

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

---

---

Інститут електроенергетики  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Грабовчака Дениса Михайловича

академічної групи 172-1бзск-1

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

спеціалізації<sup>1</sup>

за освітньо-професійною програмою Телекомунікації та радіотехніка

на тему Спосіб підвищення продуктивності передачі даних в мережі

транкового зв'язку TETRA

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	ст. викл. Мешков В.І.			
розділів:				
спеціальний	ст. викл. Мешков В.І.			
економічний	к.е.н., доц. Романюк Н.М.			
Рецензент				
Нормоконтролер	к.ф.-м.н., проф. Гусев О.Ю.			

Дніпро  
2019

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри  
безпеки інформації та телекомунікацій  
\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Корнієнко В.І.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавра**

студенту Грабовчаку Денису Михайловичу академічної групи 172-16зск-1  
(прізвище ім'я по-батькові) (шифр)

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка  
(код і назва спеціальності)

на тему Спосіб підвищення продуктивності передачі даних в мережі  
транкового зв'язку TETRA

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Визначити підстави та призначення розробки, вимоги до результатів виконання роботи, вихідні показники, стадії і етапи розробки	20.03.2019
Розділ 2	Розробити спосіб для підвищення продуктивності передачі даних з комутацією пакетів	30.05.2019
Розділ 3	Розрахунок капітальних і експлуатаційних витрат, щорічного прибутку і економічного ефекту від запровадження способу	15.06.2019

Завдання видано

\_\_\_\_\_ (підпис керівника)

Мешков В.І.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі: 08.01.2019р.

Дата подання до екзаменаційної комісії: 17.06.2019р.

Прийнято до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис студента)

Грабовчук Д.М.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: \_\_\_ с., \_\_\_рис., \_\_\_ табл., \_\_\_ додатків, \_\_\_ джерел.

Об'єкт розробки: мережі з комутацією пакетів.

Мета роботи: зниження максимальної затримки пакетів виклику і розкид по часу передачі.

В технічному завданні визначені підстави та призначення розробки, вимоги до результатів виконання роботи, вихідні показники, стадії і етапи розробки.

В спеціальній частині був розроблений спосіб обробки пакетів, який дозволяє мінімізувати затримки очікування при передачі пакетів виклику; приведена приблизна оцінка приросту продуктивності при застосуванні способу; було описано мережевий вузол, що реалізує спосіб; обґрунтовано економічну доцільність проекту.

В економічному розділі були розраховані капітальні та експлуатаційні витрати на впровадження способу, щорічний прибуток і одноразовий дохід при підключенні абонентів.

Практичне значення полягає у наступному:

- збільшення пропускної спроможності мережі з комутацією пакетів
- мінімізація затримок пакетів виклику і розкид по часу передачі
- зменшення навантаження на мережеві вузли(БС).

ПРОПУСКНА СПРОМОЖНІСТЬ, ЗАТРИМКА, КОМУТАЦІЯ ПАКЕТІВ,  
ТРАНКІНГОВИЙ ЗВ'ЯЗОК, БАЗОВА СТАНЦІЯ, БУФЕРИЗАЦІЯ, АБОНЕНТ,  
МЕРЕЖЕВИЙ ВУЗОЛ

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: \_\_ с., \_\_ рис., \_\_ табл., \_\_ приложений, \_\_ источников.

Объект разработки: сети с коммутацией пакетов.

Цель работы: снижение максимальной задержки пакетов вызова и разброс по времени передачи.

В техническом задании определены основания и назначение разработки, требования к результатам выполнения работы, исходные показатели, стадии и этапы разработки.

В специальной части был разработан способ обработки пакетов, который позволяет минимизировать задержки ожидания при передаче пакетов вызова; приведена примерная оценка прироста производительности при применении способа; было описано сетевой узел, реализующий способ; обосновано экономическую целесообразность проекта.

В экономическом разделе были рассчитаны капитальные и эксплуатационные затраты на внедрение способа, ежегодная прибыль и одноразовый доход при подключении абонентов.

Практическое значение заключается результатов заключается в:

- увеличение пропускной способности сети с коммутацией пакетов
- минимизация задержек пакетов вызова и разброс по времени передачи
- снижение нагрузки на сетевые узлы (БС).

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ, ЗАДЕРЖКА, КОММУТАЦИИ ПАКЕТОВ, ТРАНКИНГОВАЯ СВЯЗЬ, БАЗОВЫЕ СТАНЦИИ, БУФЕРИЗАЦИЯ, АБОНЕНТ, СЕТЕВОЙ УЗЕЛ

## ABSTRACT

Explanatory note: \_\_ p., \_\_ fig., \_\_ tab., \_\_ appendices, \_\_ sources.

The object of development: packet switched networks.

Purpose of degree project: reducing the maximum packet delay and call variation in transmission time.

The terms of reference defined by the base and the appointment of the development, performance requirements performance, benchmarks, and the stage of development stages.

In the special part was developed to handle packets, which minimizes delays when packets waiting call; shows a rough estimate of productivity gains in the application process; described network node that implements the method, based on the economic feasibility of the project.

In the economic section were calculated capital and operating costs of introducing a method the annual profit and disposable income when connecting subscribers.

The practical significance is that results is:

- increase the capacity of packet switched networks
- minimization of packet delay variation in the call and the transmission time
- reducing the load on network nodes (BS).

BANDWIDTH, DELAY, PACKET SWITCHING, TRUNKING, THE BASE STATION, BUFFERING, USER, NETWORK NODE.

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БПД	–	блок передачі;
БПР	–	блок прийому;
БС	–	базова станція;
БУ	–	блок управління;
КК	–	комутація каналів;
КО	–	комутація осередків;
КП	–	комутація пакетів;
КР	–	каналу радіозв'язку;
КС	–	комутація повідомлень;
МДКР	–	множинний доступ з кодовим розділенням;
МДЧР	–	множинний доступ з розділенням за часом;
МППД	–	мережею передачі пакетних даних;
МС	–	мобільна станція;
УАТСВ	–	установчої автоматичної телефонної станції з виходом в мережу загального користування;
ЦТС	–	цифрової телефонної станцією;
ЦЦТС	–	центральною цифрової телефонної станцією;
ETSI	–	European Telecommunications Standards Institute (Європейський інститут стандартів з телекомунікацій);
TETRA	–	Trans-European Trunked Radio (Транс-європейський магістральний радіозв'язок).

## ЗМІСТ

с.

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ .....	10
1.1 Характеристики швидкості передачі.....	10
1.2 Комутація .....	12
1.3 Порівняння затримок в комутуваних мережах .....	13
1.4 Затримка очікування .....	20
1.5 Буферизація.....	22
1.6 Базова станція .....	23
1.7 Транкінговий радіозв'язок.....	24
1.8 Множинний доступ з поділом за часом (TDMA) .....	26
1.9 Постановка задачі.....	27
РОЗДІЛ 2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	29
2.1 Передумови створення способу.....	29
2.2 Загальний огляд способу .....	31
2.3 Опис способу на прикладі мережі TETRA .....	33
2.4 Детальний опис реалізації способу .....	35
2.5 Мережевий вузол.....	38
2.6 Оцінка затримки при передачі даних в мережах з комутацією пакетів .....	43
2.7 Висновки .....	44
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ .....	46
3.1 Розрахунок капітальних витрат на проектування і будівництво мережі .....	46
3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат.....	47
3.3 Розрахунок доходу від основної діяльності .....	49
3.4 Розрахунок економічної ефективності капітальних вкладень .....	50
3.5 Висновок .....	51
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	53

	7
ДОДАТОК А .....	55
ДОДАТОК Б .....	56
ДОДАТОК В .....	57
ДОДАТОК Г .....	58



## ВСТУП

Передача викликів по лініях зв'язку, що створює мережеву інфраструктуру, зазвичай здійснюється з використанням системи з комутацією каналів, при цьому для сигналізації і для кожного дзвінка виділяється окремий канал передачі або навіть окремий канал в кожному напрямку. У системі з комутацією каналів зв'язку виділений канал зберігається навіть за відсутності переданого сигналу, через що ефективність з'єднання зі швидкістю передачі даних 64 кбіт/с виявляється досить низькою. Крім того, в системі з комутацією каналів зв'язку пропускна здатність мережі різко падає при зростанні навантаження, тоді як у мережі з комутацією пакетів зростання навантаження проявляється у зниженні швидкості передачі даних і погіршенні якості з'єднання.

У відомих мережах з комутацією пакетів, пакети звичайно пересилаються в порядку їх надходження та/або генерування. У цьому випадку може виникати необхідність організовувати в мережевому вузлі чергу пакетів, якщо передача попереднього пакету триває. Непередбачуване переміщення в чергу змінної довжини викликає розкид по часу передачі пакетів і збільшує максимальну затримку передачі. Розкид по часу передачі пакетів особливо шкідливий для передачі мовного сигналу, оскільки якість мовного сигналу погіршується через розкиду по часу передачі. Крім того, при передачі мовного сигналу важливо, щоб максимальні затримки були невеликі.

Якщо мережевий вузол мережі з комутацією пакетів приймає пакунки з каналу з більш низькою швидкістю передачі даних і пересилає їх в канал з більш високою швидкістю передачі даних, деякі переваги, обумовлені каналом з більш високою швидкістю передачі даних, можуть бути втрачені при очікуванні закінчення передачі попереднього пакету. Однак повинна існувати можливість негайно ретранслювати саме пакети мовного виклику після їх прийому, щоб час передачі пакетів не піддавався зміні внаслідок розкиду за

часом очікування, і щоб максимальна затримка, зумовлена часом очікування, була якомога коротша, і, таким чином, можна було гарантувати високоякісну передачу мови.

Вищезазначені проблеми, тобто розкид по затримці передачі пакетів, обумовлений очікуванням і зростанням величини максимальної затримки, можна подолати, наприклад, шляхом пересилки пакетів з емуляцією комутації каналів зв'язку, тобто шляхом виділення для них окремого каналу або каналів. Проблеми в цьому рішенні такі ж, як у вирішенні з комутацією каналів зв'язку, тобто ресурс системи передачі виділяється навіть тоді, коли в цьому немає необхідності, і в міру зростання навантаження пропускну спроможність різко падає. Завдання цієї дипломної роботи полягає у створенні способу і мережевого вузла, за допомогою яких можна знизити максимальну затримку пакетів виклику і розкид по часу передачі.

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

### 1.1 Характеристики швидкості передачі

Швидкість передачі даних (information rate) вимірюється на певному проміжку часу як частка від ділення обсягу переданих даних за цей період на тривалість періоду. Таким чином, дана характеристика завжди є середньою швидкістю передачі даних.

Проте залежно від величини інтервалу, на якому вимірюється швидкість, для цієї характеристики традиційно використовується одне з двох найменувань: середня або пікова швидкість.

Середня швидкість передачі даних (Sustained Information Rate, SIR) визначається на досить великому періоді часу. Це середньострокова характеристика, період часу повинен бути достатнім, щоб можна було говорити про сталий поведінці такої випадкової величини, якою є швидкість.

Повинен бути оговорений період контролю цієї величини, наприклад 10 секунд. Це означає, що кожні 10 секунд обчислюється швидкість інформаційного потоку і порівнюється з вимогою до цієї величини. Якщо такі контрольні вимірювання не проводити, це позбавило б користувача можливості пред'являти претензії постачальнику в деяких конфліктних ситуаціях. Наприклад, якщо постачальник в один із днів місяця взагалі не буде передавати трафік, а в інші дні дозволить користувачеві перевищувати обумовлений межа, то середня швидкість за місяць виявиться в нормі. У цій ситуації тільки регулярний контроль швидкості допоможе користувачеві відстояти свої права.

Пікова швидкість передачі даних (Peak Information Rate, PIR) – це максимальна швидкість, яку дозволяється досягати користувача потоку протягом обумовленого невеликого періоду часу  $T$ .

Цей період зазвичай називають періодом пульсації. Очевидно, що при передачі трафіку можна говорити про цю величиною тільки з деякою мірою

вірогідності. Наприклад, вимоги до цієї характеристики може бути сформульовано так: «Швидкість інформації не повинна перевищувати 2 Мбіт / с на періоді часу 10 мс з імовірністю 0,95». Часто значення ймовірності опускають, маючи на увазі близькість її до одиниці. Пікова швидкість є короткостроковою характеристикою. PIR дозволяє оцінити здатність мережі справлятися з піковими навантаженнями, характерними для пульсуючого трафіка і приводять до перевантаження. Якщо SLA обумовлені обидві швидкості (SIR і PIR), очевидно, що періоди пульсації повинні супроводжуватися періодами відносного «затишшя», коли швидкість падає нижче середньої. В іншому випадку показник середньої швидкості дотримуватися не буде.

Величина пульсації (зазвичай позначається  $B$ ) використовується для оцінки ємності буфера комутатора, необхідного для зберігання даних під час перевантаження. Величина пульсації дорівнює загальному обсягу даних, що надходять на комутатор протягом дозволеного інтервалу  $T$  (періоду пульсації) передачі даних з піковою швидкістю (PIR):

$$B = \text{PIR} \times T. \quad (1.1)$$

Коефіцієнт пульсації трафіку – відношення максимальної швидкості на будь-якому невеликому періоді часу до середньої швидкості трафіку, виміряної на тривалому періоді часу. Невизначеність тимчасових періодів робить коефіцієнт пульсації якісно характеристикою трафіку.

Швидкість передачі даних можна вимірювати між будь-якими двома вузлами, або точками, мережі, наприклад між клієнтським комп'ютером і сервером, між вхідним і вихідним портами маршрутизатора. Для аналізу і настройки мережі дуже корисно знати дані про пропускну здатність окремих елементів мережі. Важливо відзначити, що через послідовний характер передачі різними елементами мережі загальна пропускну здатність мережі будь-якого складового шляху в мережі буде рівна мінімальній з пропускних

спроможностей складаючих елементів маршруту. Тому максимальна швидкість передачі даних завжди обмежена пропускною здатністю таких елементів. Для підвищення пропускної спроможності складового шляху необхідно в першу чергу звернути увагу на самі повільні елементи, звані вузькими місцями (bottleneck).

## 1.2 Комутація

Комутація – процес з'єднання абонентів комунікаційної мережі через транзитні вузли .

Комунікаційні мережі повинні забезпечувати зв'язок своїх абонентів між собою. Абонентами можуть виступати ЕОМ , сегменти локальних мереж, факс апарати або телефонні співрозмовники. Як правило, в мережах загального доступу неможливо надати кожній парі абонентів власну фізичну лінію зв'язку , якої вони могли б монополювати «володіти» і використати в будь-який час. Тому в мережі завжди застосовується який-небудь спосіб комутації абонентів, який забезпечує поділ наявних фізичних каналів між сесіями зв'язки і між абонентами мережі.

Кожен абонент з'єднаний з комутаторами індивідуальною лінією зв'язку, закріпленої за цим абонентом. Лінії зв'язку простягнуті між комутаторами поділяються декількома абонентами, тобто використовуються спільно.

Існує три принципово різні схеми комутації абонентів у мережах:

Комутація каналів (КК, circuit switching ) – організація складеного каналу через кілька транзитних вузлів з декількох послідовно «з'єднаних» каналів на час передачі повідомлення (оперативна комутація ) або на більш тривалий термін ( постійна / довготривала комутація - час комутації визначається адміністративно, тобто прийшов технік і комутував канали фізично на годину, день, рік, вічно і т. п., потім прийшов і розкомутував).

Комутація повідомлень (КС, message switching ) – розбиття інформації на повідомлення, які передаються послідовно до найближчого транзитному вузлу, який прийнявши повідомлення, запам'ятовує його і передає далі сам таким же чином. Виходить щось на зразок конвеєра.

Комутація пакетів (КП, packet switching ) – розбиття повідомлення на «пакети», які передаються окремо. Різниця між повідомленням і пакетом: розмір пакета обмежений технічно, повідомлення - логічно. При цьому, якщо маршрут руху пакетів між вузлами визначений заздалегідь, говорять про віртуальний канал (з встановленням з'єднання). Приклад: комутація IP-пакетів . Якщо ж для кожного пакету задача знаходження шляху вирішується заново, говорять про дейтаграмний (без встановлення з'єднання) спосіб пакетної комутації.

Комутація осередків (КО, cell switching ) - поєднує в собі властивості мереж з комутацією каналів і мереж з комутацією пакетів, при комутації осередків пакети завжди мають фіксований і відносно невеликий розмір.

Всі види комутації можуть використовуватися в мережі. Наприклад, над КК робиться КО, над якою працює КП, над якою КС. Отримуємо SMTP поверх TCP / IP , який сидить на АТМ , яка сидить на ПЦІ (PDH) / СЦІ (SDH) .

### 1.3 Порівняння затримок в комутуваних мережах

Розглянемо більш детально механізм виникнення затримок при передачі даних в мережах з комутацією каналів і пакетів. Нехай від кінцевого вузла N1 відправляється повідомлення до кінцевого вузла N2 ( рисунок 1.1 ). На шляху передачі даних розташовані два комутатори.

У мережі з комутацією каналів дані після затримки, пов'язаної з встановленням каналу, починають передаватися на стандартній для каналу швидкості. Час доставки даних адресату  $T$  дорівнює сумі часу поширення сигналу в каналі  $T_{\text{PRG}}$  і часу передачі повідомлення в канал  $T_{\text{tms}}$ . Наявність комутаторів у мережі з комутацією каналів ніяк не впливає на сумарний час, проходження даних через мережу.

Зауважимо, що час передачі повідомлення в канал в точності збігається з часом прийняття повідомлення з каналу в буфер вузла призначення, в цьому випадку воно називається часом буферизації.

Час розповсюдження сигналу залежить від відстані між абонентами  $L$  і швидкості  $S$  розповсюдження електромагнітних хвиль в конкретній фізичному середовищі, що коливається від 0,6 до 0,9 швидкості світла у вакуумі:

$$T_{\text{PRG}} = L / S. \quad (1.2)$$

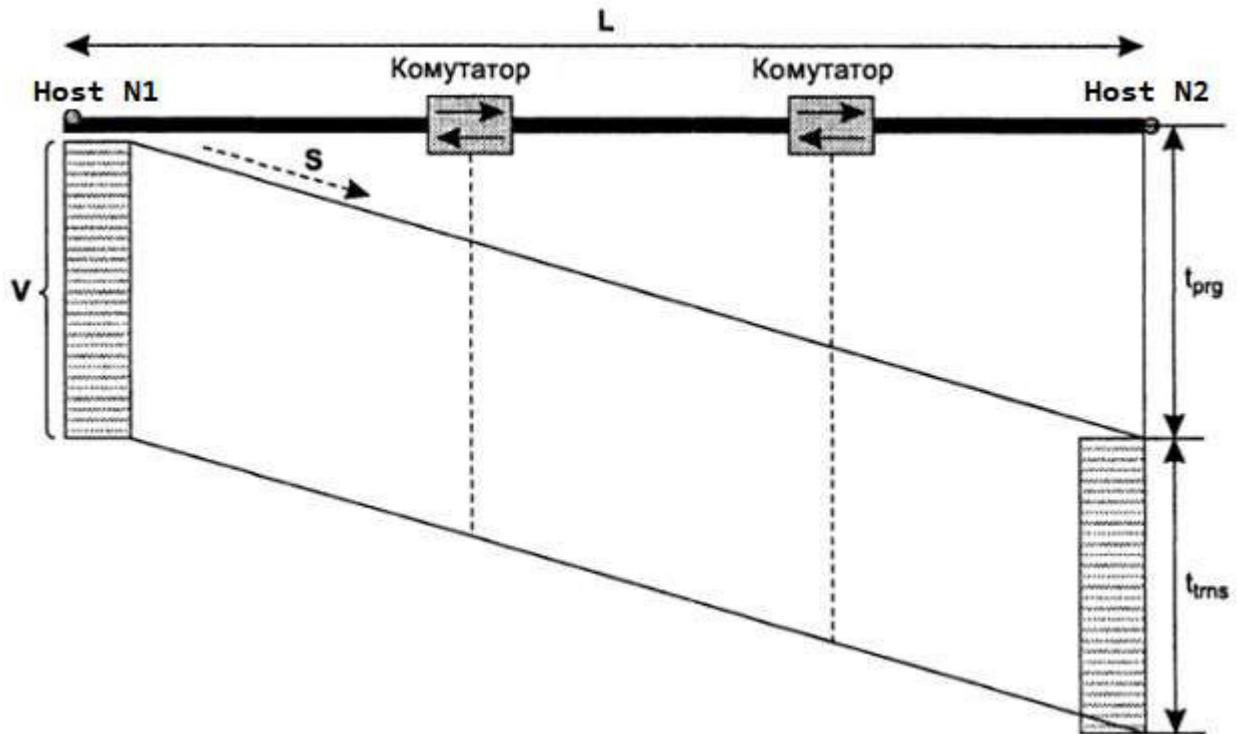


Рисунок 1.1 – Тимчасова діаграма передачі повідомлення в мережі з комутацією каналів

Час передачі повідомлення в канал (а значить, і час буферизації у вузлі призначення) дорівнює відношенню обсягу повідомлення  $V$  в бітах до пропускної здатності каналу  $C$  в бітах в секунду:

$$T_{\text{trns}} = V / C. \quad (1.3)$$

У мережі з комутацією пакетів передача даних не вимагає обов'язкового встановлення з'єднання. Припустимо, що в мережу, показану на рисунку 1.2 ,

передається повідомлення того ж обсягу  $V$ , що і в попередньому випадку (рисунк 1.1), однак воно розділено на пакети, кожен з яких забезпечений заголовком. Пакети передаються від вузла  $N1$  у вузол  $N2$ , між якими розташовані два комутатора.

На кожному комутаторі кожен пакет зображений двічі: у момент приходу на вхідний інтерфейс і в момент передачі в мережу з вихідного інтерфейсу. З рисунка видно, що комутатор затримує пакет на деякий час. Тут  $T_1$  - час доставки адресату першого пакету повідомлення, а  $T_{ps}$  - всього повідомлення.

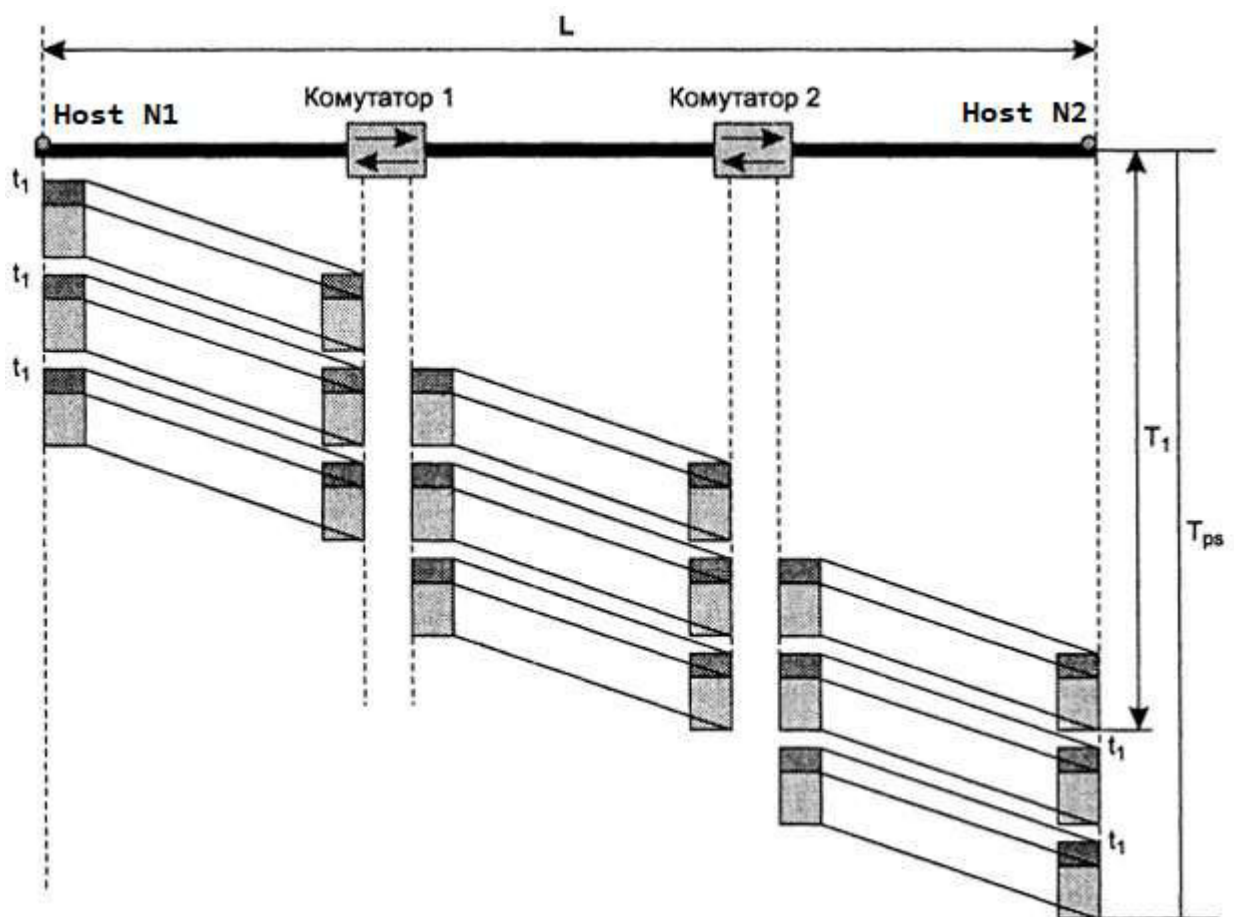


Рисунок 1.2 – Тимчасова діаграма передачі повідомлення, розділеного на пакунки в мережі з комутацією пакетів

Порівнюючи тимчасові діаграми передачі даних в мережах з комутацією каналів і пакетів, відзначимо два факти:

– значення часу поширення сигналу ( $T_{PRG}$ ) однаковою фізичної середовищі на одне і те ж відстань однакові;



– враховуючи, що значення пропускної здатності каналів в обох мережах однакові, значення часу передачі повідомлення в канал ( $T_{\text{trns}}$ ) будуть також рівні.

Однак розбивка переданого повідомлення на пакети з подальшою їх передачею по мережі з комутацією пакетів приводить до додаткових затримок. Простежимо шлях першого пакету і відзначимо, з яких складових складається час його передачі у вузол призначення і які з них специфічні для мережі з комутацією пакетів ( рисунок 1.3 ).

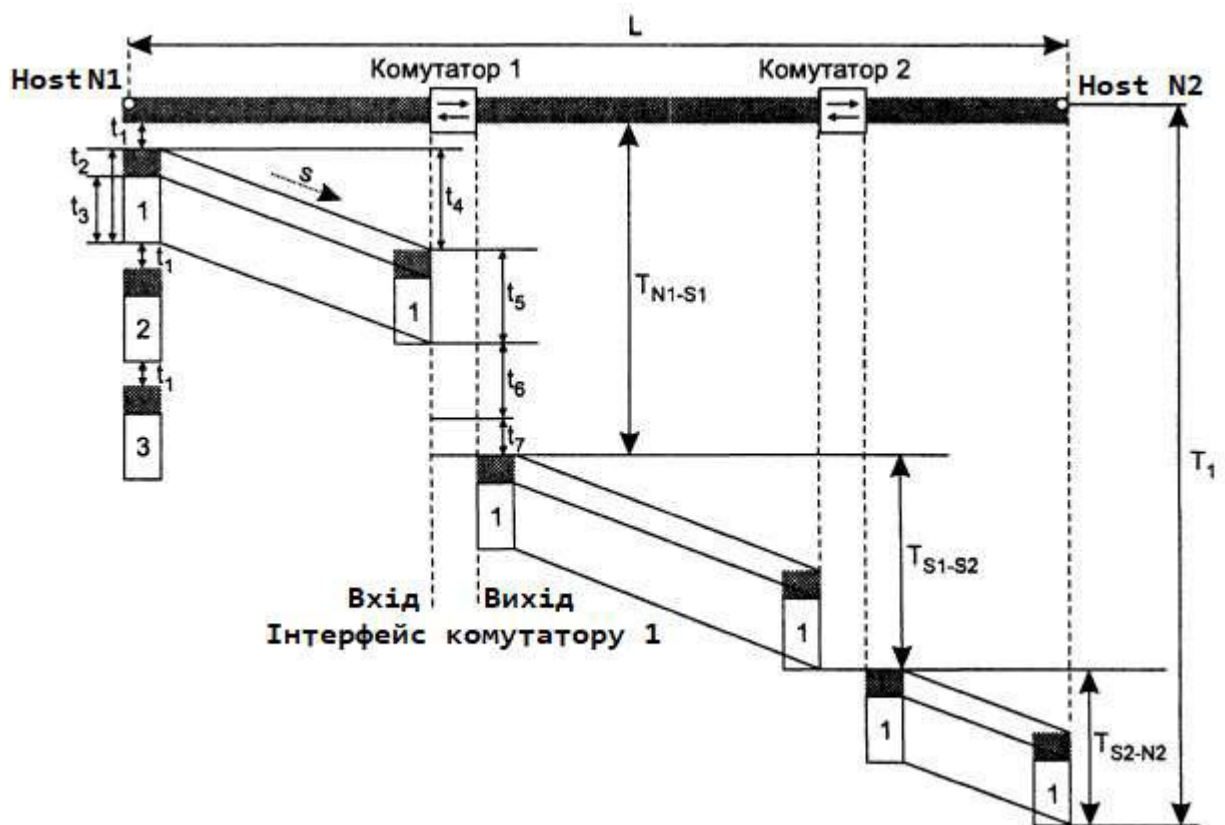


Рисунок 1.3 – Тимчасова діаграма передачі одного пакета в мережі з комутацією пакетів

Час передачі одного пакета від вузла N1 до комутатора 1 можна представити у вигляді суми кількох доданків.

По-перше, час витрачається у вузлі-відправника N1:

$t_1$  - час формування пакета, також зване часом пакетизації (значення цієї затримки залежить від різних параметрів роботи програмного і апаратного забезпечення вузла-відправника та не залежить від параметрів мережі);

$t_2$  - час передачі в канал заголовка;

$t_3$  - час передачі в канал поля даних пакету.

По-друге, додатковий час витрачається на поширення сигналів по каналах зв'язку. Позначимо через  $t_4$  час поширення сигналу, що представляє один біт інформації, від вузла  $N_1$  до комутатора 1.

По-третє, додатковий час витрачається в проміжному комутаторі:

$t_5$  - час прийому пакета з його заголовком з каналу у вхідний буфер комутатора; як вже було зазначено, це час одно ( $t_2 + t_3$ ), тобто часу передачі пакету з заголовком в канал з вузла джерела;

$t_6$  - час очікування пакета в черзі коливається в дуже широких межах і заздалегідь невідомо, тому що залежить від поточної завантаження мережі;

$t_7$  - час комутації пакета при його передачі у вихідний порт фіксоване для конкретної моделі і зазвичай невелика (від декількох мікросекунд до декількох мілісекунд).

Позначимо через  $T_{N_1-S_1}$  час передачі пакета з вузла  $N_1$  на вихідний інтерфейс комутатора 1. Цей час складається з наступних складових:

$$T_{N_1-S_1} = t_1 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7. \quad (1.4)$$

Зверніть увагу, що серед доданків відсутні складові  $t_2$  і  $t_3$ . З рисунка 1.3 видно, що передача бітів з передавача в канал поєднується у часі з передачею бітів по каналу зв'язку.

Час, що витрачається на останні два відрізки шляху, позначимо відповідно  $T_{S_1-S_2}$  та  $T_{S_2-N_2}$ . Ці величини мають таку ж структуру, що і  $T_{N_1-S_1}$ , за винятком того, що в них не входить час пакетизацію, і, крім того,  $T_{S_2-N_2}$  не включає час комутації (так як відрізок закінчується кінцевим вузлом. Отже, повне час передачі одного пакета по мережі складає:

$$T_1 = T_{N_1-S_1} + T_{S_1-S_2} + T_{S_2-N_2}. \quad (1.5)$$

Мережа з комутацією пакетів працює як конвеєр ( рисунок 1.2 ): пакет обробляється за кілька етапів, і всі пристрої мережі виконують ці етапи паралельно. Тому час передачі такого повідомлення буде значно менше, ніж сума значень часу передачі кожного пакета повідомлення. Точно розрахувати цей час складно через невизначеність стану мережі і, внаслідок цього, невизначеності значень часу очікування пакетів у чергах комутаторів. Однак якщо припустити, що пакети стоять в черзі приблизно однаковий час, то загальне час передачі повідомлення, що складається з  $n$  пакетів , можна оцінити таким чином:

$$T_{ps} = T_1 + (n - 1) (t_1 + t_5 ). \quad (1.6)$$

При розгляді мережі в цілому логічно використовувати в якості критерію ефективності мережі не швидкість передачі трафіку окремого користувача, а більш інтегральний критерій, наприклад загальний обсяг переданих мережею даних в одиницю часу. У цьому випадку ефективність мереж з комутацією пакетів у порівнянні з мережами з комутацією каналів (при рівній пропускної спроможності каналів зв'язку) виявляється вищою. Такий результат був доведений в 60-і роки як експериментально, так і аналітично за допомогою теорії масового обслуговування.

#### Приклад

Використовуємо для порівняння ефективності мереж з комутацією каналів і пакетів ще один приклад (рисунок 1.4). Два комутатора об'єднані каналом зв'язку з пропускною здатністю 100 Мбіт/с. Користувачі мережі підключаються до мережі за допомогою каналів доступу з пропускною спроможністю 10 Мбіт/с. Припустимо, що всі користувачі створюють однаковий пульсуючий трафік з середньою швидкістю 1 Мбіт/с. При цьому протягом нетривалих періодів часу швидкість даної запропонованої навантаження зростає до максимальної швидкості каналу доступу, тобто до 10 Мбіт/с. Такі періоди тривають не більше однієї секунди. Припустимо також,

що всі користувачі, підключений до комутатора S1, передають інформацію тільки користувачам, підключеним до комутатора S2.

Нехай представлена на рисунку мережа є мережею з комутацією каналів. Оскільки піки користувацького трафіку досягають 10 Мбіт/с, кожному з користувачів необхідно встановити з'єднання з пропускнуною спроможністю 10 Мбіт/с. Таким чином, одночасно через мережу зможуть передавати дані тільки 10 користувачів. Сумарна середня швидкість передачі даних через мережу дорівнюватиме лише 10 Мбіт/с (10 користувачів передають дані з середньою швидкістю 1 Мбіт/с). Отже, лінія зв'язку між комутаторами, хоча і має загальну пропускну здатність 100 Мбіт/с, використовується тільки на 10%.

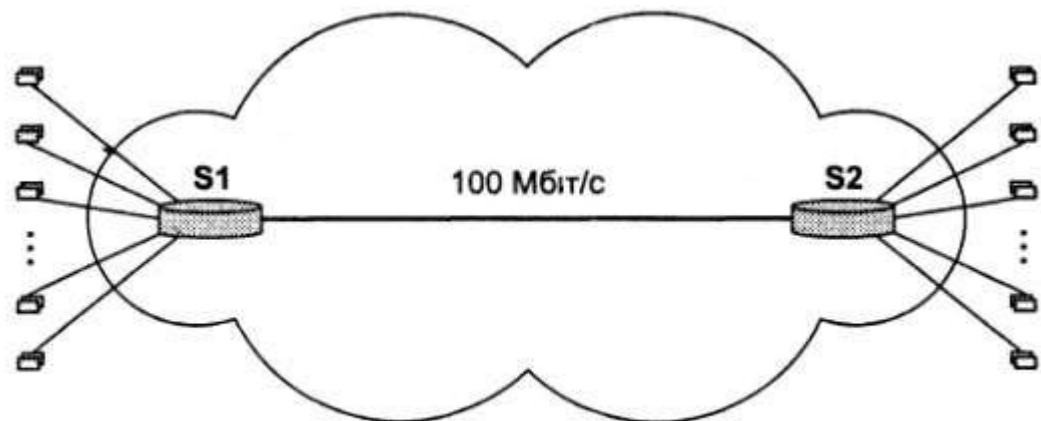


Рисунок 1.4 – Порівняння ефективності мереж з комутацією пакетів і каналів

Тепер розглянемо варіант, коли та ж мережа працює на основі техніки комутації пакетів. При середній швидкості користувача потоків 1 Мбіт/с мережа може передавати одночасно до  $100/1 = 100$  (!) Інформаційних потоків користувачів, повністю витрачаючи пропускну здатність каналу між комутаторами. Однак це справедливо, якщо ємності буферів комутаторів досить для зберігання пакетів на періодах перевантаження, коли сумарна швидкість потоку даних перевищує 100 Мбіт/с. Оцінимо необхідний обсяг буфера комутатора S1. За період перевантаження в комутатор S1 від кожного

потоків надійде  $10 \text{ Мбіт/с} \times 1\text{с} = 10 \text{ Мбіт}$ , а від 100 потоків - 1000 Мбіт. З цих даних за 1 с комутатор встигне передати у вихідний канал тільки 100 Мбіт. Значить, щоб жоден пакет не був втрачений під час перевантаження мережі, загальний обсяг вхідних буферів комутатора повинен бути не менше  $1000 - 100 = 900 \text{ Мбіт}$ , або більше 100 Мбайт. Сьогоднішні комутатори зазвичай мають менші обсяги буферів (1-10 Мбайт). Проте не потрібно забувати, що ймовірність збігу періодів пікового навантаження у всіх потоків, що надходять на входи комутатора, дуже мала. Так що навіть якщо комутатора має менший обсяг буферної пам'яті, в переважній більшості випадків він буде справлятися з запропонованою навантаженням.

При порівнянні мереж з комутацією каналів і пакетів доречна аналогія з мультипрограмним операційними системами. Кожна окрема програма в такій системі виконується довше, ніж в однопрограмній системі, коли програмі виділяється все процесорний час, поки вона не завершить своє виконання. Однак загальне число програм, які виконуються в одиницю часу, в мультипрограмній системі більше, ніж у однопрограмній. Аналогічно однопрограмній системі, в якій час від часу простоє процесор або периферійні пристрої, в мережах з комутацією каналів при передачі пульсуючого трафіка значна частина зарезервованої пропускної спроможності каналів часто не використовується.

Невизначена пропускна здатність мережі з комутацією пакетів - це плата за її загальну ефективність при деякому обмеженні інтересів окремих абонентів. Аналогічно, в мультипрограмній операційній системі час виконання програм передбачити заздалегідь неможливо, тому що воно залежить від кількості інших додатків, з якими ділить процесор цю програму.

#### 1.4 Затримка очікування

Найбільш складним та цікавим видом затримок, що виникають при передачі пакетів, є затримка очікування  $d$ . Ця величина має настільки важливе значення для мережевих технологій, що їй присвячені десятки книг і сотні наукових статей. Затримка очікування - єдина складова вузлової затримки, яка

може мати різні значення для різних пакетів. Так, наприклад, якщо в спочатку порожній буфер маршрутизатора одночасно надійде 10 пакетів, то затримка очікування для першого пакету дорівнюватиме нулю, а для останнього пакету вона виявиться рівною часу, необхідного для обслуговування дев'яти попередніх пакетів. Таким чином, значення затримки очікування є випадковим, і для його оцінки необхідно використовувати статистичні величини: середній час очікування, дисперсію часу очікування й імовірність перевищення часом очікування заданої величини.

Які фактори впливають на величину затримки очікування? Можна виділити три з них: частоту отримання пакетів, швидкість передачі вихідної лінії зв'язку і закон розподілу одержуваних пакетів в часі. Останній характеризує, чи є одержання пакетів періодичним або аперіодичним. Нехай  $\alpha$  - середня частота отримання пакетів, вимірювана в пакетах в секунду,  $R$  - швидкість передачі по вихідній лінії зв'язку в бітах в секунду, а  $L$  - довжина пакета в бітах. Тоді швидкість отримання даних маршрутизатором дорівнює  $L \times \alpha$  (біт / с). Припустимо, що буфер маршрутизатора є нескінченно великим, тобто дозволяє організувати чергу нескінченної довжини. Величина  $L \times \alpha / R$ , звана інтенсивністю трафіку, відіграє визначальну роль в оцінці довжини черги. Якщо  $L \times \alpha / R > 1$ , то середня швидкість прийому інформації перевищує середню швидкість її передачі, що призводить до необмеженого росту черги. Звідси випливає «золоте правило» організації трафіку: обмін інформацією завжди повинен бути організований так, щоб інтенсивність трафіку не перевищувала 1. Далі будемо вважати, що  $L \times \alpha / R \leq 1$ .

При відсутності перевантажень можна дослідити вплив інтенсивності трафіку на величину затримки очікування. Якщо поява нових пакетів відбувається періодично, наприклад, кожні  $L / R$  секунд, то кожен пакет буде приходити в порожній буфер, і, отже, час очікування виявиться рівним нулю. Якщо нові пакети з'являються періодично, але не поодиночі, то середній час очікування для них, очевидно, вже не буде нульовим. Нехай кожні  $(L / R) \times N$  секунд відбувається поява  $N$  пакетів, тоді для першого пакету час очікування

буде дорівнює  $0$  с, для другого пакету -  $L / R$  с, а для  $n$ -го пакету -  $(n - 1) \times L / R$  с. Обидва розглянутих приклади є скоріше теоретичними, ніж практичними. На практиці типова поява пакетів у випадкові моменти часу. Іншими словами, момент появи нового пакету, а отже, і час між появами сусідніх пакетів, не можна передбачити заздалегідь. У цьому випадку значення інтенсивності трафіку не дає точної відповіді на питання про величину затримки очікування. Проте інтенсивність здатна наочно проілюструвати залежність затримки очікування від співвідношення швидкостей прийому і передачі пакетів. Якщо інтенсивність трафіку близька до нуля, то, очевидно, ймовірність не порожнього буфера в момент отримання нового пакету мала, і тому середній час очікування також близький до нуля. Якщо ж інтенсивність має значення, близьке до одиниці, то можливі короточасні перевищення швидкості прийому над швидкістю передачі і, як наслідок, поява черг і збільшення їх довжини. Чим ближче до одиниці значення інтенсивності трафіку, тим вище ймовірність збільшення черги і часу очікування. На рисунку 1.5 залежність між інтенсивністю і часом очікування представлена графічно.

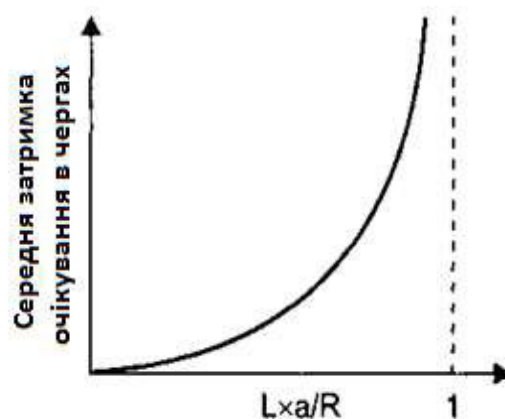


Рисунок 1.5 - Залежність середньої затримки очікування від інтенсивності трафіку

Як видно з рисунка, в області інтенсивностей, близьких до 1, навіть невеликий приріст інтенсивності тягне за собою значно більший приріст затримки очікування. Цей математичний ефект легко проілюструвати за допомогою прикладу.

Коли ви рухаєтеся по трасі, яка до відмови заповнена машинами, навіть саме незначне зниження пропускної здатності траси (тобто збільшення інтенсивності) тягне за собою тривалі автомобільні «пробки».

### 1.5 Буферизація

Буферизація (від англ. *buffer*) – метод організації обміну, зокрема, введення і виведення даних, що має на увазі використання буфера для тимчасового зберігання даних. При введенні даних одні пристрої або процеси виробляють запис даних в буфер, а інші – читання з нього, при виводі - навпаки. Процес, який виконав запис у буфер, може негайно продовжувати роботу, не чекаючи, поки дані будуть оброблені іншим процесом, якому вони призначені. У свою чергу, процес, який обробив деяку порцію даних, може негайно прочитати з буфера наступну порцію. Таким чином, буферизація дозволяє процесам, що виробляють введення, виведення та обробку даних, виконуватися паралельно, не чекаючи, поки інший процес виконає свою частину роботи. Тому буферизація даних широко застосовується в багатозадачних ОС.

Буферизація за принципом своєї побудови буває прозора (приклад – кешування диска на запис, коли процеси або пристрою не підозрюють про існування процедури буферизації між ними), і непрозора, коли сторонам для здійснення обміну потрібні знання про буфері. Наочний приклад. З паперовими поштовими відправленнями здійснюється інкапсуляція в мішки з поштою, далі у вагони поїздів, автомобілі та інші транспортні засоби. Відправник ж і одержувач зобов'язані знати тільки один рівень буферизації – поштові скриньки. Інші рівні прозорі для користувача.

Терміни «прозора» і «непрозора» буферизація не зовсім вдалі, оскільки можуть кілька збивати з пантелику. У якості більш вдалих можна було б запропонувати терміни, відповідно, «невидима» і «видима буферизація».

### 1.6 Базова станція



Базова станція в радіозв'язку взагалі - системний комплекс прийомо-передаючої апаратури, що здійснює централізоване обслуговування групи кінцевих абонентських пристроїв.

Наприклад, при організації зв'язку малогабаритними мобільними раціями на місцевості, встановлюється стаціонарна антена і радіостанція більш високою, ніж інші, вихідний потужності. Вона здійснює при необхідності ретрансляцію сигналу, а її оператор контролює обстановку в ефірі.

У бездротовій телефонії. Бездротовий телефонний зв'язок є комутований: за допомогою набору номера на початку розмови встановлюється канал зв'язку з абонентом, після того, як один з абонентів покладе трубку - канал розривається. Бездротові телефони зазвичай мають зв'язок з телефонною мережею загального користування.

Базова станція в бездротовій телефонії зв'язується з носиться або возить бездротовим телефонним апаратом. При цьому сигнали від одного чи декількох мобільних телефонів приймаються базовою станцією, яка передає ці виклики в наземні телефонні лінії. Застосування інших видів апаратури при цьому залежить від архітектури мережі. Мобільні мережі операторів зв'язку, наприклад мережі GSM, використовують для цих цілей комутатори , Радіорелейний зв'язок і Автоматичні телефонні станції . На відміну від цього базові станції побутових бездротових радіотелефонів під'єднані безпосередньо проводом до телефонних ліній.

У стільникового зв'язку. Базова станція стосовно стільникового зв'язку - комплекс радіопередавачів ( ретранслятори , приймально-передавачі), що здійснює зв'язок з кінцевим абонентським пристроєм - стільниковим телефоном . Одна базова станція стандарту GSM зазвичай здатна підтримувати до 12 передавачів, а кожен передавач здатний одночасно підтримувати зв'язок з 8-ма спілкуючимися абонентами. Зона покриття від антен базової станції утворює соту, або групу сот. Базові станції з'єднані з комутатором мережі через контролер базових станцій .

Базові станції також застосовуються в стільниковому телебаченні, транкінгового зв'язку, мережах Wi-Fi, WiMAX та інших технологіях.

### 1.7 Транкінговий радіозв'язок

Транкінговий радіозв'язок – призначений для забезпечення голосового зв'язку між великою кількістю рухомих абонентів при обмеженій кількості радіоканалів.

Принцип транкінгового радіозв'язку полягає у вільному доступі абонентів до декількох конкретних ліній зв'язку, що надаються абоненту автоматично за певним протоколом. Зараз існує декілька транкінгових протоколів, які розроблювались фірмами-виробниками радіоустаткування. Всі ці протоколи закриті для широкого використання і не є стандартизованими. Тому абонентське устаткування різних фірм-виробників не має сумісності і це є великий недолік таких систем.

За участю компанії Motorola був розроблений відкритий протокол (MPT1327) для транкінгових систем з аналоговою передачею голосу, який став стандартом у країнах Європи. При цьому особливістю стандарту MPT1327 є наявність виділеного каналу управління, яким з швидкістю 1200 б/с передаються сигнали керування. Всі інші радіоканали, утворені базовими станціями, призначені для голосового зв'язку абонентів і передачі даних. Іншими властивостями систем зв'язку на основі MPT1327 є автоматичний пошук і реєстрація абонентів з перевіркою серійних номерів радіостанцій, автоматичне звільнення каналу при відсутності передачі. А також сортування всіх викликів, що надходять, за пріоритетами. Виклики з низьким рівнем пріоритету стають у чергу на обслуговування. Таким чином в будь-якому випадку кожен абонент отримує можливість доступу у мережу.

TETRA (TErrestrial Trunked RADio) – відкритий стандарт цифрового транкінгового радіозв'язку, розроблений європейським інститутом телекомунікаційних стандартів ETSI (European Telecommunications Standards Institute) для заміни морально застарілого стандарту MPT 1327.

Радіоінтерфейс стандарту TETRA передбачає роботу в стандартній сітці частот з кроком 25 кГц і мінімальним дуплексним розносом радіоканалів 10 МГц . Можуть використовуватися діапазони частот від 150 до 900 МГц . У країнах Європи за службами безпеки закріплені діапазони 380-385/390-395 МГц, а для комерційних організацій передбачені діапазони 410-430/450-470 МГц і 870-876/915-921 МГц. Використовується метод множинного доступу з розділенням за часом TDMA (Time Division Multiple Access) – на одному фізичному частоті утворюється 4 логічних каналу (слоти).

Для кодування мови використовується мовний кодек ACELP (лінійне передбачення з збудженням від алгебраїчної кодової книги) швидкістю 4,8 кбіт/с . Після додавання надмірності один голосовий потік набуває швидкість 7,2 кбіт/с . Швидкість сумарного вихідного потоку в радіоканалі дорівнює 36 кбіт/с . Швидкість сумарного вихідного потоку в радіоканалі дорівнює 36 кбіт/с . Якщо порівнювати якість голосу в мережах стандарту TETRA з якістю голосу в мережах GSM , то TETRA трохи поступається за цим показником. Але при цьому стандарт TETRA в чотири рази ефективніше GSM з точки зору використання частотного спектру.

#### 1.8 Множинний доступ з поділом за часом (TDMA)

МДЧР або TDMA (англ. Time Division Multiple Access – множинний доступ з поділом за часом) – спосіб використання радіочастот, коли в одному частотному інтервалі знаходяться декілька абонентів, різні абоненти використовують різні тимчасові слоти (інтервали) для передачі. Є додатком мультиплексування каналу з поділом за часом (TDM – Time Division Multiplexing) до радіозв'язку.

Таким чином, TDMA надає кожному користувачеві повний доступ до інтервалу частоти протягом короткого періоду часу (у GSM один частотний інтервал ділиться на 8 тимчасових слотів ). TDMA в даний час є домінуючою технологією для мобільних стільникових мереж і використовується в стандартах GSM , TDMA (ANSI-136), PDC .

МДКР або CDMA (англ. Code Division Multiple Access, Множинний доступ із кодовим розподілом каналів) – одна з можливих технологій

мультиплексування, тобто одночасної передачі даних у спільному діапазоні (так званому каналі) радіочастот.

Для забезпечення доступу до каналу багатьом користувачам – множинний доступ – дані кодується спеціальним кодом, асоційованим із кожним каналом, і використовуються властивості конструктивної інтерференції спеціальних кодів, щоб здійснювати мультиплексування. Це є головною відмінною методу CDMA від інших методів мультиплексування.

Подальший розвиток. На базі CDMA розроблено новий стандарт передачі даних W-CDMA для цифрових систем мобільної телефонії 3-го покоління (3G) UMTS (подекуди вживається позначення 3GSM).

Лідером на ринку цієї технології вважається фірма Qualcomm (США), котрій належать основні патенти на технологію CDMA. Нею також розроблено стандарт CDMA2000. Фірми Alcatel Shanghai Bell та Datang Mobile спільно розробили третій стандарт – TD-SCDMA, котрий планують використовувати на китайському ринку.

#### 1.9 Постановка задачі

Аналізуючи вищевикладене, слід зазначити, що при передачі даних з комутацією пакетів мають місце затримки очікування, мінімізавши які можна суттєво підвищити пропускну спроможність мережі. Для цього в даному дипломному проекті були поставлені такі задачі:

- 1 запропонувати спосіб, який дозволить мінімізувати затримки очікування при передачі пакетів виклику;
- 2 надати приблизну оцінку приросту продуктивності;
- 3 описати мережевий вузол, що реалізує спосіб;
- 4 обґрунтувати економічну доцільність проекту.

## РОЗДІЛ 2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Передумови створення способу

У більшості цифрових мобільних телефонних систем несуче коливання каналу радіозв'язку поділяється між кількома користувачами з використанням, наприклад, способу МДЧР (множинний доступ з розділенням за часом) або МДКР (множинний доступ з кодовим розділенням). Загальна ознака цих способів полягає в тому, що для кожного виклику виділяється окремий канал, і що виклик ділиться на пакети виклику певної довжини, і пакети виклику пересилаються по різних каналах в кадрах, переданих послідовно на несучому коливанні каналу радіозв'язку. Кадр містить в собі кілька каналів, і час, необхідний для передачі кадру, постійний. Згідно способу МДЧР, при якому кадр складається з тимчасових каналів, послідовних у часі, пакети, пов'язані з одним і тим же викликом, приймаються в базовій станції на інтервалі тривалості передачі кадру.

Передача викликів по лініях зв'язку, що створює мережеву інфраструктуру, зазвичай здійснюється з використанням системи з комутацією каналів, при цьому для сигналізації і для кожного дзвінка виділяється окремий канал передачі або навіть окремий канал в кожному напрямку. У системі з комутацією каналів зв'язку виділений канал зберігається навіть за відсутності переданого сигналу, через що ефективність з'єднання зі швидкістю передачі даних 64 кбіт/с виявляється досить низькою. Крім того, в системі з комутацією каналів зв'язку пропускна здатність мережі різко падає при зростанні навантаження, тоді як у мережі з комутацією пакетів зростання навантаження проявляється у зниженні швидкості передачі даних і погіршенні якості з'єднання.

У відомих мережах з комутацією пакетів, пакети звичайно пересилаються в порядку їх надходження та / або генерування. У цьому випадку може виникати необхідність організувати в мережевому вузлі чергу пакетів, якщо передача попереднього пакету триває. Непередбачуване

переміщення в чергу змінної довжини викликає розкид по часу передачі пакетів і збільшує максимальну затримку передачі. Розкид по часу передачі пакетів особливо шкідливий для передачі мовного сигналу, оскільки якість мовного сигналу погіршується через розкиду по часу передачі. Крім того, при передачі мовного сигналу важливо, щоб максимальні затримки були невеликі.

Якщо мережевий вузол мережі з комутацією пакетів приймає пакунки з каналу з більш низькою швидкістю передачі даних і пересилає їх в канал з більш високою швидкістю передачі даних, деякі переваги, обумовлені каналом з більш високою швидкістю передачі даних, можуть бути втрачені при очікуванні закінчення передачі попереднього пакету. Однак повинна існувати можливість негайно ретранслювати саме пакети мовного виклику після їх прийому, щоб час передачі пакетів не піддавався зміні внаслідок розкиду за часом очікування, і щоб максимальна затримка, зумовлена часом очікування, була якомога коротша, і, таким чином, можна було гарантувати високоякісну передачу мови.

Вищезазначені проблеми, тобто розкид по затримці передачі пакетів, обумовлений очікуванням і зростанням величини максимальної затримки, можна подолати, наприклад, шляхом пересилки пакетів з емуляцією комутації каналів зв'язку, тобто шляхом виділення для них окремого каналу або каналів. Проблеми в цьому рішенні такі ж, як у вирішенні з комутацією каналів зв'язку, тобто ресурс системи передачі виділяється навіть тоді, коли в цьому немає необхідності, і в міру зростання навантаження пропускна спроможність різко падає.

Інший спосіб вирівнювання затримок передачі пакетів у мережі з комутацією пакетів полягає в буферизації достатнього числа пакетів на приймальній стороні, щоб можна було згладити будь-який розкид по затримці передачі. Проблема в тому, що передача мовного сигналу в режимі реального часу не допускає великої буферизації: наприклад, при виклику служби громадської безпеки та охорони затримка повинна складати менше 400 мілісекунд. В Інтернеті програмне забезпечення передачі мовного сигналу

використовує велику буферизацію, оскільки затримка у пару секунд при передачі мовного сигналу в цьому випадку неістотна. Оскільки в системі, що здійснює передачу мовного сигналу в режимі реального часу, передача мовного сигналу повинна вироблятися як можна швидше, буфер повинен бути дуже коротким, і тому в даному випадку буферизація не допоможе вирівняти затримки передачі. Крім того, буферизація збільшує максимальну затримку за часом передачі пакета.

## 2.2 Загальний огляд способу

Завдання цієї дипломної роботи полягає у створенні способу і мережевого вузла, за допомогою яких можна знизити максимальну затримку пакетів виклику і розкид по часу передачі. Цей результат досягається наступним чином – пакети виклику відокремлюються від пакетів управління; виробляється обчислення тривалості передачі пакету управління, який повинен бути посланий наступним; здійснюється визначення інтервалу до прийому наступного пакету виклику; проводиться порівняння тривалості із згаданим інтервалом  $i$ , якщо тривалість менше або дорівнює цьому інтервалу, здійснюється передача пакету управління, а якщо тривалість більше інтервалу, то пакет управління поміщається в чергу на передачу, очікується прийом згаданого пакету виклику, і потім пакет виклику практично негайно пересилається.

"Практично негайно" означає, що пакет пересилається негайно після того, як при прийомі пакету будуть вжиті необхідні заходи, і пакет буде готовий до передачі. Ці заходи включають в себе, наприклад, визначення, чи є пакет пакетом виклику, можливо, перевірку адреси, і прийом пакета повністю до його пересилання, якщо пакет поступає з каналу з більш низькою швидкістю передачі даних, ніж той, в який він передається.

Також у дипломній роботі розробляється проект мережевого вузла, який можна використовувати згідно даному способу. Мережевий вузол включає в себе щонайменше один вхідний і вихідний канал, і який містить засіб прийому, передачі, буфер, призначений для буферизації прийнятих пакетів, причому

засіб прийому виконано з можливістю відділення пакетів виклику від пакетів управління, відрізняється тим, що вузол додатково містить засіб пам'яті, призначений для зберігання інформації, вказує швидкість надходження пакетів виклику, лічильник часу, призначений для визначення інтервалу до прийому наступного пакету виклику, засіб обчислення, призначений для обчислення тривалості передачі пакету управління, який повинен бути посланий наступним, засіб порівняння, призначений для порівняння інтервалу і тривалості, і контролер порядку передачі, призначений для приміщення пакетів управління в чергу на передачу в буфер і для подальшої передачі наступного пакету виклику, якщо тривалість перевищує інтервал.

В основі способу лежить ідея, яка полягає в тому, що перед тим, як передати пакет управління потрібно перевірити, чи достатньо часу для того, щоб послати пакет до прийому наступного пакету виклику. Прийнятий пакет виклику можна, таким чином, пересилати негайно після того, як він був прийнятий.

Перевага способу і мережевого вузла, полягає в тому, що один і той же канал передачі можна використовувати для передачі як пакетів виклику, так і пакетів управління, які містять інформацію сигналізації, при цьому якість передачі мовного сигналу в режимі реального часу не погіршується, оскільки пакети виклику завжди отримують доступ до каналу передачі без затримки. Таким чином, ресурси передачі використовуються ефективно, і внутрішня сигналізація системи не вносить в передачу виклику ніякої додаткової затримки змінної довжини. Згідно способу передача пакетів управління здійснюється в порядку пріоритету. Перевага полягає в тому, що важливі пакети управління можуть бути доставлені максимально швидко.

Крім того, пакети управління не передаються по певному каналу, а для кожного пакету управління визначається вихідний канал, в якому є достатньо часу для передачі пакета. Пакети управління, таким чином, можна передавати максимально швидко.



## 2.3 Опис способу на прикладі мережі TETRA

Нижче йде опис способу на прикладі мережі зв'язку з комутацією пакетів, спроектованої для використання в якості мережі передачі для мережі цифрового радіозв'язку стандарту TETRA (Транс-європейський магістральний радіозв'язок), затвердженим ETSI (Європейський інститут стандартів з телекомунікацій). Стандарт TETRA визначає інтерфейс радіозв'язку та інші інтерфейси, однак не визначає внутрішню структуру мережі передачі. Розроблений спосіб не обмежується мережами радіозв'язку або іншими мережами бездротового зв'язку, очевидно його можна застосовувати і в інших системах передачі даних як в мережах, що базуються на бездротовій передачі даних, так і в стаціонарних мережах.

На рисунку 2.1 зображена приблизна структура мережі передачі TETRA. Мобільна станція МС (мобільний абонент) здійснює зв'язок з базовою станцією БС по каналу радіозв'язку КР. Інтерфейс радіозв'язку КР відповідно до стандарту TETRA базується на несучому коливанні з 4-канальним тимчасовим ущільненням, ширина смуги якого становить 25 кГц. На цьому несучому коливанні послідовно передаються кадри, кожен з яких включає в себе чотири тимчасові інтервали або тимчасових канали, як у напрямку від мобільної станції до базової станції, так і в напрямі від базової станції до мобільної станції. Для кожного з'єднання з передачею даних зазвичай виділяється окремий часовий інтервал, але стандарт TETRA дозволяє виділяти для одного з'єднання навіть кілька тимчасових інтервалів.

У системі стандарту TETRA передача одного кадру МДВР займає близько 60 мс, таким чином, для кожного виділеного тимчасового інтервалу резервується близько 15 мс. Базова станція може також мати в розпорядженні декілька несучих.

Кожна базова станція БС з'єднується за допомогою лінії зв'язку з ЦТС (цифрової телефонної станцією) для стаціонарної мережі передачі стандарту TETRA. Телефонні станції ЦТС стандарту TETRA з'єднуються з іншими

телефонними станціями ЦТС і з центральною цифровою телефонною станцією ЦЦТС стандарту TETRA за допомогою стаціонарного каналу зв'язку, причому ЦЦТС представляє собою телефонну станцію, з якою з'єднуються інші телефонні станції та / або інші центральні телефонні станції ЦЦТС з метою забезпечення альтернативних маршрутів трафіку.

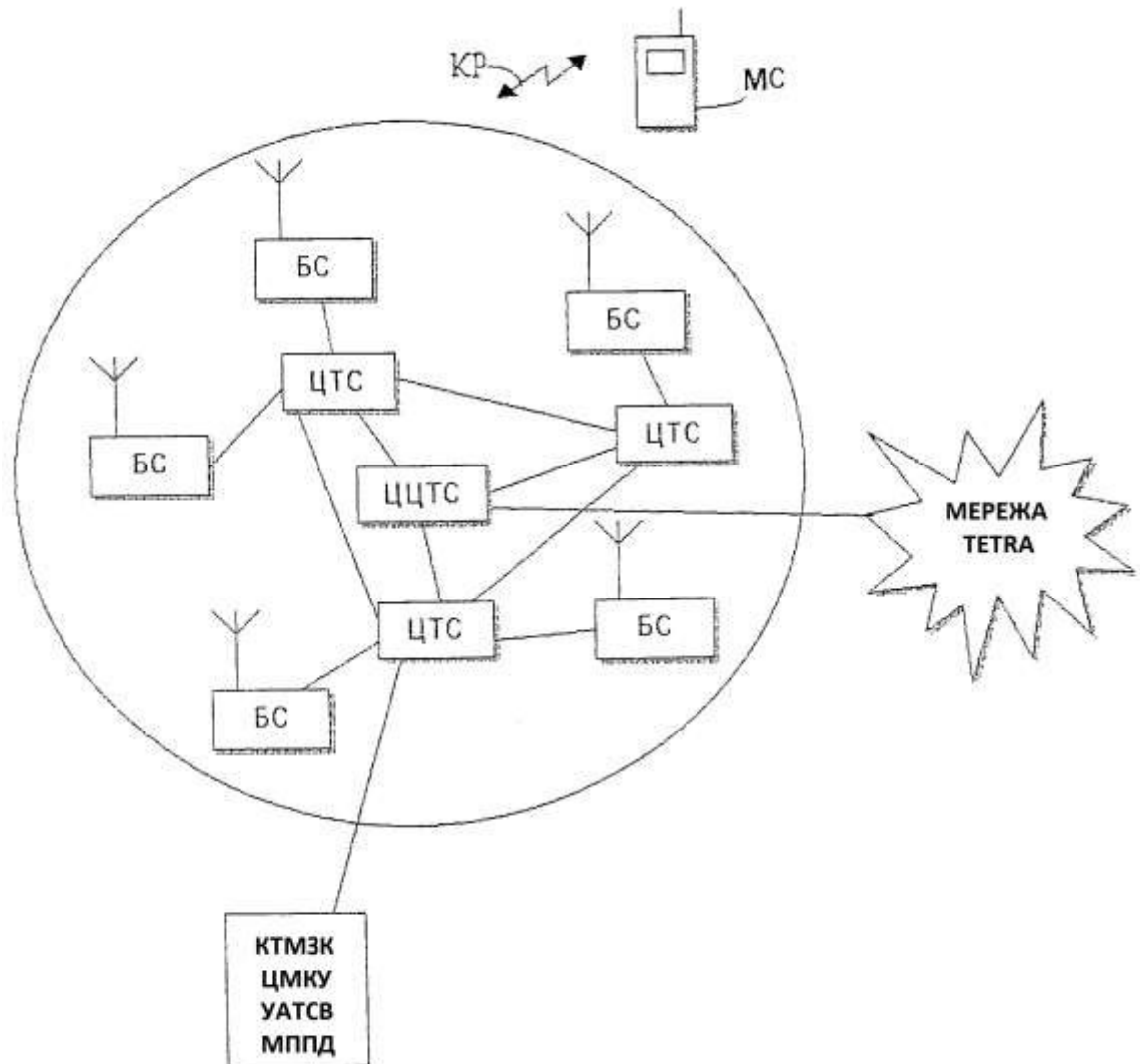


Рисунок 2.1 – Мережа передачі даних системи TETRA

Інтерфейс з іншою мережею TETRA, в даному випадку, розміщується на центральній телефонній станції ЦЦТС, але він також може розташовуватися на інших телефонних станціях ЦТС. Зовнішні інтерфейси, що визначаються стандартом, з комутованою телефонною мережею загального користування (КТМЗК), цифровою мережею з наданням комплексних послуг (ЦМКУ),

установчої автоматичної телефонної станції з виходом в мережу загального користування (УАТСВ) і мережею передачі пакетних даних (МППД) в даному випадку розташовується на одній з телефонних станцій ЦТС, але вони також можуть розміщуватися, наприклад, на кожній телефонній станції. Мережа передачі TETRA також включає в себе інші інтерфейси та периферійні блоки, не показані на кресленні. Вони включають в себе, наприклад, системи управління мережею та диспетчерські системи.

#### 2.4 Детальний опис реалізації способу

Згідно попереднього рівня техніки пакети різних типів поділяються за ідентифікаційними даними, що в них містяться. Пакети управління, що містять інформацію сигналізації, в даному випадку, відокремлюються від пакетів виклику, щоб пакети виклику можна було передавати практично негайно. Поділ здійснюється на підставі, наприклад, ідентифікаційних даних, що містяться в пакеті. Ідентифікаційні дані, наприклад, вказують, з яким з'єднанням передачі даних пов'язаний пакет, і ці дані використовуються, наприклад, для маршрутизації пакета.

Спосіб включає в себе підтримку інформації про швидкість надходження пакетів, тобто проміжку часу, що проходить після прийому пакета виклику до прийому наступного пакету виклику. Швидкість надходження залежить від синхронізації і навантаження вузла передавальної мережі або стану виділення каналів несучої. Пакет вважається прийнятим, коли він готовий до ретрансляції. У швидкості надходження враховується час, необхідний для прийому і будь-якої необхідної обробки пакета. Прикладом обробки пакета може служити перетворення пакету, прийнятого в базовій станції по каналу радіозв'язку, в пакет, який можна пересилати в мережі передачі. Швидкість надходження на базовій станції БС з однієї несучої становить близько 15 мс в системі стандарту TETRA при виділенні всіх тимчасових інтервалів, а якщо, наприклад, виділено два тимчасові інтервали, прийом пакетів виклику циклічно відстежує швидкість надходження, згідно з якою пакети виклику приймаються поперемінно з інтервалами близько 15 мс і близько 45 мс.

Відповідно пакети, що передаються базовою станцією, приймаються на телефонній станції ЦТС TETRA з тією ж швидкістю.

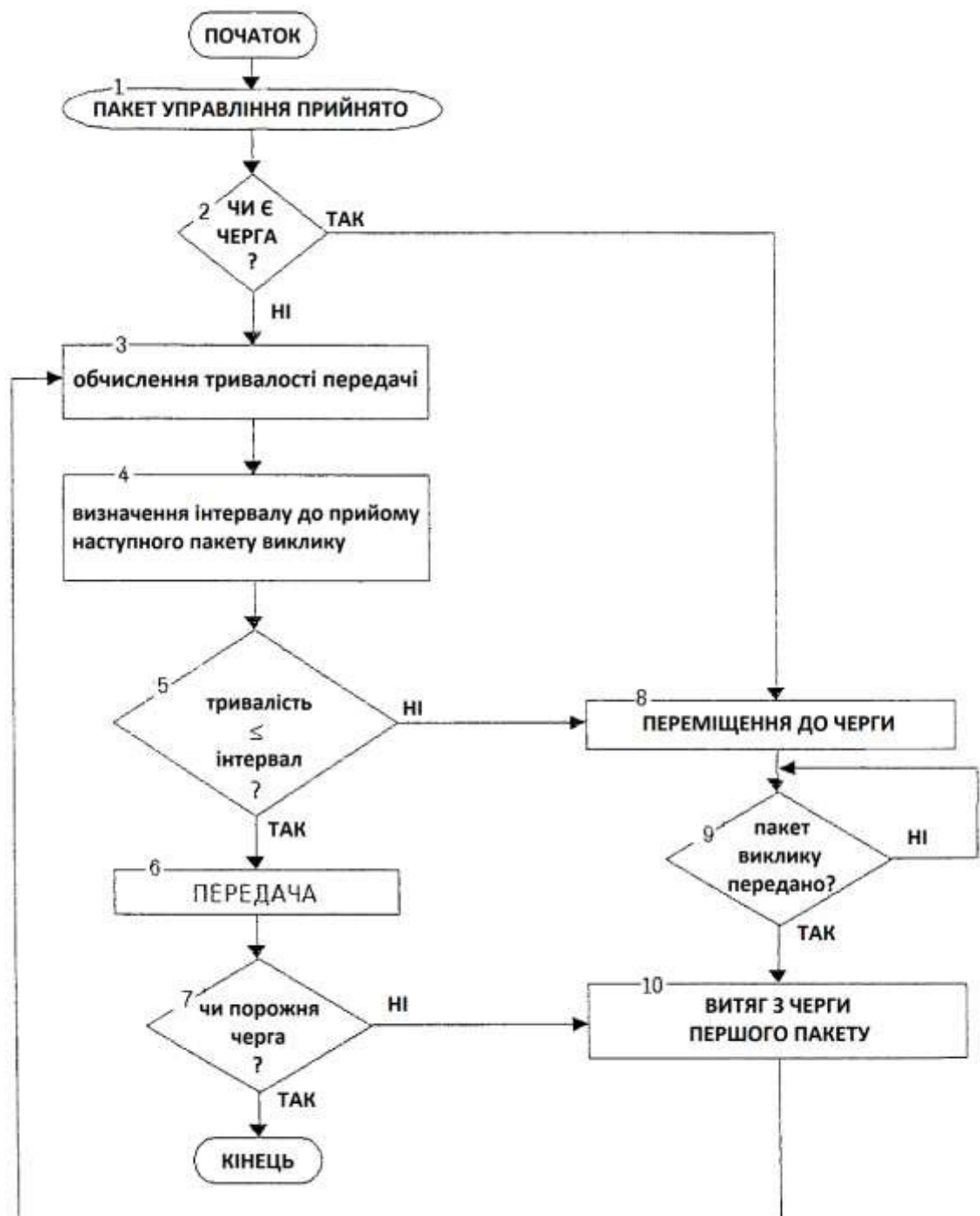


Рисунок 2.2 – Блок-схема алгоритму здійснення розробленого способу

При прийомі (1) пакету управління, здійснюється перевірка (2) наявності пакетів управління в черзі. При відсутності черги, проводиться обчислення (3) тривалості передачі пакету управління. Тривалість можна обчислити, оскільки

розмір пакету і швидкість каналу передачі відомі. Після виконання етапу 3 здійснюється визначення (4) інтервалу до прийому наступного пакету виклику. Інтервал можна визначити, оскільки швидкість надходження пакетів виклику і час, що залишився до прийому наступного пакету виклику, відомі. Коли вищезазначені проміжки часу визначено, проводиться їх порівняння. Якщо на етапі 5 з'ясується, що тривалість передачі менше або дорівнює інтервалу, то проводиться посилка (6) пакету управління. Потім здійснюється перевірка на етапі 7, чи порожня черга пакетів управління. Якщо протягом інтервалу між прийомом і передачею пакету управління (етапи 1-6) був прийнятий новий пакет управління, то черга не порожня. Тоді виробляється витяг (10) пакету, що стоїть в черзі першим, і процедура повертається до етапу 3, тобто до обчислення тривалості передачі пакету управління, витягнутого з черги, після чого процедура діє відповідно до описаної вище. Якщо на етапі 7 черга пакетів управління виявляється порожньою, очікується надходження наступного пакету.

Якщо на етапі 5 з'ясується, що тривалість передачі більше інтервалу до прийому наступного пакету виклику, то пакет управління поміщається (8) в чергу. Таким чином, забезпечується плавна передача пакета виклику. Коли пакет управління поміщений в чергу, процедура чекає (9), поки не буде посланий пакет виклику, після чого робить витяг (10) пакету, який стояв у черзі пакетів управління першим, і потім процедура повертається до етапу 3, на якому здійснюється обчислення тривалості передачі пакету управління. Якщо протягом інтервалу між прийомом пакету управління і витяганням першого пакету з черги (етапи 1, 2, 3, 5, 8, 9 і 10) проводиться прийом інших пакетів управління, то ці пакети також поміщаються в чергу пакетів управління, з якої згідно з першим кращого варіанту здійснення пакети надсилаються в порядку їх надходження. Якщо пакети управління мають різні пріоритети, то вони поміщаються в чергу в порядку пріоритету, але таким чином, щоб пакети управління з однаковими пріоритетами шикувалися в порядку надходження. Крім того, пакети управління з пріоритетами не

обов'язково поміщати в чергу, що знаходиться в буфері, в порядку пріоритету, але пакети можна також отримувати з черги для передачі в порядку пріоритету. Пріоритети гарантують, що більш термінові керуючі повідомлення будуть передані раніше, ніж менш термінові керуючі повідомлення.

Якщо, при прийомі пакету управління на етапі 1, в черзі вже стоять інші пакети управління, або здійснюється посилка пакету виклику або управління, то пакет управління поміщається (8) в чергу. Якщо пакет управління поміщений в чергу через те, що здійснюється посилка іншого пакету управління, він буде вилучений (10) з черги, коли, після передачі попереднього пакету управління, буде проведена перевірка (7), порожня черга. Якщо пакет управління поміщений в чергу через те, що здійснюється посилка пакету виклику, процедура чекає (9), поки не буде посланий пакет виклику, після чого витягує (10) пакет управління для передачі, і потім процедура повертається до етапу 3. Якщо пакет управління поміщений в чергу через те, що в черзі вже є інші пакети управління, він буде вилучений (7) для передачі, коли, після здійснення передачі (6) попереднього пакету управління, буде проведена перевірка (7), порожня чи чергу пакетів управління. Таким чином, спосіб забезпечує, щоб у черзі пакетів управління не залишалося жодного пакету.

## 2.5 Мережевий вузол

Мережевий вузол в даному випадку описаний на прикладі базової станції БС системи стандарту TETRA. Вузол може також являти собою вузол будь-якої іншої мережі, в достатній мірі інтелектуальний, щоб не передавати прийняті ним пакети знову в тому ж напрямку. Не потрібно, щоб вузол, відповідний винаходу, обробляв пакет яким-небудь певним чином, все, що він має робити - це приймати пакети на певній швидкості і пересилати їх. З метою ілюстрації розглядається мережевий вузол, до якого веде входить канал, що характеризується несучим коливанням каналу радіозв'язку, і від якого відходить один вихідний канал.

Єдине обмеження по числу вихідних і вхідних каналів мережевого вузла, відповідного винаходу, полягає в тому, що повинен бути щонайменше один вхідний і один вихідний канал.

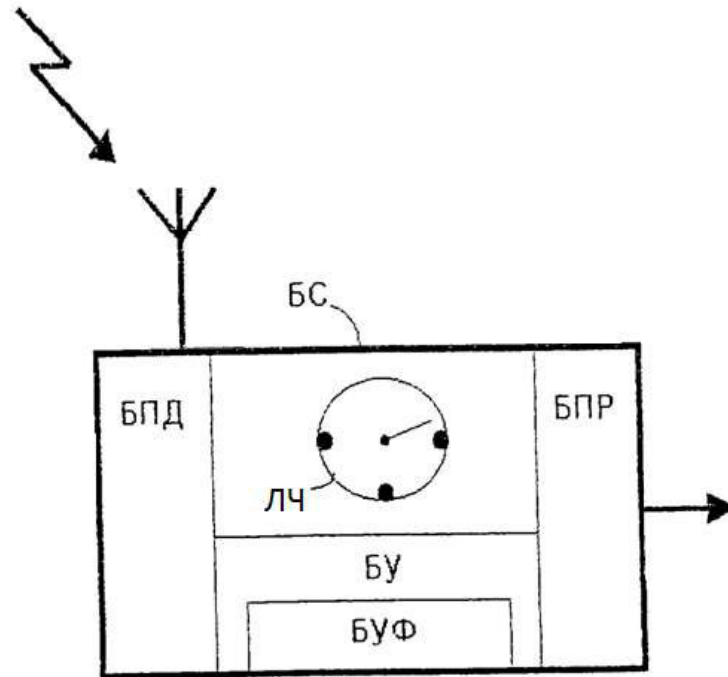


Рисунок 2.3 – Мережевий вузол, відповідний способу

Число каналів ніяк не обмежено зверху, і до використовуваного каналу передачі також не пред'являється ніяких вимог. BS мережевого вузла також містить блок передачі БПД, призначений для передачі пакетів в мережу. Блок передачі БПД може також приймати пакети з мережі. BS мережевого вузла також містить блок прийому БПР, призначений для прийому пакетів з каналу передачі - у даному випадку каналу радіозв'язку - за яким здійснюється передача пакетів на несучій, і для обробки пакетів з метою підготовки їх для передачі по мережевому каналу передачі. Блок прийому БПР може також передавати пакети на несучій. Блок прийому БПР виконаний з можливістю відокремлювати пакети виклику від пакетів управління, які містять інформацію сигналізації між мережевими елементами мережі передачі даних. Він може розділяти пакети на підставі ідентифікаційних даних, що містяться в пакеті, або на підставі іншої інформації, наприклад, яка вказує, що сигналізація передається на несучій протягом певних періодів. Блок прийому

мережевого вузла, відповідного винаходу, може також приймати пакети від інших мережевих вузлів або з інших мереж, і не зобов'язаний обробляти пакети.

Мережевий вузол містить лічильник часу ЛЧ, який визначає, скільки часу залишається до прийому наступного пакету виклику. Цей час іменується інтервалом. Щоб визначити інтервал, лічильник повинен знати швидкість надходження пакетів, яка переважно зберігається у лічильнику часу ЛЧ. Інформація по швидкості надходження може також зберігатися іншим чином і в іншому місці, наприклад, в пам'яті БС мережевого вузла. Терміни "швидкість надходження" та "приймається пакет" були описані вище у зв'язку з рисунком 2.2. Лічильник часу ЛЧ відстежує швидкість надходження переважно циклічно, завдяки чому можна враховувати будь-які зміни в стані виділення або навантаження у вхідному каналі. Швидкість надходження також може бути постійною. Наприклад, в системах, які використовують засіб МДЧР, довжину циклу переважно встановлюють рівною тривалості кадру, щоб швидкість надходження пакетів, щонайменше в базовій станції, відстежувала стан виділення часових каналів. Наприклад, в системі стандарту TETRA для кожного пакета в каналі радіозв'язку виділяється близько 15 мс, тому, коли виділено всі тимчасові сегменти маршруту радіозв'язку, швидкість надходження пакетів в базовій станції становить близько 15 мс. Якщо корисне навантаження пакетів в каналі радіозв'язку становить 274 біт і 432 біт, та ідентифікаційні дані, необхідні в мережі передачі, можуть бути представлені, наприклад, 56 бітами, розміри пакетів рівні 330 біт і 488 біт. Якщо розмір пакету становить 488 біт, передача одиничного пакету виклику по каналу передачі, що характеризується швидкістю 64 кбіт/с, займає близько 7,6 мс, і тому для посилки пакетів управління до прийому наступного пакету виклику залишається близько 7,4 мс. Якщо виділення тимчасового сегмента скасовується, швидкість надходження змінюється відповідно до зображеного на фіг.4, тобто довжина одного інтервалу становить близько 30 мс, а інших –



близько 15 мс. Таким чином, залишається більше часу для передачі пакетів управління в одній точці циклу.

Інформація про швидкість надходження може використовуватися, наприклад, у способі МДКР, так що цикл тривалості кадру складався з періоду, протягом якого надходить потік послідовних пакетів виклику, а залишок циклу можна використовувати для передачі пакетів управління. Тривалість потоку пакетів виклику залежить від стану виділення каналів в каналі радіозв'язку.

Мережевий вузол також містить блок управління БУ, який керує ресурсами мережевого вузла. Блок управління БУ може також забезпечувати конфігурацію мережного вузла і функціонувати в якості інтерфейсу між мережним вузлом і системою мережевого управління. Блок управління БУ містить буфер БУФ, призначений для буферизації пакетів управління, які мають бути надіслані. Буфер БУФ може також знаходитися в інших блоках мережевого вузла, а також може представляти собою окремий блок. Блок управління БУ управляє передачею пакетів за допомогою блоку передачі БПД, щоб передавати пакети управління тільки тоді, коли їх можна передати повністю до прийому наступного пакету виклику. Тому блок управління БУ обчислює тривалість передачі пакету управління, який повинен бути переданий наступним, перевіряє інтервал до прийому наступного пакету виклику, отриманий від лічильника часу, що знаходиться в мережевому вузлі, і порівнює ці проміжки часу. Якщо пакет управління може бути переданий без уповільнення передачі пакету виклику, тобто інтервал більше тривалості, то блок управління БУ направляє запит до блоку передачі БПД про передачу пакету управління. У протилежному випадку блок управління БУ поміщає пакет управління в буфер БУФ для очікування прийому і передачі наступного пакету виклику. Після передачі пакету виклику блок управління БУ може отримати пакет управління з черги і забезпечити передачу пакету управління блоком передачі БПД, якщо для його посилки до прийому наступного пакету виклику залишається достатньо часу. Блок управління БУ може витягувати пакети управління з черги в порядку їх надходження або пріоритету, або ж шукати

перший пакет, для передачі якого є достатньо часу до передачі наступного пакету виклику. Блок управління БУ може також подавати пакети управління в чергу на передачу, що знаходиться в буфері, відповідно до пріоритетів пакетів. Пріоритети гарантують, що важливі пакунки управління посилаються максимально швидко.

Блок управління БУ мережевого вузла, відповідного винаходу, може також виступати в ролі інтерфейсу між мережним вузлом БС і системою управління мережею. Блок управління БУ може замінити швидкість надходження новою швидкістю надходження, отриманою із системи управління мережею. Переважно, щоб швидкість надходження завжди була оновлена при зміні стану виділення у вхідному каналі, наприклад, при виділенні або звільненні тимчасового інтервалу в каналі радіозв'язку. Це гарантує, що мережевий вузол без необхідності не уповільнює передачу пакету управління, чекаючи пакет певного часового сегменту, коли такий пакет відсутній. Мережевий вузол може сам керувати виділенням і синхронізацією у вхідному каналі, при цьому блок управління БУ мережного вузла забезпечує, щоб кожного разу при зміні стану виділення здійснювалося оновлення швидкості надходження. Управління станом виділення у вхідних каналах мережного вузла може здійснюватися і в інших мережевих елементах, наприклад, в контролері базової станції. У цьому випадку звідти ж надходить інформація про нову швидкості надходження.

Пакети управління, які генеруються мережевим вузлом, відповідним винаходу, обробляються так само, як і прийняті пакети управління, тобто їх передача здійснюється тільки тоді, коли є достатньо часу, щоб послати їх до прийому наступного пакету виклику.

Що стосується функцій блоку управління БУ, мережевий вузол може також мати різні засоби, наприклад засіб обробки, призначене для збереження інформації за швидкістю надходження й у приміщення пакетів управління в буфер. Зазначені функції можуть різним чином розподілятися між різними

елементами мережевого вузла, наприклад, блок управління БУ може розділяти пакети на пакети управління і пакети виклику.

## 2.6 Оцінка затримки при передачі даних в мережах з комутацією пакетів

Розрахунок взято з книги: В.Г. Оліфер, Н.А. Оліфер. «Комп'ютерні мережі: Принципи, технології, протоколи.» 4-е видання. 2010 рік.

Нехай тестове повідомлення, яке потрібно передати, має об'єм 200 Кбайт. Відправник знаходиться від одержувача на відстані 5000 км. Пропускна спроможність ліній зв'язку складає 2 Мбіт/с.

Час передачі даних по мережі з комутацією каналів складається з часу поширення сигналу, яке для відстані 5000 км можна оцінити приблизно в 25 мс (приймаючи швидкість поширення сигналу рівної  $2/3$  швидкості світла), і часу передачі повідомлення, яке при пропускній здатності 2 Мбіт/с і довжині повідомлення 200 Кбайт дорівнює приблизно 800 мс. Таким чином, передача даних оцінюється в 825 мс.

Однак через затримки в проміжних вузлах загальний час передачі даних збільшиться. Далі проведена оцінка, на скільки зросте цей час. Припустимо, що шлях від відправника до одержувача пролягає через 10 комутаторів. Нехай вихідне повідомлення розбивається на пакети в 1 Кбайт, всього 200 пакетів. Спочатку оцінюється затримка, яка виникає у вихідному вузлі. Частка службової інформації, розміщеної в заголовках пакетів, по відношенню до загального обсягу повідомлення складає 10%. Отже, додаткова затримка, пов'язана з передачею заголовків пакетів, складає 10% від часу передачі цілого повідомлення, тобто 80 мс. Якщо прийняти інтервал між відправленням пакетів рівним 1 мс, то додаткові втрати за рахунок інтервалів складуть 200 мс. Таким чином, у вихідному вузлі через пакетування повідомлення при передачі виникла додаткова затримка в 280 мс.

Кожен з 10 комутаторів вносить затримку комутації. У даному прикладі передбачається, що на комутацію в середньому витрачається 20 мс. Крім того,

при проходженні повідомлень через комутатор виникає затримка буферизації пакета. Ця затримка при величині пакета 1 Кбайт і пропускної здатності лінії 2 Мбіт/с дорівнює 4 мс. Загальна затримка, внесена 10 комутаторами, складає приблизно 240 мс. В результаті додаткова затримка, створена мережею з комутацією пакетів, склала 520 мс. Враховуючи, що вся передача даних у мережі з комутацією каналів зайняла 825 мс, цю додаткову затримку можна вважати істотною.

Загальна затримка:

$$T_{\text{заг}} = T_1 + T_2, \quad (2.1)$$

$$T_{\text{заг}} = 825 + 520 = 1345 \text{ (мс)}.$$

Як було сказано вище, затримка комутації в даному випадку 200мс.

$$T_2 = T_{\text{заг}} - T_{\text{к}}, \quad (2.2)$$

$$T_2 = 1345 - 200 = 1145 \text{ (мс)}.$$

Разом, можемо отримати зменшення загальної затримки до 15% за рахунок мінімізації затримки комутації.

Наведений розрахунок носить приблизний характер, тому що затримка комутації може складати від часток до тисяч мілісекунд.

Час комутації складається з часу очікування пакета в черзі і часу переміщення пакета у вихідний порт. Якщо час переміщення пакета фіксований і, як правило, невелика (від декількох мікросекунд до декількох десятків мікросекунд), то час очікування пакета в черзі коливається в дуже широких межах і заздалегідь невідомо, тому що залежить від поточної завантаження мережі.

## 2.7 Висновки

В результаті виконання проекту було розроблено новий спосіб обробки пакетів. В основі способу лежить ідея, яка полягає в тому, що перед тим, як передати пакет управління потрібно перевірити, чи достатньо часу для того, щоб послати пакет до прийому наступного пакету виклику. Прийнятий пакет

виклику можна, таким чином, пересилати негайно після того, як він був прийнятий.

Перевага способу і мережевого вузла, полягає в тому, що один і той же канал передачі можна використовувати для передачі як пакетів виклику, так і пакетів управління, при цьому якість передачі мовного сигналу в режимі реального часу не погіршується, оскільки пакети виклику завжди отримують доступ до каналу передачі без затримки. Таким чином, ресурси передачі використовуються ефективно, і внутрішня сигналізація системи не вносить в передачу виклику ніякої додаткової затримки змінної довжини. Згідно способу передача пакетів управління здійснюється в порядку пріоритету. Перевага полягає в тому, що важливі пакети управління можуть бути доставлені максимально швидко.

Встановлено, що оцінка приросту продуктивності при застосуванні запропонованого способу дає зниження загальної затримки на 15% у порівнянні з існуючими способами за рахунок мінімізації затримки комутації.

### РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

В даному розділі проводяться економічні розрахунки витрат на модернізацію мережевого вузла(базової станції, що відповідає стандарту TETRA), з ціллю підвищення пропускної спроможності у мережі. Таким чином з'явиться можливість обслуговувати більшу кількість абонентів, що дозволить отримувати більший прибуток.

#### 3.1 Розрахунок капітальних витрат на проектування і будівництво мережі

Капітальні затрати – це кошти, призначенні для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації. В даному випадку до них відносяться: витрати на придбання обладнання, його транспортування і монтаж. Розрахунок капітальних витрат представлений у вигляді таблиці.

Таблиця 3.1 Розрахунок вартості обладнання

№	Найменування апарату	Марка	Кількість	Сума вартості товару (грн.)	Монтаж обладнання (грн.)
1.	Базова станція	Motorola CTS300	1	627 900	3000
2.	Додатковий засіб пам`яті		1	5000	1000
3.	Лічильник часу		1	2000	1000
4.	Обчислювальний засіб		1	6500	1000
5.	Засіб для порівнювання		1	2000	1000
6.	Контролер порядку передачі		1	8000	1000
Разом				651 400	8000
				659 400	

### 3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат

До річних експлуатаційних витрат відносимо:

- амортизаційні відрахування;
- витрати на оплату праці;
- єдиний соціальний внесок;
- витрати на обслуговування та ремонт;
- інші витрати.

Амортизаційні відчислення складають 60% за рік від суми капітальних витрат:

$$C_a = K \times 0,60, \quad (3.1)$$

$$C_a = 659\,400 \times 0,60 = 395\,640 \text{ (грн.)}$$

Для визначення фонду оплати праці виробничого персоналу визначаємо його чисельність по відділах, посадовий оклад, встановлений для кожного працівника.

Розрахунок заробітної плати: (таблиця 3.2)

Таблиця 3.2 - Заробітна плата персоналу

Посада	Кількість	Заробітна плата за місяць на одиницю, грн.	Заробітна плата за рік ,грн.	Сума фонду оплати праці за рік, грн.
Оператор	2	5600	67200	134400
Разом				134400

Визначення соціального відрахування:

Соціальне відрахування становить 37 % від річного фонду оплати праці:

$$C_c = C_z \times 0,37, \quad (3.2)$$

де  $C_c$  – Відрахування на соціальні заходи від заробітної плати;

$C_z$  – Заробітна плата обслуговуючого персоналу;

$$C_c = 134400 \times 0,37 = 49728 \text{ (грн.)}$$

Оплата праці з відрахуванням:

$$\text{Оп.} = C_z + C_c, \quad (3.3)$$

де  $O_n$  – Оплата праці з відрахуванням.

$$\text{Оп.} = 134400 + 49728 = 184128 \text{ (грн.)}$$

Витрати з оплати електроенергії для виробничих потреб не розраховується, тому що не використовується споживання електромережею для встановлення обладнання.

Розрахуємо витрати на обслуговування та ремонт обладнання:

Витрати на ремонт та обслуговування обладнання становить 2% від його вартості:

$$\text{Витр} = 659\,400 \times 0,02 = 13\,188 \text{ (грн.)} \quad (3.4)$$

Інші витрати:

Інші витрати по експлуатації об'єкта визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{пр.} = C_z \times 0,04 = 134400 \times 0,04 = 5376 \text{ (грн.)} \quad (3.5)$$

Таблиця 3.3 - Загальні витрати на організацію проекту

Найменування витрат	Сума, грн.
Капітальні витрати	659 400
Експлуатаційні витрати	
Амортизація	395 640
Фонд оплати праці	134 400
Єдиний соціальний внесок	49 728
Витрати на ремонт і обслуговування	13 188
Інші витрати	5 376
Усього	1 074 840



### 3.3 Розрахунок доходу від основної діяльності

Розрахунок доходу:

При підключенні 2875 абонентів на тарифний план у розмірі 65 гривень на місяць та разовою платою за підключення 25 грн., дохід від основної діяльності буде складати:

Разовий дохід під час підключення абонентів:

$$\text{Дод.п} = \text{Аб.} \times \text{Абон.пл.}, \quad (3.6)$$

де Дод.п – дохід від основної діяльності при підключенні;

Аб. – кількість абонентів;

Абон.пл. – абонентська плата.

$$\text{Дод.п.} = 2875 \times 25 = 71\,875 \text{ (грн.)}$$

Дохід від плати за тарифним планом в місяць:

$$\text{Дод.} = \text{Аб.} \times \text{абон.плата}, \quad (3.7)$$

$$\text{Дод.} = 2875 \times 65 = 186\,875 \text{ (грн.)}$$

За перший рік дохід складатиме:

$$\text{Дод.р} = \text{Пр.м.} \times 12 \text{місяців} + \text{Дод.п.}, \quad (3.8)$$

$$\text{Дод.р} = 186\,875 \times 12 + 71\,875 = 2\,314\,375 \text{ (грн.)}$$

За наступні роки дохід становитиме :

$$\text{Дод.р} = \text{Пр.м.} \times 12 \text{місяців}, \quad (3.9)$$

$$\text{Дод.р} = 186\,875 \times 12 = 2\,242\,500 \text{ (грн.)}$$

Розрахуємо прибуток за 1 рік, який включає в себе плату за підключення та абонентську плату.

$$\text{Приб}_1 = 2\,314\,375 - 1\,074\,840 = 1\,239\,535 \text{ (грн.)} \quad (3.10)$$

За другий рік:

$$\text{Ca}_2 = (659\,400 - 395\,640) * 0.6 = 158\,256 \text{ (грн.)}$$

$$Ев2 = 158\ 256 + 679\ 200 = 837\ 456 \text{ (грн.)}$$

За третій рік:

$$Са3 = (659\ 400 - 395\ 640 - 158\ 256) * 0,6 = 63\ 302,4 \text{ (грн.)}$$

$$Ев3 = 63\ 302,4 + 679\ 200 = 742\ 502,4 \text{ (грн.)}$$

Розрахуємо прибуток на наступні два роки, який включає в себе лише абонентську плату та амортизаційні відрахування за другий рік будуть становити  $Са2 = 158\ 256$  грн., а експлуатаційні витрати  $Ев2 = 837\ 456$  грн., а на наступний рік вони складатимуть  $Са3 = 63\ 302,4$  грн., і  $Ев3 = 742\ 502,4$  грн. відповідно.

$$\text{Приб}_2 = \text{Дод.р} - Ев, \quad (3.11)$$

$$\text{Приб}_2 = 2\ 242\ 500 - 837\ 456 = 1\ 405\ 044 \text{ (грн.)}$$

$$\text{Приб}_3 = \text{Дод.р} - Ев, \quad (3.12)$$

$$\text{Приб}_3 = 2\ 242\ 500 - 742\ 502,4 = 1\ 499\ 997,6 \text{ (грн.)}$$

### 3.4 Розрахунок економічної ефективності капітальних вкладень

Коефіцієнт ефективності, виражений відносною величиною якісний показник, що характеризує досягнутий рівень економічної ефективності. Коефіцієнт ефективності представляє відношення отриманого економічного результату (наприклад, суми прибутку або суми економії від зниження собівартості продукції) до виробничих затрат. Рентабельність може характеризувати економічну ефективність в цілому, економічну ефективність капітальних вкладень та впровадження нової техніки та ін.

$$Ер = Э/К, \quad (3.13)$$

де  $Э$  – загальний річний прибуток від впровадження об'єкта проектування, грн.;

$К$  – капітальні витрати.

$$Э = \text{Приб}_1 = 1\ 239\ 535 \text{ (грн.)}$$

$$E_p = 1\,239\,535 / 659\,400 = 1,88.$$

Таким чином коефіцієнт прибутковості капітальних затрат  $E_p$  показує, що 1 гривня капітальних затрат приносить 1,108 гривень додаткового прибутку.

$$T_p = K/\Delta, \quad (3.14)$$

$$T_p = 659\,400 / 1\,239\,535 = 0,53 \text{ (років)}.$$

### 3.5 Висновок

Аналіз отриманих результатів показав, що капітальні витрати на покупку базової станції і її модернізацію складають 659 400 грн., експлуатаційні витрати – 1 074 840 грн., прибуток становить 1 239 535 грн. на рік і разовий дохід при підключенні абонентів складає 71 875 грн.

Економічна ефективність складає 1,88. Термін окупності становить 0,53 роки.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи було розроблено новий спосіб обробки пакетів. В основі способу лежить ідея, яка полягає в тому, що перед тим, як передати пакет управління потрібно перевірити, чи достатньо часу для того, щоб послати пакет до прийому наступного пакету виклику.

Прийнятий пакет виклику можна, таким чином, пересилати негайно після того, як він був прийнятий.

Встановлено, що оцінка приросту продуктивності при застосуванні запропонованого способу дає зниження загальної затримки на 15% у порівнянні з існуючими способами за рахунок мінімізації затримки комутації.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 В.Г. Оліфер, Н.А. Оліфер. «Комп'ютерні мережі: Принципи, технології, протоколи.» 4-е видання. 2010 рік.
- 2 І. Шахновіч "Широкосмуговий зв'язок" - "ЕЛЕКТРОНІКА: Наука, Технологія, Бізнес № 4", 2001
- 3 Д. М. Сазонов "Антени та пристрої НВЧ" - Москва: "Вища школа", 1988
- 4 Taeyoung Yang, Seong-Youp Suh "COMPACT ANTENNAS FOR UWB APPLICATIONS" - Virginia Tech Antenna Group, Bradley Dept. of Elec. & Comp. Engineering Virginia Tech, Blacksburg, 2004
- 5 Johnna Powell ANTENNA DESIGN FOR ULTRA WIDEBAND RADIO / / New Mexico State University - 2004
- 6 "Використання широкосмугових сигналів для персональних бездротових комп'ютерних мереж"-<http://www.imc.org.ua>
- 7 Національна електронна бібліотека (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://www.hindawi.com/journals/asp/2008/185248.html>. - Загол. з екрана.
- 8 Засецкий А.В. и др. Контроль качества в телекоммуникациях и связи. Часть 2. – М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 2001.
- 9 Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.- 1104 с.
- 10 Національна електронна бібліотека (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://www.cdg.org>. - Загол. з екрана.
- 11 Боккер П. Передача данных. Т.2.- М.: Связь.- 2000-81
- 12 Національна електронна бібліотека (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: <http://www.masters.donntu.edu.ua/2008/kita/kolosov/library/art1.htm>. - Загол. з екрана.

13 Стекольников Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практические применения. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

14 Lucky R. W., Salz J. and Weldon E. J. Principles of Data Communications. Mc-Graw Hill Book Co., New York. 2005.

15 Wozencraft J. M. and Jacobs I. M. Principles of Communication Engineering. John Wiley & Sons, Inc.. New York. 2001.

16 Тамаркиной В.М. Транкинговые системы радиосвязи, Москва, 2004.

17 Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Эко-Трендз, 2000.

18 Бакланов И.Г. Технологии измерений в современных телекоммуникациях. – М.: Изд. «Эко-Трендз», 2001. – 268с.

19 Bildstein P. Les filtres actifs, Editions Radio, 2005.

## ДОДАТОК А. Відомість матеріалів дипломної роботи

<b>№</b>	<b>Формат</b>	<b>Найменування</b>	<b>Кількість листів</b>	<b>Примітка</b>
1	A4	Реферат	3	
2	A4	Список умовних скорочень	1	
3	A4	Зміст	2	
4	A4	Вступ	2	
5	A4	1 Розділ	18	
6	A4	2 Розділ	17	
7	A4	3 Розділ	6	
8	A4	Висновки	1	
9	A4	Список літератури	2	
10	A4	Додаток А	1	
11	A4	Додаток Б	1	
12	A4	Додаток В	1	
13	A4	Додаток Г	1	

## ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії

- 1 Титульна сторінка.doc
  - 2 Завдання.doc
  - 3 Реферат.doc
  - 4 Список умовних скорочень.doc
  - 5 Зміст.doc
  - 6 Вступ.doc
  - 7 Розділ 1.doc
  - 8 Розділ 2.doc
  - 9 Розділ 3.doc
  - 10 Висновки.doc
  - 11 Перелік посилань.doc
  - 12 Додаток А.doc
  - 13 Додаток Б.doc
  - 14 Додаток В.doc
  - 15 Додаток Г.doc
- Презентація.pptx



## ДОДАТОК В. Відгуки керівників розділів

Відгук керівника економічного розділу:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Керівник розділу

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

## ДОДАТОК Г. ВІДГУК

на дипломну роботу бакалавра на тему:

Спосіб підвищення продуктивності передачі даних в мережі транкового зв'язку

TETRA

студента групи 172-16зск-1

Грабовчака Дениса Михайловича

Пояснювальна записка складається з титульного аркуша, завдання, реферату, списку умовних скорочень, змісту, вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань та додатків, розташованих на \_\_ сторінках та містить \_\_ рисунків, \_\_ таблиць, \_\_ джерел та \_\_ додатка.

Об'єкт розробки: мережі з комутацією пакетів.

Мета роботи: зниження максимальної затримки пакетів виклику і розкид по часу передачі.

В технічному завданні визначені підстави та призначення розробки, вимоги до результатів виконання роботи, вихідні показники, стадії і етапи розробки.

В спеціальній частині був розроблений спосіб обробки пакетів, який дозволяє мінімізувати затримки очікування при передачі пакетів виклику; приведена приблизна оцінка приросту продуктивності при застосуванні способу; було описано мережевий вузол, що реалізує спосіб; обґрунтовано економічну доцільність проекту.

Зміст та структура дипломної роботи дозволяють розкрити поставлену тему повністю.

Студент показав достатній рівень володіння теоретичними положеннями з обраної теми, показав здатність формувати власну точку зору (теоретичну позицію).

Робота оформлена та написана грамотною мовою. Містить необхідний ілюстрований матеріал. Автор добре знає проблему, уміє формулювати наукові та практичні завдання і знаходить адекватні засоби для їх вирішення.

В цілому дипломна робота задовольняє усім вимогам і може бути допущена до захисту, а його автор заслуговує на оцінку «\_\_\_\_\_».

Керівник дипломної роботи,  
ст. викл.

Мешков В.І.