод забезпечення якості обслуговування (QoS) у мережах із комутацією пакетів.

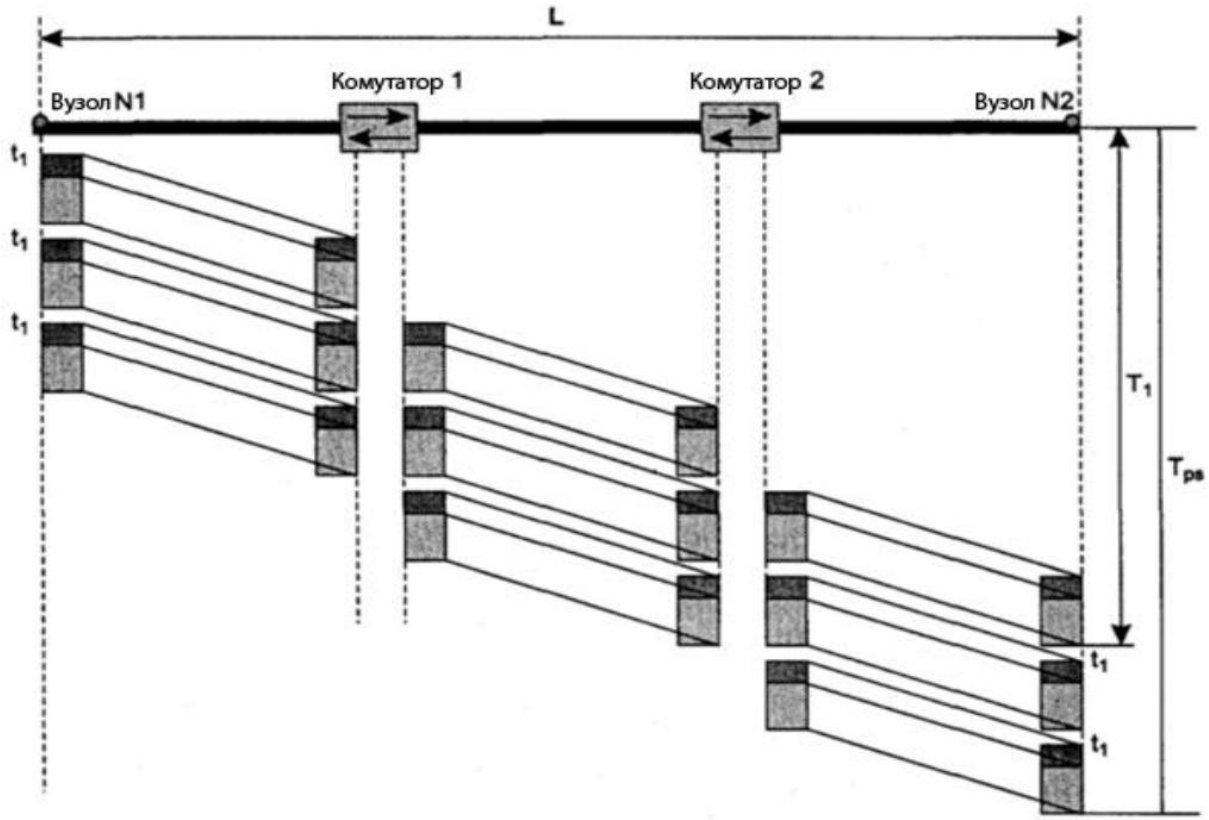
Актуальність обраної теми

У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрової інфраструктури особливого значення набуває ефективне керування трафіком у комп'ютерних мережах, зокрема в корпоративних LAN. Одним з найперспективніших підходів є використання систем керування, які враховують особливості комутації пакетів та забезпечують стабільність передавання інформації з гарантованою якістю обслуговування.

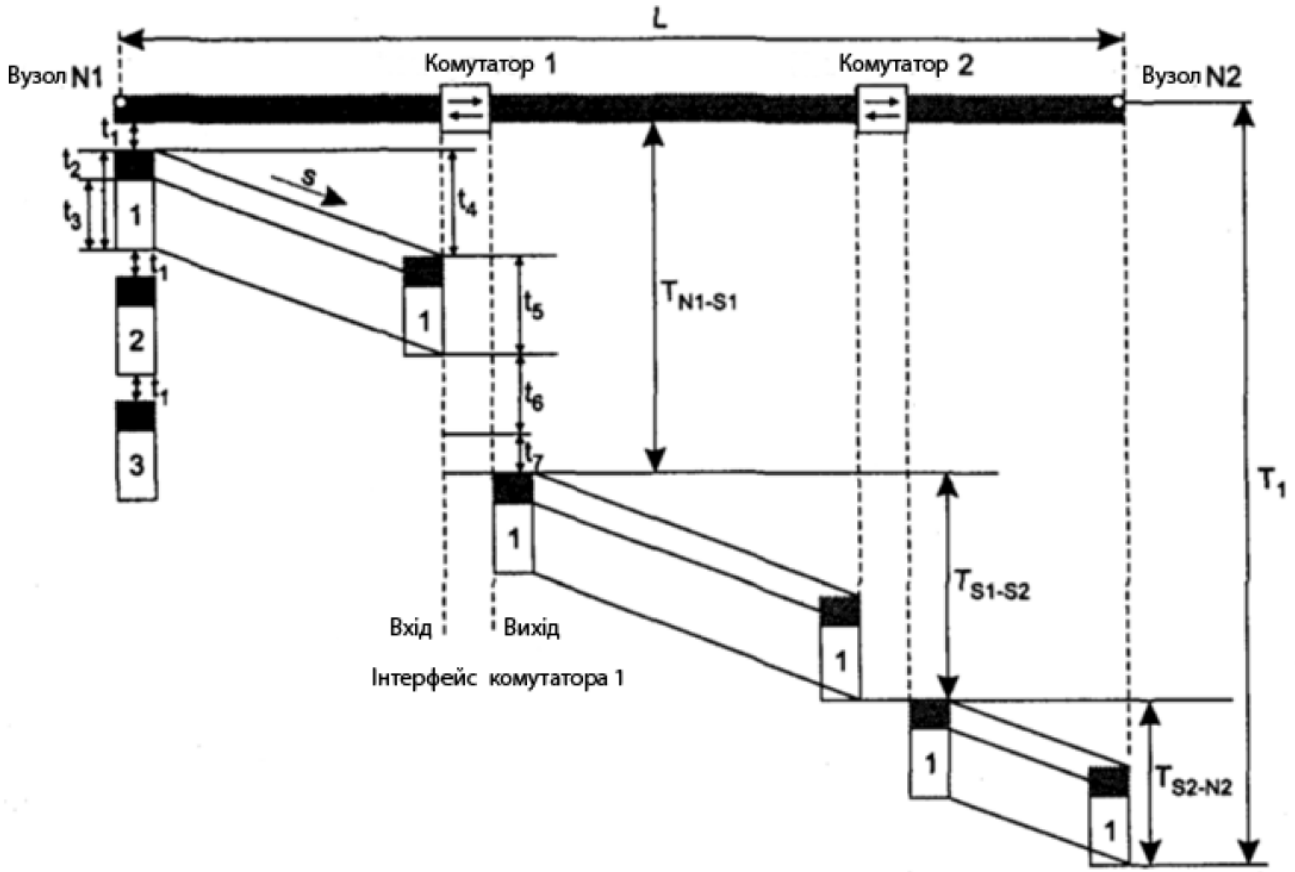
Зведена модель системи управління мережевим трафіком



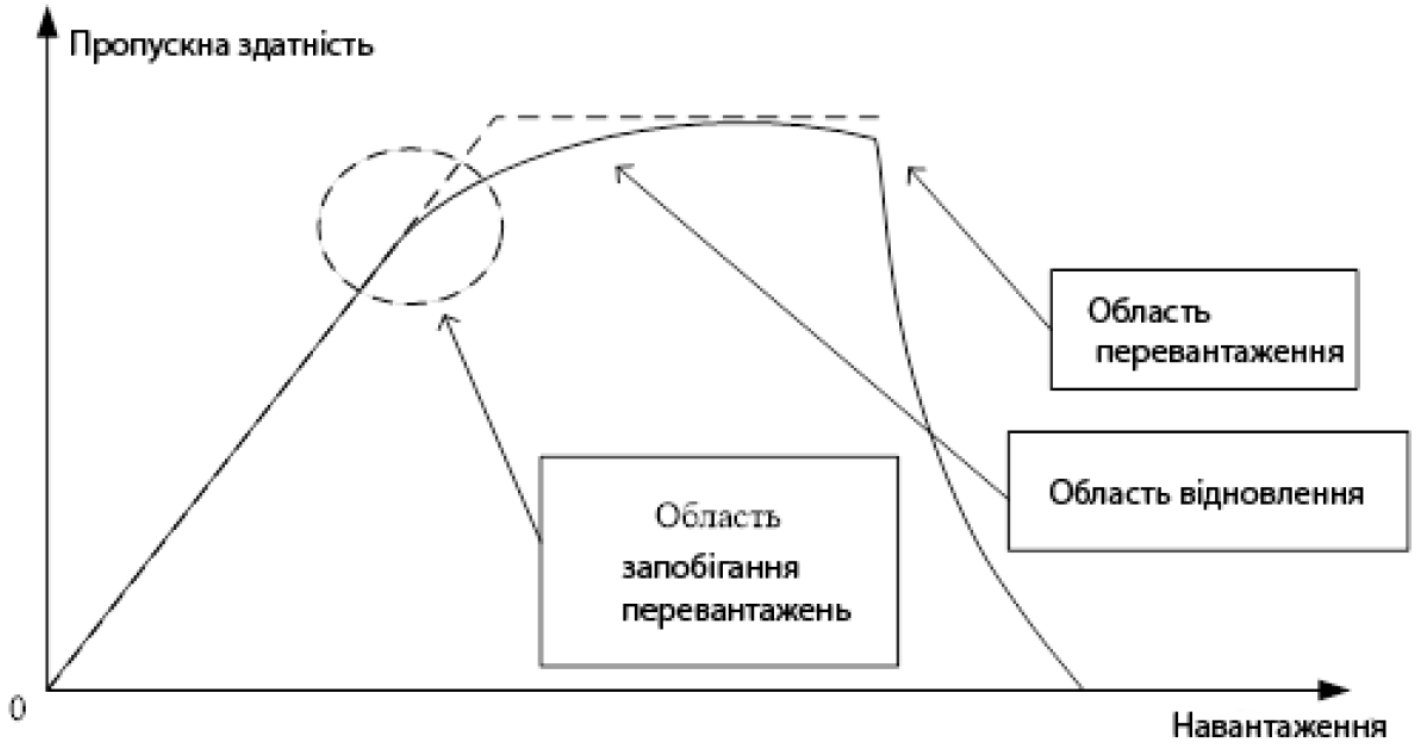
Тимчасова діаграма передавання повідомлення, розділеного на пакети, в мережі з комутацією пакетів



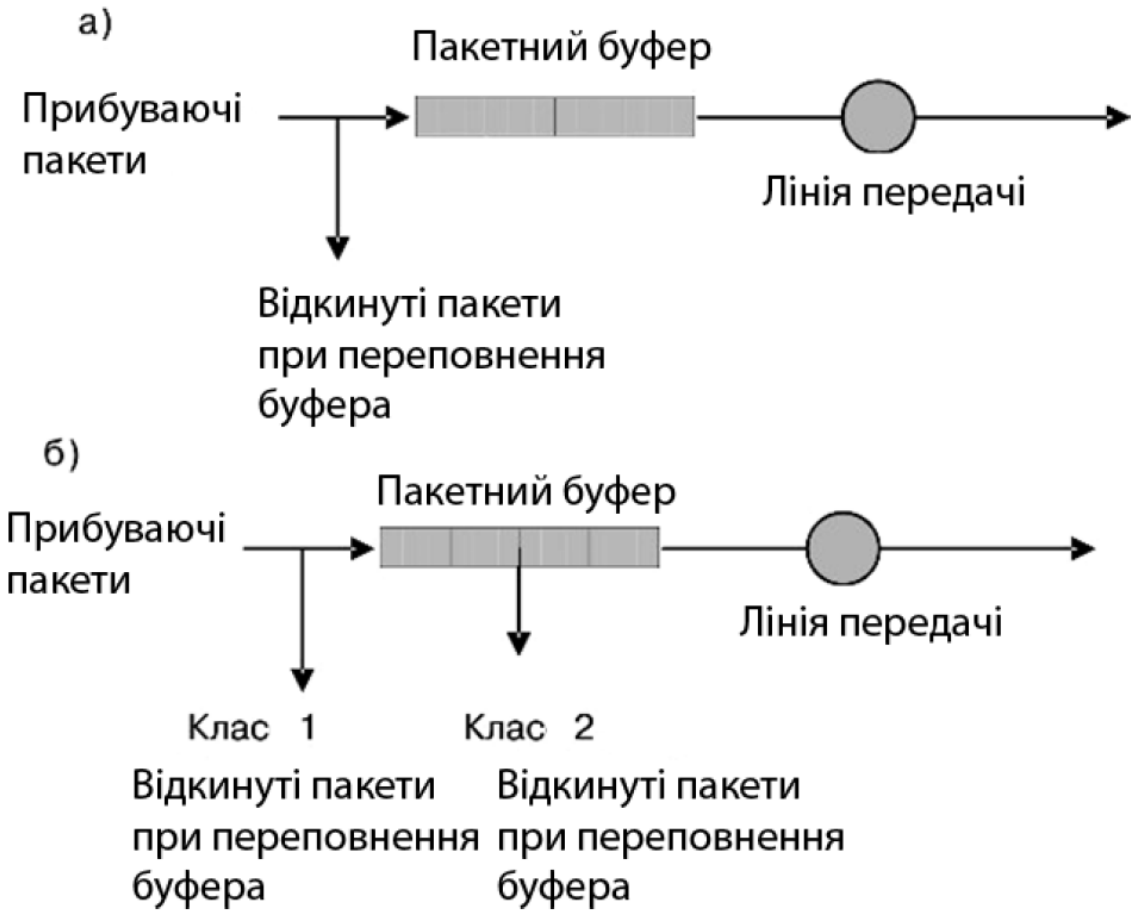
Тимчасова діаграма передачі по мережі одного пакета



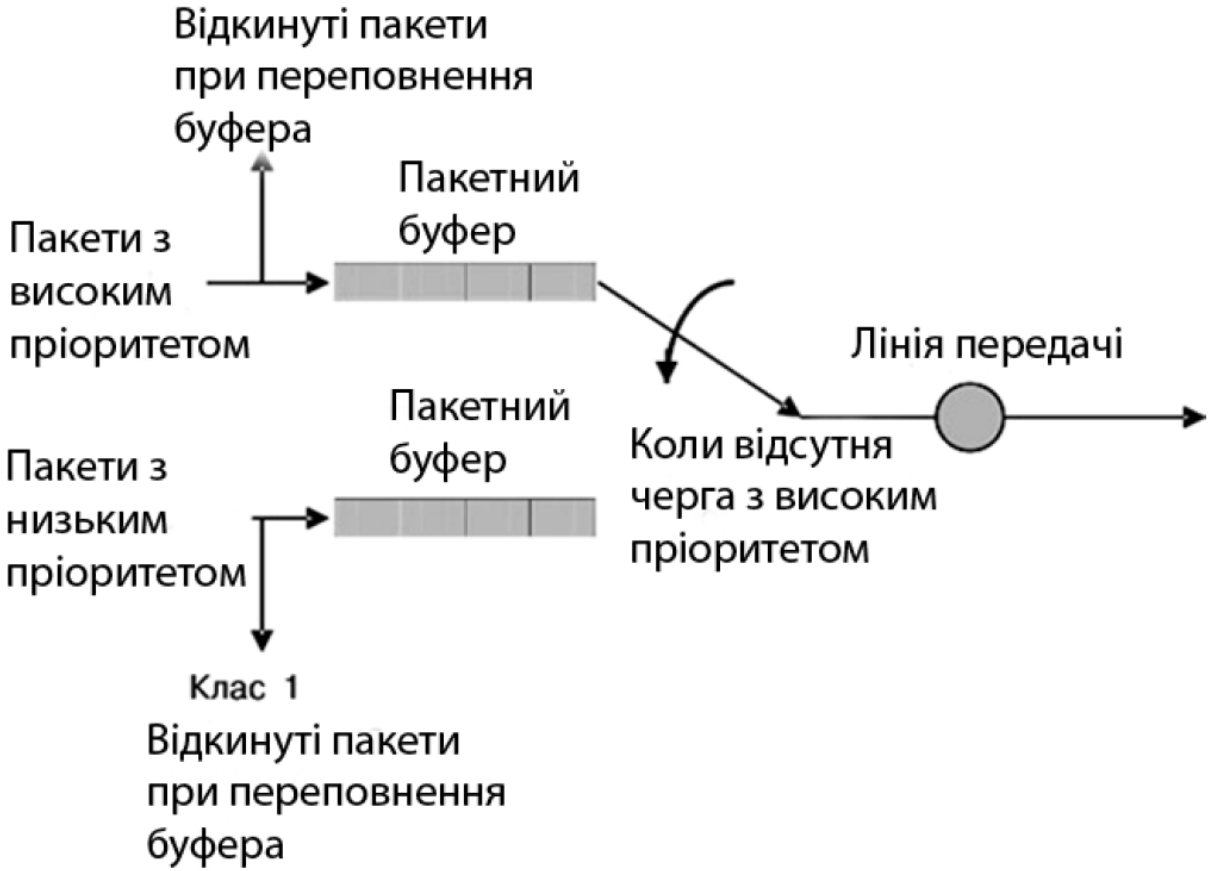
Принципи функціонування механізмів запобігання перевантаженням у мережах із комутацією пакетів



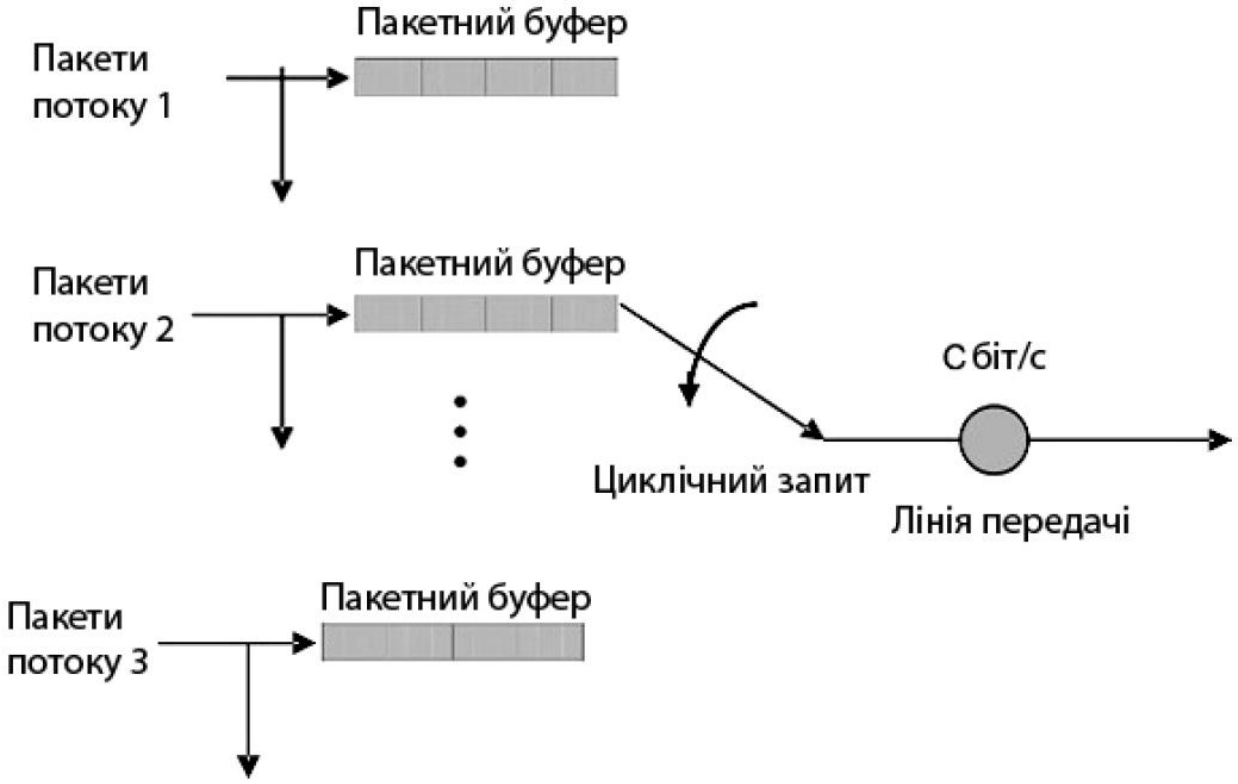
Дисципліни обслуговування черг



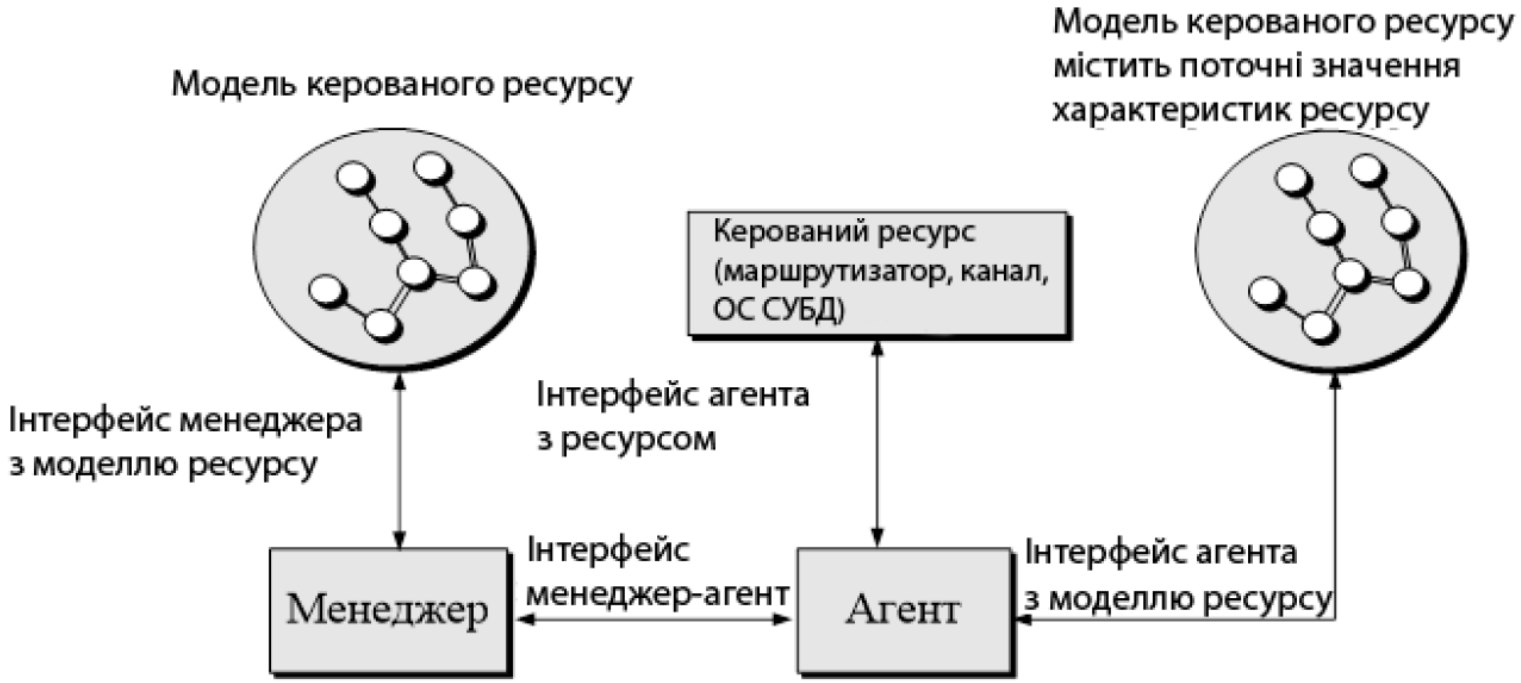
Дисципліна обслуговування черги з використанням заголовка для визначення пріоритету черзі



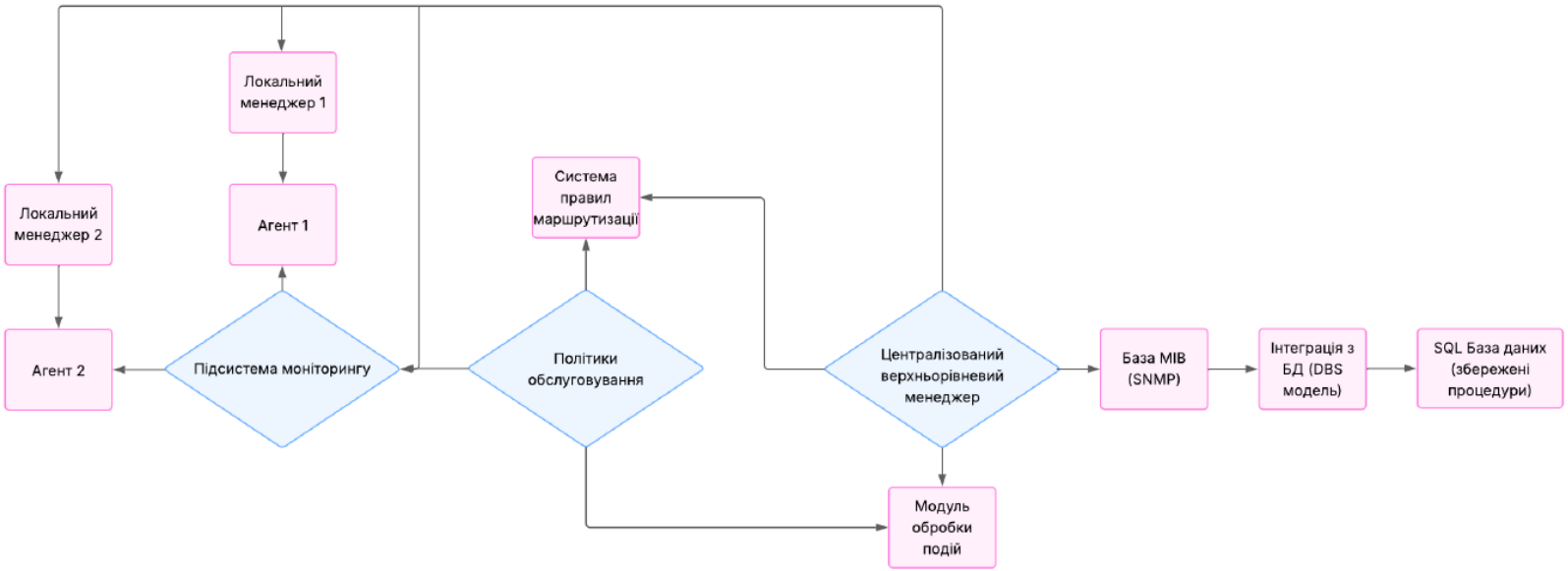
Планування черг з рівноправним доступом до смуги пропускання



Модель взаємодії агента, менеджера і керованого ресурсу



Система керування трафіком для корпоративної мережі



ВИСНОВКИ

У межах виконаної роботи досліджено структуру, принципи функціонування та ключові компоненти системи управління трафіком у корпоративній мережі. Проаналізовано особливості організації передачі даних у мережах із комутацією пакетів, визначено основні джерела затримок та перевантажень, а також їх вплив на якість обслуговування.

Розглянуто сучасні підходи до організації пріоритетного чергування, алгоритми класифікації трафіку, методи планування черг і механізми запобігання перевантаженням. Узагальнено функціональну модель системи керування, яка охоплює підсистеми SLA-угод, контролю параметрів трафіку та динамічного розподілу ресурсів мережі.

Результати аналізу підтверджують, що впровадження розробленої системи управління трафіком у корпоративній мережі дозволяє значно підвищити ефективність використання мережевих ресурсів, стабілізувати роботу критичних сервісів і забезпечити надання гарантованої якості обслуговування незалежно від змін навантаження.