

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем  
Кафедра телекомунікаційних систем та телебачення

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Методи та засоби підвищення продуктивності та захищеності  
цифрових систем передачі»**

Виконав: студент 2-го курсу,  
групи ТКС-20м  
спеціальності 172 – Телекомунікації та  
радіотехніка  
\_\_\_\_\_ Рубановський В.А.

Керівник: д.т.н., проф. каф. ТКСТБ  
\_\_\_\_\_ Кичак В.М.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Опонент: д.т.н., професор каф. РТ  
\_\_\_\_\_ Осадчук В.С.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ТКСТБ  
\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Кичак В.М.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Вінниця ВНТУ - 2021 рік

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем  
Кафедра телекомунікаційних систем та телебачення  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань - 17– Електроніка та телекомунікації  
(шифр і назва)  
Спеціальність - 172 – Телекомунікації та радіотехніка  
(шифр і назва)  
Освітньо-професійна програма - Телекомунікаційні системи та мережі

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри ТКСТБ**  
**д.т.н., професор В.М. Кичак**  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

## **З А В Д А Н Н Я** **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Рубановському Владиславу Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи та засоби підвищення продуктивності та захищеності цифрових систем передачі

керівник роботи Кичак Василь Мартинович, докт. техн. наук, професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “24” 09 2021 року № 277

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи діапазон зміни завантаженості ТКС - 0,3-0,7; діапазон зміни ступеню агрегування даних 0,7-0,9; розмір інформаційного пакету даних – 64 кБайт; розмір програмного пакету даних – 128 кБайт; підвищення продуктивності цифрової системи передачі – 21-35%; зменшення завантаженості контролера СКМ – 12-29%; тривалість передавання даних між інтелектуальними вузлами мережі – 15-50 мс; середня затримка завантаження даних в SCN-контролер СКМ – 114,3 мс; зменшення середньої затримки завантаження даних в SCN-контролер СКМ у порівнянні із телекомунікаційною системою підвищеної захищеності DTN – 26 %; імовірність перетворення даних при обслуговуванні в інтелектуальному вузлі ТКС – 0,3; відношення максимальної кількості збережених даних в інтелектуальному вузлі до загальної кількості вхідних даних – 0,6; діапазон зміни кількості переданих інформаційних пакетів в мережу -  $2 \times 10^6$ - $8 \times 10^6$ ; діапазон зміни кількості отриманих інформаційних пакетів SCN-контролером ТКС -  $1 \times 10^5$ - $6 \times 10^5$ .

4. Зміст текстової частини: аналіз факторів лавиноподібного зростання трафіку у сучасних інфокомунікаційних мережах; модель інформаційної взаємодії об'єктів і структуризації інформаційно-керованої мережі в сучасному інфокомунікаційному середовищі; особливості формування та керування трафіком в ІВС; дослідження моделей трафіку на базі інформаційно-керованих мереж.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) структура сегменту мобільної мережі на основі технології перенесення ємності; схема транспортування потоків у мобільній мережі з передачею ємності; схема

організації шлюзу між дуплексною мережею передачі даних та мережею мовлення цифрового ТБ; архітектура абонентського сегменту мультисервісної телекомунікаційної мережі; структурна схема інформаційно-керованої ТКС; структурна схема інформаційно-вимірювальної системи в ІКМ; комплекс засобів зв'язку в зоні НС із використанням СКМ.

#### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Кичак В.М., професор кафедри ТКСТБ		

#### 7. Дата видачі завдання 01 вересня 2021 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка технічного завдання	10.09.2021р.	
2.	Аналіз факторів лавиноподібного зростання трафіку у сучасних інфокомунікаційних мережах	17.09.2021р.	
3.	Модель інформаційної взаємодії об'єктів і структуризації інформаційно-керованої мережі в сучасному інфокомунікаційному середовищі	01.10.2021р.	
4.	Особливості формування та керування трафіком в ІВС	29.10.2021р.	
5.	Дослідження моделей трафіку на базі інформаційно-керованих мереж	19.11.2021р.	
6.	Аналіз економічної ефективності розробки	30.11.2021р.	
7.	• Охорона праці та безпека життєдіяльності	06.12.2021р.	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	13.12.2021р.	
9.	Нормоконтроль МКР	14.12.2021р.	
10.	Попередній захист МКР, опонування МКР	17.12.2021р.	
11.	Захист МКР ЕК	20.12.2021р.	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рубановський В.А.

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

Кичак В.М.

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.391

Рубановський В. А. Методи та засоби підвищення продуктивності та захищеності цифрових систем передачі – магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка, освітня програма – Телекомунікаційні системи та мережі – Вінниця: ВНТУ 2021 р. 152 - стор., 37 – рис., 23 – табл., 41 – бібл. – українською мовою.

Розроблено математичну модель ІВС, що забезпечує підвищену швидкість передачі інформації та обґрунтовано можливість досягнення оптимального значення трафіку в ІВС.

Запропоновано модифікацію ІКМ – сенсорну керовану мережу (СКМ) та розроблено її математичну модель. Доведено можливість використання ІКМ для вирішення завдань зменшення негативного впливу лавиноподібного трафіку на якість масових послуг. Розроблено метод відбору структур у конвергентній ІКМ.

Показано ефективність використання ІВС та СКМ для надання ІК послуг та індивідуалізованого керування порятунком людей у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: інформаційно-керована мережа, сенсорна керована мережа, інформаційно-вимірвальна система, інфокомунікаційна послуга, лавиноподібний трафік, конвергентна телекомунікаційна система, надзвичайна ситуація, продуктивність інтелектуального вузла, захищеність системи передачі, швидкість передачі інформації, математична модель.

## ANNOTATION

UDC 621.391

Rubanovsky V. A. Methods and means of increasing the productivity and security of digital transmission systems - master's thesis in specialty 172 - Telecommunications and radio engineering, educational program - Telecommunications systems and networks - Vinnytsia: VNTU 2021 152 - p., 37 - fig. , 23 - tabl., 41 - bibl. - in Ukrainian.

A mathematical model of IMS has been developed, which provides increased speed of information transfer and the possibility of achieving the optimal value of traffic in IBC has been substantiated.

A modification of ICN - sensor controlled network (SCN) is proposed and its mathematical model is developed. The possibility of using ICN to solve the problem of reducing the negative impact of avalanche traffic on the quality of public services has been proved. A method for selecting structures in convergent ICN has been developed.

The effectiveness of using IVS and SCN to provide IC services and individualized rescue management in case of emergencies is shown.

Keywords: information-controlled network, sensor-controlled network, information-measuring system, infocommunication service, avalanche-like traffic, convergent telecommunication system, emergency, intelligent node performance, transmission system security, information transfer rate, mathematical model.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ЛАВИНОПОДІБНОГО ЗРОСТАННЯ ТРАФІКУ У СУЧАСНИХ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ .....	12
1.1 Еволюційні процеси в сучасному інфокомунікаційному середовищі.....	12
1.2 Сучасні вимоги до архітектури телекомунікаційної мережі .....	22
1.3 Перспективні Інтернет-архітектури .....	24
1.3.1 Недоліки та проблеми Інтернету .....	25
1.3.2 Технології майбутнього Інтернету .....	27
1.3.2.1 Інформаційно-орієнтована мережа (ICN).....	28
1.3.2.2 Програмно-конфігурована мережа (SDN) .....	29
1.3.2.3 Віртуалізація мережевих функцій (NFV) .....	32
1.4 Еволюція архітектури мобільних мереж .....	34
1.4.1 Віртуалізація мережевих функцій (NF) .....	36
1.4.2 Сегментація мережі (Network Slicing).....	38
1.4.3 Керування програмно-конфігурованою мобільною мережею .....	40
1.5 Цифрове мовлення .....	42
1.6 Особливості забезпечення якості послуг в інфокомунікаційному середовищі .....	45
1.7 Відмінні риси технологічних концепцій, що зменшують вплив лавиноподібного зростання трафіку.....	51
1.8 Висновки до розділу 1 .....	52
2 МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ОБ'ЄКТІВ І СТРУКТУРИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРОВАНОЇ МЕРЕЖІ В СУЧАСНОМУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ .....	54
2.1 Типові варіанти використання інформаційно-керованої мережі для вирішення ряду інформаційних та управлінських завдань .....	55

2.2 Технічні рішення, що використовуються при побудові зворотних каналів ІВС.....	57
2.2.1 Вимоги до інформаційно-управлінських мереж.....	57
2.2.2 Механізм універсальної послуги в Україні.....	60
2.2.3 Стільникова мережа на основі технології перенесення ємності.....	61
2.2.4 Конвергенція симплексних мереж цифрового мовлення та дуплексних каналів передачі даних.....	65
2.3 Висновки до розділу 2.....	68
3 ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА КЕРУВАННЯ ТРАФІКОМ В ІВС.....	70
3.1 Основні характеристики трафіку. Прогнозування показників.....	71
3.2 Принципові відмінності ІКМ від існуючих мереж.....	76
3.3 Результати оцінювання параметрів типового інформаційного процесу.....	79
3.4 Висновки до розділу 3.....	83
4 ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ТРАФІКУ НА БАЗІ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРОВАНИХ МЕРЕЖ.....	85
4.1 Модель надання інфокомунікаційних послуг на базі цифрового ТВ-мовлення.....	86
4.1.1 Топологія інформаційно-управлінської мережі надання інфокомунікаційних послуг.....	86
4.1.2 Процес формування трафіку.....	89
4.2 Трафік у системі індивідуалізованого керування порядком людей у разі виникнення надзвичайних ситуацій.....	90
4.2.1 Сенсорні управлінські мережі.....	92
4.2.2 Основні операції для програм СКМ.....	94
4.2.3 Централізована конфігурація для програм СКМ.....	96
4.2.4 Модель потоку даних вузла централізованої конфігурації СКМ.....	97
4.3 Висновки до розділу 4.....	100
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	102
5.1 Оцінювання наукового ефекту.....	102
5.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи.....	105



	4
5.2.1 Витрати на оплату праці.....	106
5.2.2 Відрахування на соціальні заходи .....	108
5.2.3 Сировина та матеріали.....	109
5.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі.....	110
5.2.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт .....	111
5.2.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт .....	112
5.2.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень .....	113
5.2.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей .....	114
5.2.9 Службові відрядження.....	115
5.2.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації.....	115
5.2.11 Інші витрати.....	116
5.2.12 Накладні (загальновиробничі) витрати.....	116
5.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи .....	118
5.4 Висновки до розділу 5 .....	119
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	120
6.1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт .....	120
6.1.1 Вимоги безпеки під час роботи з екранними пристроями (ПК) .....	120
6.1.2 Електробезпека.....	121
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	123
6.2.1 Мікроклімат .....	123
6.2.2 Склад повітря робочої зони.....	124
6.2.3 Виробниче освітлення.....	124
6.2.4 Виробничий шум.....	125
6.2.5 Електромагнітні випромінювання.....	127
6.2.6 Психофізіологічні фактори .....	129
6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи цифрових систем передачі в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій .....	132

6.3.1 Дослідження безпеки роботи цифрових систем передачі в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	134
6.3.2 Дослідження безпеки роботи цифрових систем передачі в умовах дії електромагнітного імпульсу .....	135
6.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпечної роботи цифрових систем передачі в умовах надзвичайних ситуацій.....	137
6.4 Висновки до розділу 6 .....	138
ВИСНОВКИ.....	139
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	140
ДОДАТКИ.....	145
Додаток А Технічне завдання .....	146
Додаток Б Структура сегменту мобільної мережі на основі технології перенесення ємності.....	147
Додаток В Схема транспортування потоків у мобільній мережі з передачею ємності.....	148
Додаток Г Схема організації шлюзу між дуплексною мережею передачі даних та мережею мовлення цифрового ТБ .....	149
Додаток Д Архітектура абонентського сегменту мультисервісної телекомунікаційної мережі.....	150
Додаток Е Структурна схема інформаційно-керованої ТКС.....	151
Додаток Ж Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи в ІКМ.....	152
Додаток К Комплекс засобів зв'язку в зоні НС із використанням СКМ .....	153

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ГНН – година найбільшого навантаження  
ІВС – інформаційно-вимірювальна система  
ІКМ – інформаційно-керована мережа  
ІК – інфокомунікації  
ІПТ – типовий інформаційний процес  
ЛОМ – локальна обчислювальна мережа  
МЗЗК – мережа зв'язку загального користування  
НС – надзвичайна ситуація  
СКМ – сенсорна керована мережа  
СМО – система масового обслуговування  
ЦДІ – центр довіреного інтегратора  
ШС – система штучного інтелекту  
СІ - конвергентна інфраструктура  
НСІ - гіперконвергентна інфраструктура  
CDN – мережа доставки контенту  
PAN – корпоративна локальна мережа  
ICN – інформаційно-орієнтована мережа  
SDN – програмно-конфігурована мережа  
NFV - віртуалізація мережевих функцій  
RAN – мережа радіодоступу  
CN – базова мережа  
BSS – підсистема базової станції  
RNS – підсистема радіомережі  
NF – мережна функція  
NS – сегментація мережі  
RAT – набір технологій радіодоступу  
MNO – оператор мобільної мережі  
SDMN – програмно-конфігурована мобільна мережа

MHP – мультимедійна домашня платформа

MPLS - багатопроTOCOLьна комутація міток

NGN – мережа наступнього покоління

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ

## ВСТУП

*Актуальність роботи.* Лавиноподібне зростання трафіку негативно позначається на наданні послуг, особливо таких, які вимагають роботи в реальному масштабі часу та в довіреному середовищі, тому розробці ефективних шляхів розвитку та вдосконалення архітектури мереж та систем телекомунікацій останнім часом стали приділяти особливу увагу. Зростання трафіку прогнозується настільки великим, що вже зараз на стадії широкого впровадження мереж 5G, Міжнародний Союз електрозв'язку розпочав розробку способів його зниження, наприклад, за рахунок впровадження систем штучного інтелекту (ШІ) та систем машинного навчання (МОС, МНС).

Крім того, в результаті еволюційних процесів, що відбуваються в системах зв'язку, виникають нові способи колективної комунікації, розширюється спектр послуг, що надаються, змінюються підходи до побудови мереж. Водночас жорсткі вимоги забезпечення якості обслуговування (QoS, QoE) на належному рівні та ефективного використання наявних ресурсів лише поглиблюють існуючі проблеми лавиноподібного збільшення трафіку та його суттєвих структурних змін. Основним ефективним способом зниження трафіку та його негативного впливу на послуги визнані способи керування трафіком. Серед опублікованих робіт можна знайти як присвячені загальним принципам організації мереж, так і безпосередньо методам поширення інформаційних повідомлень через мережеву структуру: алгоритми класифікації трафіку, методи адаптивного керування трафіком, передиктивного керування інтенсивністю трафіку, балансування навантаження, інжинірингу трафіку, методи структуризації інфокомунікаційного за різними характеристиками, методи примусового розкладу чи заборони працювати у мережі. Хоча ці методи пов'язані з пошуком оптимальної структури конвергентних інфокомунікаційних систем, проте вирішують лише окремі питання. Очевидно, що область організації інформаційних потоків у сучасних мережах вимагає проведення додаткових досліджень, а тема дисертації є актуальною та своєчасною.

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідженням зниження лавиноподібного зростання трафіку шляхом його керування та пошуку перспективної структури присвячені роботи наступних авторів: В. М. Вишневський, А. Є. Кучерявий, А. С. Парамонов, Б. С. Цибаков, О. В. Масленников, Б. С. Гольдштейн, Г. П. Башарін, Н. А. Соколов, Б. С. Лівшиць, С. Н. Степанов, А. Д. Харкевич, К. Є. Самуїлов, О. І. Шелухін, В. К. Сар'ян, А. Jensen, VB Iversen, P. Tran-Gia, WE Leland, I. Norros, W. Willinger та ін. [1-10]

Якщо узагальнити всі дослідження в цьому напрямку, то можна помітити тенденції пошуку необхідної відповідної інфраструктури як ефективного способу керування трафіком, що призводить до зростання ефективності системи передачі інформації в цілому, зокрема, за рахунок зменшення, обсягу надлишкового трафіку (трафіку, що не містить корисної інформації).

Пропоновані у дослідженнях вітчизняних і зарубіжних вчених рішення мають риси інформаційно-керованої мережі (ІКМ), один із варіантів якої був реалізований. Тут як прямий канал використовувався аналоговий ТВ канал, у якому циркулярно-адресному режимі передавалась додаткова цифрова інформація як дискретних (цифрових) повідомлень. Це був перший досвід побудови цифрової конвергентної мережі передачі інформації. Однак питання використання ІКМ для зниження трафіку в мережі досі не розглядалися.

*Мета і завдання роботи.* Метою роботи є розробка та дослідження моделей інформаційно-керованих мереж та методів їх використання, які забезпечують підвищення ефективності використання телекомунікаційних систем.

Для досягнення поставленої мети в магістерській кваліфікаційній роботі послідовно вирішуються такі завдання:

- аналіз особливостей трафіку інфокомунікаційного середовища та факторів, що впливають на його збільшення у сучасних та конвергентних мережах майбутнього покоління, включаючи мережі п'ятого покоління 5G;

- аналіз використовуваних концепцій керування трафіком та запропонованих методів боротьби з його збільшенням відповідно до вимог якості обслуговування;

- дослідження структури ІКМ та аналіз потенційних можливостей ІКМ;
- розробка математичної моделі ІКМ, що дозволяє визначити умови оптимальності з точки зору зменшення впливу зростання трафіку та розподілу обмежених ресурсів;
- розробка аналітичних моделей за допомогою апарату теорії масового обслуговування для розрахунку імовірно-часових характеристик трафіку ІКМ.

*Об'єкт дослідження* є інформаційно-керовані мережі.

*Предмет дослідження* є моделі та методи ефективного використання інформаційно-керованих мереж.

*Наукова новизна одержаних результатів:*

1. Розроблено математичну модель ІВС, що забезпечує підвищену швидкість передачі інформації та обґрунтовано можливість досягнення оптимального значення трафіку в ІВС.
2. Запропоновано модифікацію ІКМ – сенсорну керовану мережу (СКМ) та розроблено її математичну модель.
3. Доведено можливість використання ІКМ для вирішення завдань зменшення негативного впливу лавиноподібного трафіку на якість масових послуг.
4. Розроблено метод відбору структур у конвергентній ІКМ.
5. Показано ефективність використання ІВС та СКМ для надання ІК послуг та індивідуалізованого керування порятунком людей у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

*Практичне значення.*

- Використання запропонованої моделі подання ІК послуг та вузла мережі СКМ як системи масового обслуговування розширюють сферу застосування теорії телетрафіку та теорії масового обслуговування.
- Отримані висновки можуть сприяти подальшому розвитку нових принципів побудови та роботи мереж у конвергентному середовищі.

- Розроблені математичні моделі інфраструктури ІКМ та її модифікації СКМ можуть використовуватись для зменшення надлишкового трафіку та розподілу обмежених ресурсів в ІКМ, що дозволяє до 26% зменшити обсяги інформаційних потоків.

Достовірність та обґрунтованість результатів роботи підтверджуються коректним використанням положень загальної теорії зв'язку, теорії графів, теорії оптимальних процесів, застосуванням апробованих методик, а також не протиріччям результатів, одержаних у роботі, відомому з літератури.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань використовувалися методи, що ґрунтуються на положеннях теорії мереж зв'язку, методи теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії масового обслуговування, графодинаміки, тензорного обчислення.

*Апробація роботи* та її основні результати роботи проводилися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем» (СПРН-2021) у 2021 році.



# 1 АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ЛАВИНОПОДІБНОГО ЗРОСТАННЯ ТРАФІКУ У СУЧАСНИХ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

## 1.1 Еволюційні процеси в сучасному інфокомунікаційному середовищі

Сучасні мережі зв'язку, що підтримують і використовують різноманітні технології, схильні до еволюційних процесів. До основних тенденцій, що визначають форми та зміст телекомунікацій, можна віднести: повсюдний комп'ютинг (Ubiquitous Computing, UbiComp); зближення так званих SMAC технологій – соціальних, мобільних, аналітичних та хмарних обчислень – призвело до безпрецедентної хвилі цифровізації, яка охоплює всі аспекти приватного та професійного життя. Мініатюризація, що продовжується, у поєднанні з постійно зростаючою обчислювальною потужністю, ємністю сховищ даних і пропускнуою здатністю систем зв'язку створили базу для розвитку повсюдного комп'ютера.

Ubiquitous Computing – це парадигма, у якій обробка інформації пов'язані з будь-яким видом діяльності чи об'єктом. В [8] Вайзер описує сценарій, де сотні об'єктів, що мають обчислювальні можливості, інтегровані в навколишній світ, непомітно пов'язані проводами, радіохвилями та інфрачервоним випромінюванням з мережею, і розумно підтримують людську діяльність. Пристрої, що використовують всюдишні обчислення, мають постійну доступність і пов'язані. Однак UbiComp охоплює не тільки традиційні комп'ютери, але й багатофункціональні пристрої ІКТ, такі як телефони, камери та ігрові консолі, банкомати, системи керування автомобілем, мобільні телефони, побутова техніка та комп'ютерна периферія (маршрутизатори, принтери) [9]. Базою для створення цих об'єктів є сенсори та виконавчі механізми.

Всюдишні системи ідентифікують, контролюють та відстежують користувачів. Звичайний робочий процес у всюдишних системах включає [7]:

- 1) збір користувальницької та контекстної інформації;

- 2) обробка зібраних даних;
- 3) виконання дій у відповідному контексті;
- 4) надання інформації іншим системам.

Системи UbiComp, на відміну від розподілених систем ІКТ, розташовані в орієнтованих на людину персоналізованих середовищах. Вони є частиною фізичних середовищ і використовують у них.

Згідно Cisco Global Cloud Index [6], обсяг всіх даних, що зберігаються в 2021 році, становитиме 7,2 ZB, з них 1,3 ZB будуть зберігатися в центрах обробки даних, і 5,9 ZB - у локальних пристроях. Загальний обсяг даних, створених (і не обов'язково збережених) на будь-якому пристрої, керований Інтернетом речей досягне 847 ZB на рік до 2021 року, порівняно з 218 ZB на рік у 2016 році. Експоненційне зростання трафіку даних, завдяки цифровізації, зробило системи зберігання даних основним та найважливішим компонентом усіх існуючих інфраструктур та ключовим компонентом для надання ІК послуг, забезпечення взаємодії з користувачами, пристроями та бізнес-процесами [7].

- зростання мереж мобільного зв'язку;

Все більше людей повністю залежить від мобільних пристроїв не тільки на роботі, але і в особистому житті та розвагах. У свою чергу величезна популярність мобільних послуг призвела до вибухового зростання мобільного трафіку. Зростання трафіку мобільних даних також зумовлене значним проникненням смартфонів та планшетів на ринок, а також популярністю концепції Web 2.0 та потокових додатків з високими вимогами до пропускної спроможності. Загалом у світі налічується 5,135 мільярдів унікальних мобільних абонентів [8, 16] та понад 8,8 мільярдів мобільних підключень. За прогнозами Cisco [13] до 2021 року мобільний трафік даних збільшиться у 7 разів щодо 2016 року і досягне 49 екзобайт на місяць. Буде підключено 11,6 мільярдів мобільних пристроїв, майже три чверті всіх пристроїв (74,7%), підключених до мобільної мережі до 2021 року, будуть інтелектуальними пристроями. Середня швидкість підключення мобільної мережі (6,8 Мбіт/с у 2016 році) досягне 20,4 мегабіт за секунду (Мбіт/с) до 2021 року. Мобільний відеотрафік становитиме 78% від

загального обсягу трафіку. Але насправді великий обсяг трафіку споживає невелика кількість користувачів (3% користувачів споживають 40% трафіку) [13]. Трафік зростатиме і на смартфонах, і на планшетах завдяки зростанню покриття високошвидкісної мережі LTE, а також зниженню цін на мобільні пристрої [13].

Мобільні пристрої безперервно взаємодіють з мережевою інфраструктурою, а інформація, що отримується операторами мобільної мережі, може бути використана для різних цілей, включаючи білінг і керування ресурсами. Таке збільшення попиту на трафік перевантажує стільникові мережі, змушуючи їх працювати поблизу меж пропускної спроможності, що призводить до значної деградації послуг 3G. Оновлення до LTE або LTE-Advanced, а також розгортання додаткової інфраструктури мережі розглядається дослідниками як можливе вирішення даної проблеми.

Перехід від розгортання 2G до 3G чи 4G є глобальним явищем. Фактично, в 2021 року 65% мобільних пристроїв та з'єднань у Західній Європі, а також у Центральній та Східній Європі мають можливості 4G+. В даний час з'єднання 4G генерує майже вчетверо більше трафіку, ніж з'єднання 3G. Багато з'єднань 4G сьогодні призначені для високопродуктивних пристроїв, і вищі швидкості стимулюють використання додатків з високою пропускною здатністю. 5G з дуже високою пропускною здатністю (100 Мбіт/с) та наднизькою затримкою (1 мілісекунда), як очікується, забезпечуватимуть дуже високі обсяги трафіку та підтримку 1,5% мобільного трафіку (рис. 1.1).

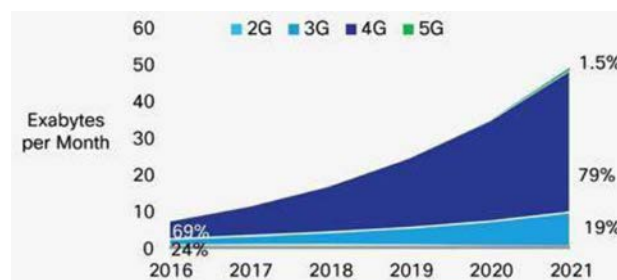


Рисунок 1.1 – Глобальний мобільний трафік різних типів підключення

Однак ці рішення мають на увазі збільшення вартості (оренди, розгортання та обслуговування) без аналогічного збільшення доходів операторів зв'язку. Розуміння потреб мобільних користувачів у мобільних мережах має принципове значення при пошуку рішень для керування зростанням використання мобільних даних та для покращення якості послуг зв'язку. • еволюція Інтернету; Інтернет – це глобальна мережа мереж, заснована на відкритих стандартах [7, 21]. Ключовими характеристиками її є: Глобальне охоплення та цілісність. Будь-яка кінцева точка Інтернету може адресувати інформацію будь-якій іншій кінцевій точці, і отримана інформація буде такою, як передбачав відправник, у якій точці світу одержувач не підключався б до Інтернету.

Спільна мета. Інтернет не був побудований для будь-якої однієї програми та здатний підтримувати широкий спектр вимог до її використання. У той час як мережі всередині нього можуть бути оптимізовані для певних шаблонів трафіку або очікуваних застосувань, інтернет-технологія не створює властивих їм обмежень на програми або служби, які її використовують. Що ще важливіше, у ньому немає обмежень для майбутніх програм та послуг.

Інновації без дозволу. Використання Інтернету означає не лише підключення до існуючих служб, а й можливість створення нових. Будь-яка особа або організація можуть створити нову послугу, яка відповідає існуючим стандартам та передовим методам, та зробити її доступною для решти Інтернету. Доступність. Будь-яка людина може потрапити в Інтернет, щоб споживати та пропонувати контент, розміщувати обладнання та підключати нові мережі.

Фізично інтернет представляє мережу Internet exchange point (IX, точок обміну трафіком), пов'язаних магістральними каналами [29]. У точках обміну концентрується як трафік, а й мережна інфраструктура (дата-центри, хостинг тощо.). Завдяки одному з'єднанню автономна система (AS) в Інтернеті (ASN) отримують доступ до сотень мереж. Однією з основних переваг цієї моделі є раціоналізація витрат, оскільки питання балансу трафіку вирішуються безпосередньо та локально, а не через сторонні мережі, часто фізично віддалені. Ще однією важливою перевагою є контроль, який має мережу для доставки свого

трафіку якомога ближче до місця призначення, що загалом призводить до підвищення продуктивності та якості для клієнтів та більш ефективної роботи Інтернету загалом. У списку найбільших точок обміну трафіком у світі лідирують (див. таблиця 1.1) [2, 7, 22, 23]:

Таблиця 1.1 - Список найбільших точок обміну трафіком

Найменування точки обміну Інтернет-трафіком		Максимальна пропускна здатність, Гбіт/с	Середня пропускна здатність, Гбіт/с
DE-CIX	Deutsche Commercial Internet Exchange	6441	3803
IX.br	Brazil Internet Exchange	5650	3600
AMS-IX	Amsterdam Internet Exchange	5104	3628
LINX	London Internet Exchange	4340	3490
MSK-IX	MSK-IX	2184	1473

Експерти відзначають, що в останні роки намітилася деяка тенденція до локалізації трафіку, коли сервери розміщують всередині національних кордонів тієї країни, де знаходиться основна аудиторія. На користь локалізації грає поширення CDN-сервісів і заходи інформаційної безпеки, пов'язані з загрозою витоків конфіденційної інформації. Сукупна пропускна здатність всіх міжнародних каналів зв'язку становить 180 Тбіт / с (на 2015 рік) [12].

Через зростаючу роль мереж доставки контенту (Content Delivery Network, CDN) виникають зміни в топології трафіку при доставці даних. Сьогодні CDN обслуговують більшу частину інтернет-контенту, включаючи веб-об'єкти (текст, графіку і скрипти), що завантажуються об'єкти (мультимедійні дані, програмне забезпечення, документи), додатки (електронна комерція, портали), живе потокове медіа, потокові медіа на вимогу і сайтів соціальних мереж. CDN буде переносити 71% загального інтернет-трафіку в 2021 році (рис. 1.2), в порівнянні з 52% в 2016 році.

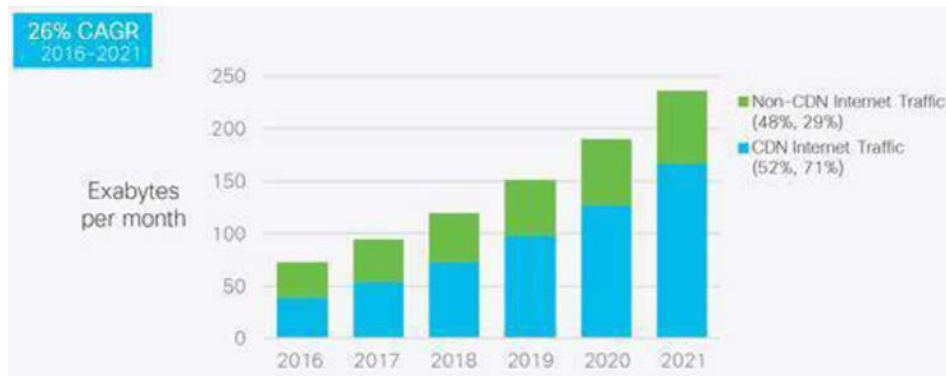


Рисунок 1.2 – Інтернет-трафік глобальної мережі доставки контенту

Іншою цікавою властивістю зростання трафіку є те, що він не є однорідним: трафік деяких інтернет-провайдерів зростає швидше, ніж інших. У міру розвитку екосистеми Інтернету очікується поява спеціалізованих інтернет-провайдерів, орієнтованих на конкретну групу клієнтів [8, 10, 12].

За останні два десятиліття загальний інтернет-трафік пережив різке зростання. У таблиці 1.2 наведено історичні орієнтири для загального інтернет-трафіку.

Таблиця 1.2 - Дослідження Cisco VNI: історичний інтернет-контекст

Рік	Глобальний інтернет-трафік
1992	100 ГБ в день
1997	100 ГБ в годину
2002	100 ГБ в секунду
2007	2000 ГБ в секунду
2016	26 600 ГБ в секунду
2021	105 800 ГБ в секунду

Однак динаміка зростання інтернет-трафіку змінюється. До джерел зростання Інтернет можна віднести користувачів, рівні трафіку і топологічну складність. Кількість пристроїв і M2M з'єднань (10% CAGR) зростає швидше, ніж населення (1,1% CAGR) і користувачі Інтернету (7% CAGR) і прогнозується, що досягне значення 27,1 млрд. в 2021 році. IoT інновації стали основним фактором зростання частки міжмашинних з'єднань, що підтримують додатки IoT (13,7 млрд.). Ця тенденція прискорює ріст середнього числа пристроїв і

підключень для кожного домогосподарства і для кожного користувача Інтернету, які будуть вносити додатковий внесок в інтернет-трафік. Слід враховувати і спрямовані деструктивні дії. Наприклад, недавні атаки DoS проводилися ботнетом, що містить сотні тисяч пристроїв IoT [7, 9, 11]. Для доступу в IP-мережі та Інтернет користувачі все частіше вважають за краще мобільні пристрої. Розподіл інтернет-доступу в 2016/2021 г. : Wi-Fi - 52% / 53%, стільниковий зв'язок - 10% / 20%, фіксований зв'язок - 38% / 27%.

Cisco в The Zettabyte Era: Trends and Analysis [23] прогнозує, що щорічний глобальний IP-трафік досягає 3,3 зеттабайт (ZB) в 2021 році (або 278 екзабайт (EB) в місяць) і збільшиться в 135 разів з 2005 року до 2021 рік (рис. 1.3).

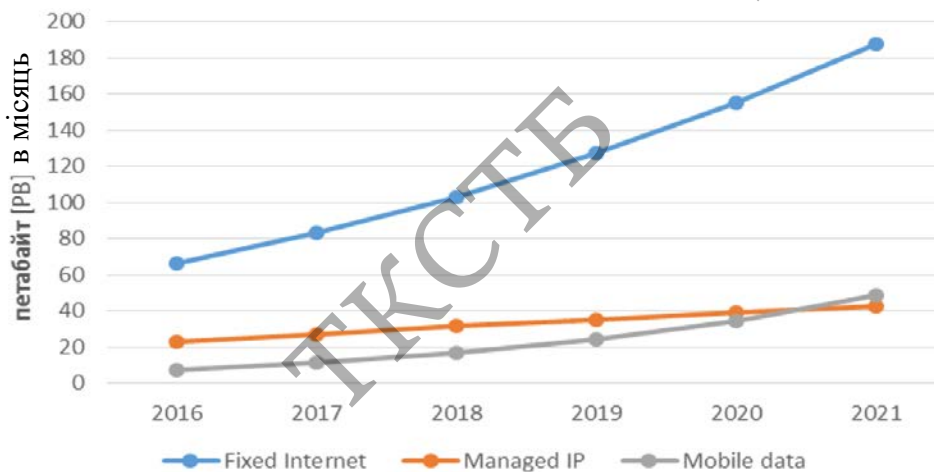


Рисунок 1.3 – IP трафік, 2016-2021 рр

Глобальна цифровізація інформації, засобів її обробки і доставки істотно впливає на зростання числа інтернет-користувачів, прискорене збільшення кількості персональних пристроїв і міжмашинного з'єднань, збільшення середньої швидкості широкопasmового доступу (таблиця 1.3) і приріст відеотрафіка. Сума всіх форм IP-відео, яка включає в себе інтернет-відео, IP VoD, відеофайли спільного використання, відео-потоківі ігри і відеоконференції, в глобальному масштабі становить 82 відсотки трафіку в 2021 році.

Таблиця 1.3 - Збільшення середньої швидкості широкосмугового доступу та приріст відеотрафіка в 2021 р

	Користувачі інтернету:% населення		Пристрої з'єднання на одиницю населення		Середня швидкість, Мбіт/с		Середній трафік на одиницю населення в місяць, ГБ	
	2016	2021	2016	2021	2016	2021	2016	2021
Швеція	92%	92%	6,3	9,3	47,1	86,2	61,1	114,0
США	89%	90%	7,8	13,2	36,1	75,5	96,7	237,1
Японія	84%	89%	6,3	11,4	67,4	103,8	34,9	112,5
Німеччина	83%	93%	5,6	9,5	31,4	62,3	26,2	74,0
Бразилія	65%	83%	4,4	3,4	11,2	21,3	11,4	25,1
Україна	60%	68%	3,6	5,9	30,1	47,1	19,0	42,0
Китай	54%	73%	2,5	3,9	32,2	59,1	12,3	38,8
ЮАР	47%	80%	2,2	2,9	6,3	17,9	6,5	18,6
Індія	28%	59%	1,1	1,5	6,6	8,2	1,3	4,7

Мережева конвергенція - це ефективне співіснування телефонної, відео- та інформаційної комунікацій в рамках єдиної мережі. Традиційно в телекомунікаційній галузі використовуються мережеві елементи з комутацією каналів; телерадіомовна індустрія використовує широковещательное мережеве обладнання, а інтернет-індустрія використовує елементи мережі з комутацією пакетів. Мережі з комутацією пакетів були побудовані з використанням різних технологій. Наприклад, ATM, Frame Relay і IP - це технології, які використовувалися і все ще використовуються в мережах провайдерів телекомунікаційних послуг. Використання декількох режимів зв'язку в одній мережі забезпечує зручність і гнучкість, які неможливі з окремими інфраструктурами. Мережева конвергенція стає все більш важливою для зниження витрат і спрощення керування. Існує два аспекти конвергенції мережі. По-перше, конвергенція трафіку з різних додатків, таких як сховище даних, VoIP, VoD і т. д. В одну мережу. По-друге, конвергенція трафіку від різних власників / користувачів в багатокористувацької середовищі, наприклад, як Amazon EC2 [14].

Оскільки всі програми і служби використовують переваги єдиної мережі, то попит на пропускну здатність є значним. У міру того, як додатки стають більш складними, і користувачі обмінюються все великою кількістю контенту і даних,



конвергентні мережеві ресурси можуть стати перевантаженими. Ще одна проблема - необхідність стандартів, що забезпечують безперебійну роботу з декількома платформами кінцевих користувачів і режимами зв'язку. Нові технології іноді приносять нові типи трафіку, які пред'являють раніше невідомі вимоги до мережевого обладнання, операційним системам, ресурсів і програмного забезпечення.

Технологічна конвергенція дозволяє ефективно взаємодіяти різними технологіями і охоплює дві взаємозалежні області: інфраструктуру, необхідну для транспортування цифрового контенту і простоту використання, з якої користувач може отримати доступ до одного і того ж контенту на різних пристроях. Конвергентні технології стимулювали створення додатків для обміну контентом в соціальних мережах через онлайнплатформи. Центри обробки даних все частіше розглядають конвергентну інфраструктуру (CI) або гіперконвергентну інфраструктуру (HCI). В CI компанії можуть купувати пам'ять, обчислювальні, мережеві і серверні ресурси, заздалегідь сконфігуровані для роботи в дата-центрі. У конвергентній інфраструктурі кожен компонент є дискретним і може використовуватися окремо. HCI упаковує всі компоненти в одне ціле, а керування ними відбувається через загальну консоль адміністрування. Конвергенція процесів дозволяє провайдерам послуг працювати з обладнанням різних виробників і різними технологіями з тим, щоб пропонувати економічно ефективні послуги.

Послуги, пропоновані телекомунікаційною (дротовою і бездротовою) галуззю, телерадіомовною і інтернет-індустрією незалежні один від одного. Однак з впровадженням нових технологій, що забезпечують уніфіковані комунікації в цих мережах, споживачі очікують, що в будь-який час з будь-якого місця за допомогою будь-якого пристрою користувачі отримають доступ до тих же послуг (голос, електронна пошта, обмін повідомленнями і т. д.) і контенту (веб, відео, аудіо) на будь-якому пристрої (ноутбук, телевізор, мобільний телефон) з постійною якістю. Конвергенція послуг включає в себе два аспекти: конвергенція фіксованого та мобільного мереж; і конвергенція традиційних

комунікацій і інтернет-послуг. Технології конвергенції послуг включають в себе IP-мультимедійну підсистему (IMS), запропоновану в індустрії зв'язку, Unified Communications (UC), запропоновану в індустрії програмного забезпечення. Споживачі також очікують безперешкодного переміщення контенту / послуг з мережі в мережу без шкоди для якості [2, 5, 9].

При оцифрування контенту відмінність між аудіо, відео, зображеннями та текстом стирається, так як все обробляється як дані і переноситься по загальній IP-мережі, а не з використанням спеціалізованих мереж для передачі голосу, відео і даних. Мережі зв'язку грають важливу роль в нашому повсякденному житті, тому що вони дозволяють обмінюватися інформацією між гетерогенними вузлами по всьому світу. Поява декількох мережевих архітектур і нових технологій призвело до появи нових додатків і сервісів в гетерогенній мережі. Крім того, все стає додатком в IP-мережі, що призводить до перекриття сегментів окремої галузі, а саме телекомунікаційної (голос), широкомовної і медіа (відео) і Інтернет (дані). Щоб забезпечити доступ до цих додатків з будь-якого місця і в будь-який час, пристрої (ПК / ноутбук, мобільні телефони, телевізори) стають все більш потужними і інтелектуальними.

Багато в чому технічні можливості інформаційних інфраструктур, таких як широкопосмугові мережі, як і раніше обмежують потоки даних і сервіси, які вони одночасно роблять і можливими. У багатьох частинах світу, включаючи райони в розвинених країнах, ці інфраструктурні можливості все частіше стикаються з відчутними обмеженнями доступу до ряду послуг, які, як вважається, надаються в інших місцях.

Щоб інфокомунікаційні мережі залишалися життєздатними, необхідно завчасно враховувати і розуміти потенційні зміни вимог, технологічних рішень і архітектурних варіантів. Забезпечення на належному рівні якості обслуговування (Quality of Service, QoS) і якості сприйняття (Quality of Experience, QoE) в сучасній інфокомунікаційній середовищі є складною проблемою і вимагає осмислення і вирішення безлічі завдань. Основною вимогою, що пред'являються до мережі, є очікуваний трафік. Він рідко буває

постійним у часі або рівномірним по простору. Трафік є однією з багатьох взаємозалежних змінних мережі (поряд з обмеженнями ресурсів, особливостями додатків і поведінки користувачів, стратегій ціноутворення, мережевими елементами і мережевими архітектурами та ін.) і є результатом складних взаємодій між ними.

Мережеві структури і трафік, присутній в них, взаємопов'язані і взаємозалежні. Вимоги приросту трафіку стимулюють розвиток і зростання мереж для підтримки їх нормального і ефективного функціонування. Одночасно зміна структури мережі призводить до перерозподілу трафіку.

Обсяг трафіку в мережах зв'язку буде рости, тому що це об'єктивний процес, пов'язаний з еволюцією інфокомунікаційних мереж. Тому ключовою мотивацією дослідження полягає в тому, щоб ідентифікувати механізми пошуку або побудови ефективних структур, що забезпечують найбільш раціональний шлях обслуговування трафіку в мережі зв'язку.

## 1.2 Сучасні вимоги до архітектури телекомунікаційної мережі

Зростаючі очікування швидкого доступу до інформації висувають серйозні вимоги до універсальної архітектури телекомунікаційної мережі, яка повинна надавати різноманітні послуги строго визначеної якості. Як дослідниками, так і операторами зв'язку висловлюються аргументи на користь поліпшення сучасної архітектури або розробки нових мережових архітектур. Мережі наступного покоління (NGN), як це передбачено Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ), являють собою мережі на основі технології комутації пакетів, здатні надавати послідовні і всюдисущі послуги кінцевим користувачам незалежно від мережі і використовуваної технології доступу [13]. Мережа NGN, представлена на рис. 1.4, складається з двох страт - транспортний і службовий рівень, і включає в себе елементи мультимедійної підсистеми (IMS). Рівні забезпечують підтримку мобільності, яка дозволяє кінцевим користувачам здійснювати зв'язок і доступ

до служб, незалежно від місця розташування, а також технологій доступу та пристроїв, які вони використовують.

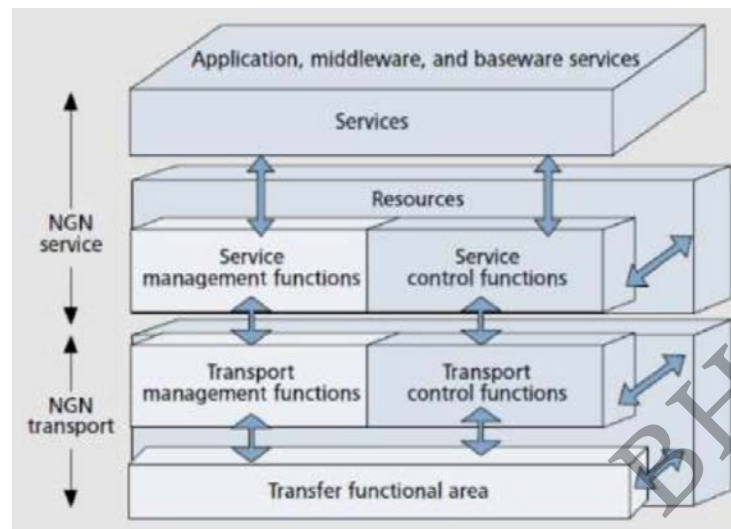


Рисунок 1.4 – Загальна архітектура NGN

Крім того, NGN надають кінцевим користувачам необмежений доступ до різних постачальникам послуг, дозволяючи їм отримувати доступ до транспортних послуг і послуг, що надаються різними суб'єктами бізнесу. NGN підтримують також надання широкого спектру послуг, включаючи голосові (наприклад, телефонний зв'язок), дані (наприклад, веб-сервіси), відео (наприклад, IP-телебачення) і комбіновані послуги (наприклад, відеотелефонія).

Щоб гарантувати якість обслуговування (QoS), всі верстви NGN повинні бути правильно спроектовані і розраховані [31]. З цієї причини повинні бути розроблені і застосовані відповідні моделі трафіку, які повинні бути ефективними і досить простими для практичного застосування.

Важливі наступні характеристики: · Масштабованість. Мережева інфраструктура повинна масштабуватися за потребами, щоб мінімізувати вплив послуг, і не тільки з точки зору швидкості, але і з точки зору потужності і розміщення.

Надійність. Такі послуги, як телефонія і відео по широкосмугового зв'язку, зумовлюють необхідність забезпечення високої надійності всіх послуг, що

передаються по мережевій архітектурі. Крім того, мережа потребує достатньої надійності, щоб справлятися з великими відключеннями під час надзвичайних ситуацій, коли повідомлення стають ще більш критичними. · Якість обслуговування / сприйняття (QoS / QoE). Базовою зв'язку недостатньо для забезпечення гарного обслуговування клієнтів - необхідно гарантувати виконання послуги в будь-який час доби, особливо в найбільш активне. · Простота. Щоб мати можливість справлятися з ростом споживання і підвищувати попит на впровадження нових послуг, необхідні прості мережеві архітектури, уникають необхідності рішень для окремих конкретних продуктів. · Мережі доставки контенту (CDN). CDN відіграють вирішальну роль для забезпечення високоякісним контентом і інтерактивних послуг економічним способом.

Все перераховане наголошує на необхідності того, що загальна обчислювальна інфраструктура повинна бути тісно пов'язана з мережевою інфраструктурою для підтримки майбутнього зростання послуг.

### 1.3 Перспективні Інтернет-архітектури

Сучасний Інтернет - це розподілена взаємопов'язана система, яка підтримує безліч гетерогенних мереж і сервісів [14]. Після кількох десятиліть розвитку Інтернет став інфраструктурою, яка грає критично важливу роль в повсякденному житті людей. У технічному сенсі його досягнення можна віднести до архітектури Інтернету на основі TCP / IP, яка постійно вдосконалюється. Основне завдання створення архітектури Інтернету була підрозділена на сім складових цілей [16]:

- 1) зв'язок повинна зберігатися навіть в умовах втрати окремих мереж і шлюзів;
- 2) Інтернет повинен підтримувати різні типи комунікаційних послуг;
- 3) архітектура повинна бути розрахована на використання мереж різних типів;

- 4) архітектура повинна дозволяти розподілене керування ресурсами Мережі;
- 5) архітектура повинна бути економічно ефективною;
- 6) архітектура повинна забезпечувати можливість підключення хоста з малими затратами;
- 7) для використовуваних ресурсів повинна бути можливість обліку.

У двадцять першому столітті Інтернет пережив дві основні еволюції. Поперше, використання інтернет-додатків змінилося з підтримки традиційним веб-браузером на істотно розподілений характер поширення і доступу до контенту [15]. З'явилося багато нових мережевих додатків, таких як соціальні мережі, хмарні обчислення, онлайн-ігри та ін. По-друге, з швидкою популяризацією мобільних терміналів змінився мобільний Інтернет. Різко зросли запити мобільних служб, таких як мобільні мультимедіа [8, 11, 20], автотранспортні послуги [21], служби на основі розташування (Location-based service, LBS) [15, 28], мобільні платежі [14, 17] і т. д. Таким чином, мобільний Інтернет поступово став невід'ємною частиною Інтернету і прискорив його еволюцію.

Завдяки якісному і кількісному зростанню технологічних досягнень в єдиному інформаційно-комунікаційних просторі стираються межі фіксованою / мобільного або бездротового / провідний / оптичної мережі. Мережева інфраструктура сходиться до загальної мережевої технології на основі IP-протоколу, здатної ефективно передавати по загальній мережі будь-який контент (голос, відео і дані).

### 1.3.1 Недоліки та проблеми Інтернету

Поточна інтернет-архітектура була розроблена понад 40 років тому для передачі даних. З розвитком Інтернету масштаби мережі різко зросли. Навантаження і трафік Інтернету досягли високого рівня. Масова поява нових користувальницьких вимог, ускладнює проблеми сучасного Інтернету, такі як

безпека, мобільність, масштабованість і використання ресурсів. Як відзначають учасники проекту Future Internet Design [23], ті ж самі структурні елементи Мережі, які зумовили її успіх, є і першопричиною її глобальних проблем.

Безпека. Первісна архітектура Інтернету була націлена на наскрізну передачу даних, передбачалося, що ця модель зв'язку захищена за замовчуванням. Тому проблеми безпеки не враховувалися при первинному проектуванні. Однак сьогодні Інтернет став відкритою і загальнодоступною мережею, до якої кожен може отримати доступ різними способами в будь-який час і в будь-якому місці. Тому поточний Інтернет вразливий для шкідливих атак (DDoS, MITM, вірусні програми).

Крім того, багато протоколів, пов'язані з безпекою, розглядають IP-адреси як ідентифікатори, а зміни IP-адрес під час сеансів неминуче призведе до скасування раніше встановлені захисту. Крім того, пакети, що потрапили до провайдера, можуть безкарно зберігатися, аналізуватися, змінюватися, повторно відтворюватися і губитися. Додаткові заходи захисту вмісту (наприклад, VPN, протоколи TLS і HTTPS, Tor) не застосовуються за замовчуванням. А якщо і застосовуються, то приватності можна домогтися тільки ціною істотного погіршення продуктивності [15].

Мобільність. Класичний Інтернет орієнтувався на зв'язок між фіксованими терміналами. Однак в останні роки число інтелектуальних терміналів різко зростає, а з розвитком бездротових технологій попит на мобільний інтернет і послуги продовжує зростати. Більш того, мобільність мережі є важливою вимогою для корпоративних локальних мереж (Personal Area Network, PAN), мереж датчиків і комп'ютерів, розгорнутих в автомобілях, мереж доступу, розгорнутих в громадському транспорті (автобуси, поїзди, таксі, літальні апарати). Забезпечення високої якості обслуговування в мобільний широкосмуговий середовищі стало серйозною проблемою.

Масштабованість. Зокрема, недолік адресних ресурсів IPv4 став бар'єром, який перешкоджає розвитку Інтернету. Зміна IP-адреси під час сеансу стало досить поширеним явищем для користувачів в даний час. Як це не

парадоксально, при використанні в якості локатора IP-адреса повинна змінюватися в нових точках доступу, але, діючи як ідентифікатор, він повинен залишатися постійним. Крім того, записи маршрутизації базової мережі збільшуються в 1,3 рази кожні 2 роки, що безпосередньо призводить до їх низької ефективності, оскільки маршрутизатори повинні підтримувати велику кількість записів маршрутизації.

Використання ресурсів. Згідно зі статистикою, багато мережеві ресурси губляться в Інтернеті. Середнє використання каналів зв'язку в магістральній мережі становить лише близько 30-40% [14], а використання мережі доступу становить менше 10% [19]. Тому важливо інтегрувати використання ресурсів в архітектуру майбутнього Інтернету.

Щоб полегшити рішення перерахованих проблем, дослідники запропонували безліч еволюційних схем, які служать спеціальними виправленнями для класичної інтернет-архітектури. Ці рішення здатні певною мірою вирішити деякі проблеми, але вони зробили Інтернет-архітектуру на основі TCP / IP складнішою, не маючи можливості повністю усунути проблеми. Існуюча інтернетархітектура є відносно «статичною» і «жорсткою». В рамках цієї архітектури не представляється можливим задовольнити виникаючі потреби інформаційної мережі, такі як висока швидкість, висока ефективність, висока пропускна здатність і повсюдність.

### 1.3.2 Технології майбутнього Інтернету

Ключовою метою Майбутнього Інтернету (Future Internet) є надання прозорості, ефективності та гнучкості використання доступних мережевих ресурсів з метою задоволення очікувань користувачів. Багато популярних технології сприяють майбутньої архітектури Інтернету: інформаційно-орієнтована мережу (ICN), програмно-конфігуровану мережу (SDN), віртуалізація мережевих функцій (NFV).



### 1.3.2.1 Інформаційно-орієнтована мережа (ICN)

Щоб задовольнити зростаючі і змінюються вимоги користувачів - до доступу до інформації, до конфіденційності даних і користувача, була розроблена нова інформаційно-орієнтована концепція, що замінила хост-орієнтовану. Основна мета - проектування масштабується і ефективної мережевої інфраструктури, що підтримує контент. Архітектура ICN підтримує внутрішньомережеве кешування і багатоадресні механізми, що полегшує ефективну і своєчасну доставку інформації користувачам. Вважається, що дані важливіші, ніж вузол, що надає до них доступ [6]. Відправники мають абсолютний контроль над обмінюваними даними, ніякі дані не можуть бути отримані, якщо вони явно не запитані одержувачем.

Архітектури ICN можна розділити на дві категорії в залежності від того, як пов'язаний процес розпізнавання імен (іменовані дані) з маршрутом доставки [24]. Або імена контенту безпосередньо вбудовуються в системи маршрутизації, наприклад, такі архітектури (NDN, CONET). В іншому випадку іменовані об'єкти даних реєструються в системах розпізнавання імен, які допомагають передплатникам знаходити відповідні місця для запитаного ними вмісту (архітектури PURSUIT, SAIL, Mobility First). Розглянемо NDN (Named Data Networking) [13, 22], одну з типових архітектур ICN (рис. 1.5). NDN призначений для об'єднання в мережу комп'ютерних пристроїв, починаючи від датчиків IoT і закінчуючи хмарними серверами, шляхом іменування даних. Ім'я даних не залежить від інтерфейсу, може вільно використовувати будь-який або всі інтерфейси (Bluetooth, Wi-Fi, 4G, NFC). Іменовані блоки даних складають центральну частину мережевої архітектури NDN, а мережевий рівень NDN використовує імена даних додатка для зв'язку. Такий дизайн дозволяє мережі витягувати іменовані дані будь-якими необхідними засобами, однаково обробляючи мережеві ресурси, сховища і обчислювальні ресурси.

Використовуються два типи пакетів - Interest Packet (Інтерес) і Data Packet (Дані). Інтерес представляє собою запит від споживача, що містить запитувана

ім'я необхідної порції даних в пакеті, тоді як Дані є відповіддю від виробника, який несе як ім'я, так і власне запитуваний контент. Крім того, в Data Packet включена сигнатура підписи «виробника», що гарантує, що це саме та сама інформація, що запитується. Три типи структур даних - це CS (Content Store), PIT (Pending Interest Table) і FIB (Forwarding Information Base). NDN дозволяє захищати дані безпосередньо, змушуючи виробників даних криптографічно підписувати кожен пакет даних, щоб зв'язати разом ім'я даних, виробника і контент.

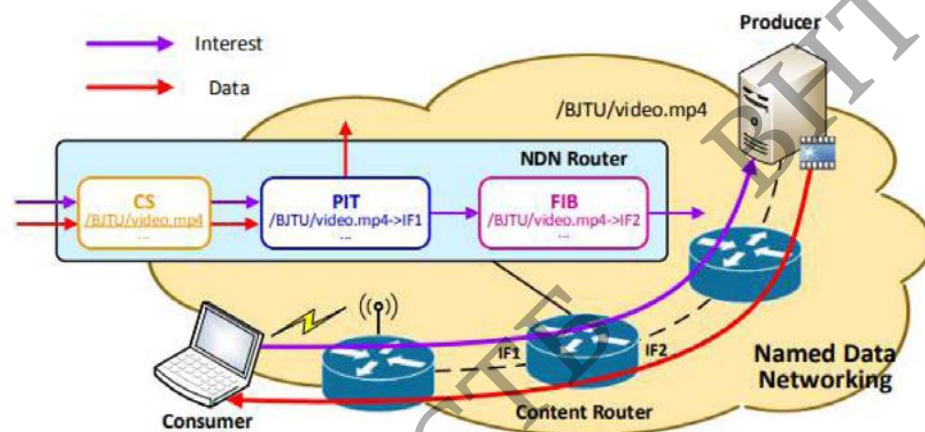


Рисунок 1.5 – Архітектура NDN

Таким чином, споживачі можуть одержувати найближчі копії запитаного вмісту з кешу маршрутизаторів по шляху замість вилучених серверів, що істотно скорочує час очікування користувача, навантаження на сервер і мережевий надлишковий трафік [11, 13, 23].

### 1.3.2.2 Програмно-конфігурована мережа (SDN)

Можливості нинішнього Інтернету стають недостатніми для великих обсягів трафіку, створюваного новими послугами і модальностями (наприклад, мобільних пристроїв і контенту, віртуалізації серверів, хмарних сервісів, великих даних), який формується через великої кількості [17] користувачів, датчиків і додатків. Мережеві інфраструктури повинні забезпечувати не тільки високу

продуктивність, енергоефективність і надійність, але і підвищувати швидкість, масштабованість і надійність мережі, завдяки ефективному створенню і наданню універсальних цифрових послуг, що гарантують суворе якість обслуговування (QoS). Програмно-конфігурована мережу (Software-Defined Networking, SDN) [19] виникла як мережева архітектура, де логіка рівня керування мережею відокремлена від рівня передачі трафіку. SDN характеризується здатністю управляти, змінювати і керувати динамічним поведінкою мережі за допомогою програмного забезпечення через відкриті інтерфейси. Основною відмінністю SDN від традиційних мереж є централізоване інтелектуальне керування і моніторинг мережі, які забезпечує перевірку, контроль і модифікацію потоків переданих даних [24].

На відміну від сучасної інтернет-архітектури SDN значно підвищує гнучкість і програмує мережі шляхом роз'єднання призначених для користувача, керуючих та інформаційних площин і через логічно централізований контролер, який керує базовими інфраструктурами для пересилання трафіку на основі вимог верхнього додатки.

Зокрема, як показано на рис. 1.6, архітектура SDN ONF (Open Networking Foundation) складається з трьох рівнів, - інфраструктурного, керуючого і прикладного рівнів, і двох інтерфейсів - інтерфейс SBI (інтерфейс SouthBound) і NBI (інтерфейс NorthBound).

Рівень інфраструктури складається з мережевих пристроїв, таких як комутатори і маршрутизатори. Як площину даних SDN, мережеві пристрої відповідають за пересилку пакетів і збір даних про стан мережі. Рівень керування є основою архітектури SDN, сформованої контролерами, які взаємодіють з мережевими пристроями через SBI і з бізнес-додатки через NBI.

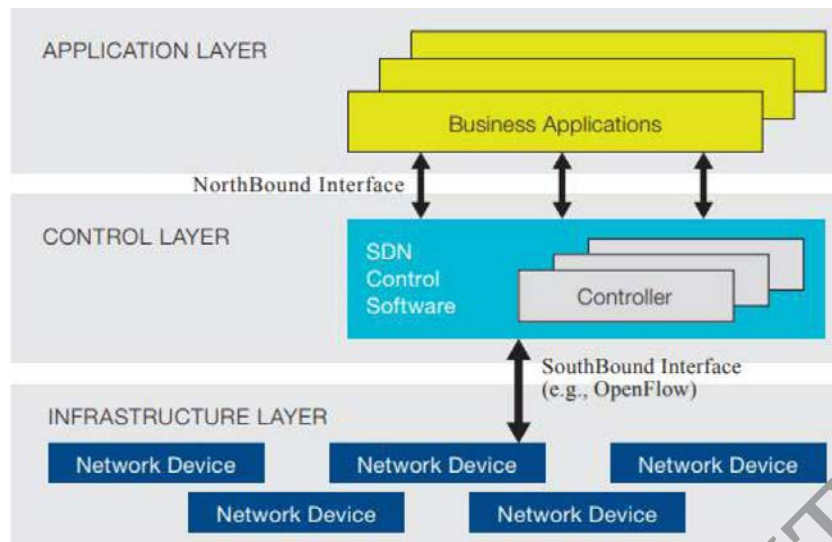


Рисунок 1.6 - Архітектура ONF SDN

SB визначає взаємодію між інфраструктурою і рівнем керування з репрезентативними протоколами, такими як OpenFlow і OFCONFIG [16], тоді як NBI визначає взаємодію між рівнями керування і додатками з різними типами API (Application Program Interface), такими як REST API OpenDaylight і OnePK Cisco. Як площині керування SDN контролери поширюють правила пересилання потоку на мережеві пристрої для керування рухом в площині даних і пропонують мережеву абстракцію для бізнес-додатків на прикладному рівні. Рівень додатки складається з безлічі бізнес-додатків, призначених для задоволення різних вимог користувача. Структура SDN забезпечує централізоване керування даними незалежно від мережевих технологій, що використовуються для підключення пристроїв, які, в свою чергу, можуть надходити від різних виробників. Саме в контролері, виступаючому єдиною централізованою точкою керування, і реалізується функціональність, необхідна для повноцінної роботи додатків всієї мережі в цілому або окремих її зон.

### 1.3.2.3 Віртуалізація мережевих функцій (NFV)

Віртуалізація мережевих функцій (NFV) - нова концепція мережевої архітектури. Вона пропонує віртуалізувати цілі класи функцій мережевих вузлів телекомунікаційної мережі шляхом розвитку технологій, пов'язаних з ІТ - віртуалізацією.

Мережа будь-якого оператора зв'язку складається з безлічі різноманітних спеціалізованих апаратних пристроїв. Запуск будь-якого нового мережевого сервісу передбачає додавання нових наборів пристроїв і збільшує витрати на розвиток мережі. Замість того, щоб мати власні апаратні пристрої для кожної мережевої функції, віртуалізованих послуг мережі дозволяє може складатися з однієї або декількох віртуальних машин, на яких виконується різне програмне забезпечення та процеси, які об'єднані в галузеві стандартні сервери, комутатори і системи зберігання даних або навіть інфраструктуру хмарних обчислень і центри обробки даних.

Зокрема, як показано на рис. 1.7, архітектурна структура NFV ETSI (European Telecommunications Standards Institute) має в основному три складові: NFVI (інфраструктура віртуалізації втрачає зв'язок із мережею), VNF (віртуалізованих послуг мережі дозволяє) і NFV M & O (керування і оркестровка). NFVI має три компоненти - апаратні ресурси, рівень віртуалізації і віртуалізовані ресурси. Рівень віртуалізації використовується для консолідації фізичного ресурсу в обчислювальній техніці, сховища і мережі в єдиний віртуальний ресурс, який може запитуватися динамічно верхніми VNF. VNF є програмну реалізацію яких мережевих функцій, яка може запускатися безпосередньо на віртуальному ресурсі, а не на спеціалізованому пристрої, і управляється системою EMS (Element Management System). Що стосується M & O, це ключовий компонент NFV, виконаний з VIM (Virtualized Infrastructure Manager), VNF Manager і Orchestrator. Ці модулі використовуються для керування і організації NFVI, VNF і NS (Network Service) відповідно і незалежно. Крім того, M & O відповідає за взаємодію з OSS / BSS (система підтримки

операцій / система підтримки бізнесу), так що політики обслуговування операторів можуть бути налаштовані в системах NFV.

NFV забезпечує підтримку SDN, хоча SDN та NFV, загалом, не залежать один від одного, і NFV може бути реалізований за відсутності SDN.

NFV дозволяє реалізувати мережеві функції в програмному забезпеченні і працювати на ряді стандартних серверних апаратних засобів [12], а не на фірмових апаратних пристроях. В результаті мережеві функції можуть бути створені, перенесені і припинені операторами на вимогу, що значно поліпшить еластичність мережі, скоротить капітальні витрати і витрати на розгортання нових сервісів. Фактично, NFV відокремлює не тільки мережеві функції від базових серверів, але і площину керування / оркестровки від функціональної площини.

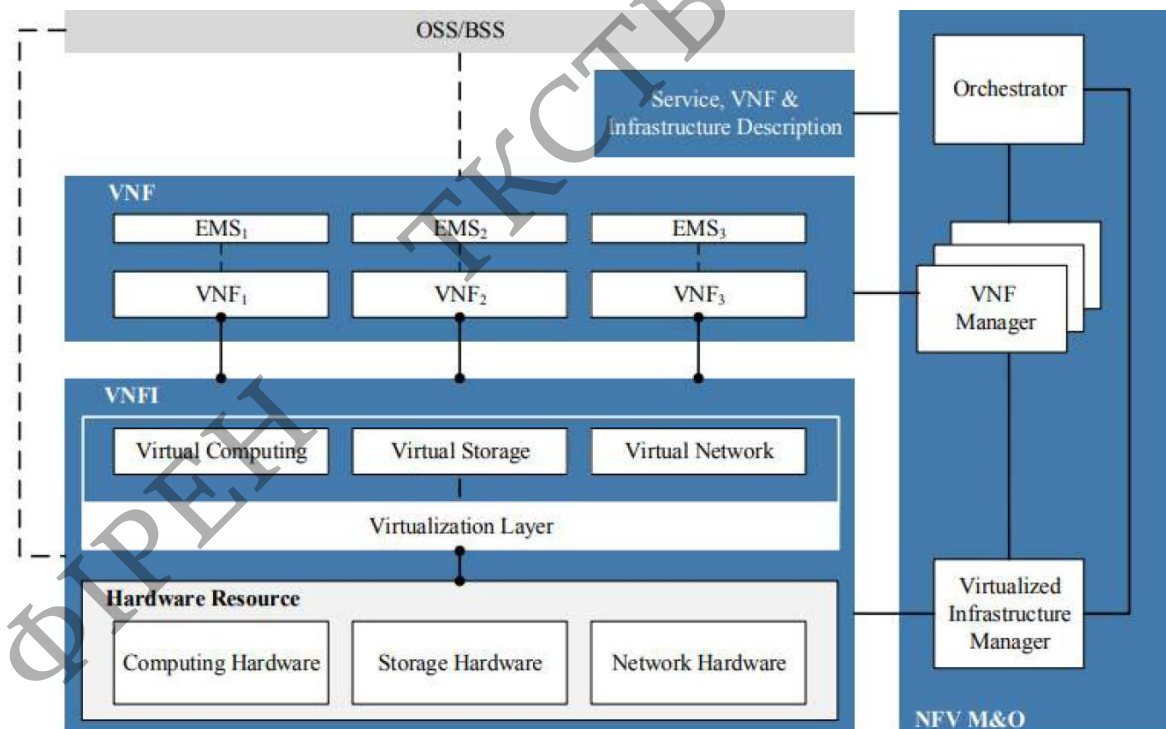


Рисунок 1.7 - Архітектура ETSI NFV

Очевидно, що SDN є покращеною архітектурою мережевого рівня, а NFV і ICN - це вдосконалені архітектури рівня обслуговування. Мета першої -

забезпечити можливість підключення між мережевими об'єктами, в той час як останні призначені для максимальної ефективності використання ресурсів.

#### 1.4 Еволюція архітектури мобільних мереж

Мережа складається з двох основних частин: мережі радіодоступу (RAN), яка забезпечує бездротовий доступ до окремих пристроїв і базової мережі (CN), яка управляє всіма операціями, необхідними для передачі голосу і даних між різними частинами RAN, а також із зовнішніх мереж, включаючи Інтернет. Така мережа (рис. 1.8) надає доступ до телекомунікаційних послуг та до Інтернет в широкому діапазоні пристроїв: не тільки портативні пристрої, що переносяться мобільними користувачами, такі як смартфони або планшети, але й інші типи комунікаційних пристроїв типу «машина-машина» (M2M), а також фемтосоти і точки доступу Wi-Fi стільникового зв'язку, які забезпечують локальну зв'язок без необхідності підключення кабелів.

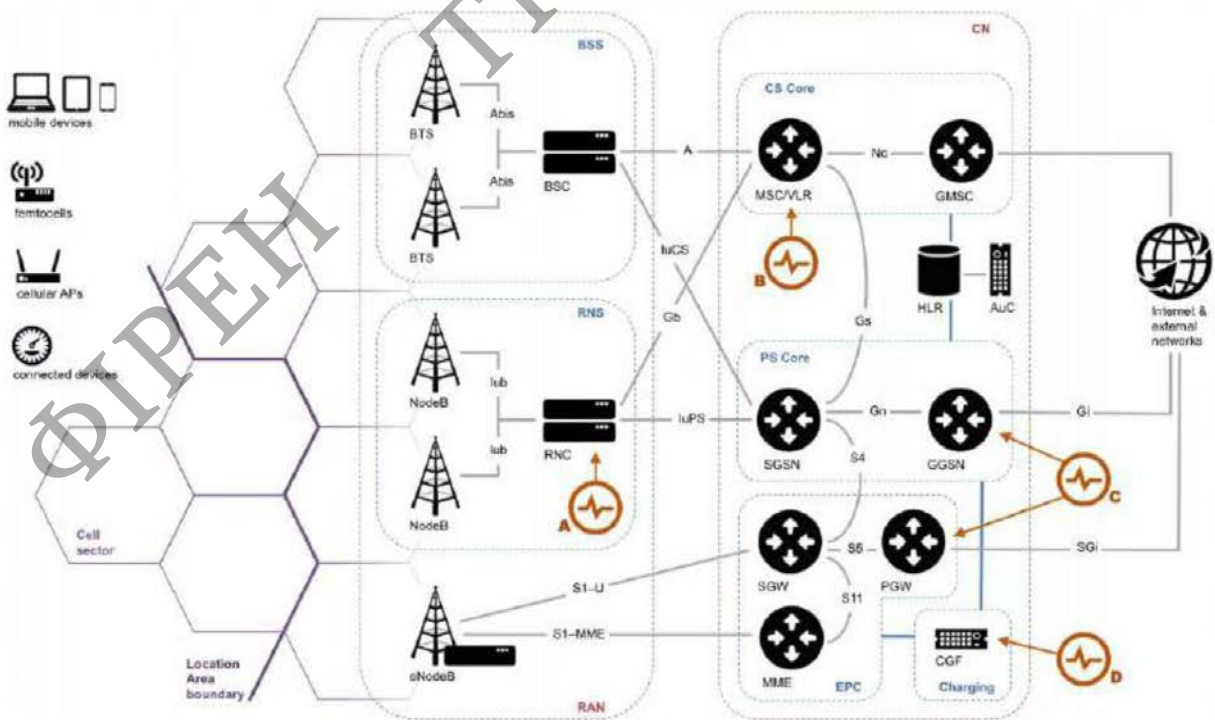


Рисунок 1.8 - Спрощена архітектура мережі, що охоплює різні технології 2G, 3G і LTE

З технічної точки зору базові станції називаються підсистемою базової станції (BSS) і підсистемою радіомережі (RNS) в архітектурі 2G (GSM, GPRS і EDGE) і 3G (UMTS і HSPA), відповідно. В обох випадках підсистема базової станції складається з базової приймально-передавальної станції (BTS або NodeB) і керуючого обладнання (контролер базової станції, BSC або контролер радіомережі, RNC). Вони взаємодіють через стандартизований інтерфейс Abis. В архітектурі LTE eNodeB збирає всі функціональні можливості базової станції.

У базовій мережі CN, з урахуванням архітектури 2G і 3G, керування голосом і текстовими повідомленнями здійснюється через Circuit Switched (CS) Core з комутацією каналів, тоді як дані (на основі IP) обробляються Packet Switched (PS) Core (пакетна комутація). Основними об'єктами CS Core є Центр мобільної комутації (MSC) і Gateway MSC (GMSC), які забезпечують голосове і текстове перемикання в мобільній мережі та мережах різних операторів відповідно. У базовому блоці PS підтримують вузли обслуговуючого шлюзу (SGSN) і вузол підтримки GPRS шлюзу (GGSN) представляють собою інтерфейси до пристроїв і Інтернету відповідно і піклуються про передачу даних з комутацією пакетів. У LTE вводяться нові компоненти для формування Evolved Packet Core (EPC), що об'єднує голос і дані. Вони керують станами сеансу і аутентифікуює, і відстежує користувача по мережі (Mobility Management Entity, MME), обробляє і передає дані (Serving Gateway, SGW) і управляє потоками даних між своєю мережею і іншими IP-мережами (Packet Data Network Gateway, PGW) .

Набір логічних функцій тарифікації реалізований в мережі для білінгових і міжоператорських процедур обліку. Вони відповідають за збір даних про мережеві ресурси кожного клієнта. Ефективність, гнучкість і надійність мобільної мережі спирається на цілий ряд різних функціональних елементів і механізмів. Саме архітектура об'єднує безліч різних майбутніх технологій в одній мобільній мережі, роблячи можливим мультисервісну і контекстно-залежну адаптацію мобільної мережі [13]. Прогнозоване поява нових сервісів, очікуване високу якість послуг і збільшення мобільного інтернеттрафіка



прискорюють еволюцію архітектури мобільних мереж і пред'являє наступні вимоги підтримки:

- перспективних технологій, наприклад, таких як eHealth, Internet of Things (IoT), інтегровані послуги малих осередків з великою концентрацією користувачів (стадіон) [24], доповнена і віртуальна реальність, тактильні інтернет-додатки, автомобільні системи зв'язку (Vehicle-toEverything, V2X), мобільне HD-відео і преміум-ТВ;

- існуючого частотного діапазону і використання радіохвиль міліметрового (mmWave) і сантиметрового (CmWave) діапазону;

- парадигм обробки, таких як периферійні обчислення мультисервисного доступу (Multi-Access Edge Computing, MEC) і хмарні RAN (C-RAN);

- гнучких шаблонів розгортання мережі на основі малих, мікро і макроячеек;

- різних вимог щодо затримки, надійності та пропускну здатності.

#### 1.4.1 Віртуалізація мережевих функцій (NF)

Мета архітектури мобільної мережі - забезпечити інтеграцію різних технологій, що дозволяє різні варіанти використання в потрібному місці і в потрібний час. Щоб забезпечити більш високу ступінь доступності і гнучкості обслуговування парадигма віртуалізації втратити зв'язок із мережею (NFV) була застосована і в мережах мобільного доступу.

Функціональність мобільної мережі розклали на більш дрібні функціональні блоки. Кожен блок може бути замінений і може бути індивідуально створений для кожної логічної мережі, що працює в одній і тій же інфраструктурі. Функціональні блоки надають певні мережеві можливості для підтримки і реалізації тієї чи іншої послуги, необхідних для кожного варіанту використання.

Поділ функціональності мобільного мережі буде означати, що фізичні мережеві функції (PNF) можуть виконуватися на «голому металі», тоді як

функції віртуальної мережі (VNFs) - в локальних або віддалених центрах обробки даних (рис. 1.9).

Отже, в залежності від варіанту використання, вимог і фізичних властивостей конкретного розгортання, функціональність мобільного мережі виконується на різних об'єктах в мережі. Це накладає ряд проблем; наприклад, сама система не повинна ставати більш складною, і слід уникати впровадження нових інтерфейсів в максимально можливій мірі. Мобільна мережа повинна також інтегрувати застарілі технології, щоб гарантувати, що вона може працювати з існуючими мережами.

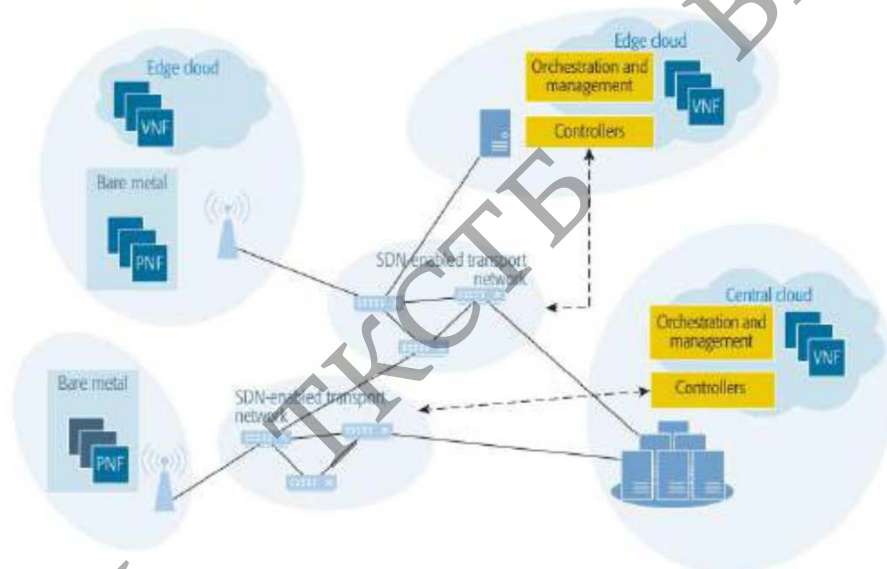


Рисунок 1.9 - Взаємозв'язок фізичної архітектури і віртуальних мережевих функцій

Мережеві функції (NF) можуть бути фізичними (комбінація апаратного і програмного забезпечення для конкретного постачальника, яка визначає традиційне спеціально побудоване фізичний пристрій) і / або віртуалізованими (мережеве функціональне програмне забезпечення відокремлено від апаратного забезпечення, на якому воно працює).

Основною перевагою описаної концепції є можливість використовувати переваги централізації, оптимізувати роботу мережі з фактичної топологією

мережі та її структурними властивостями, а також використовувати алгоритми, оптимізовані для конкретних сервісів, тобто оптимізувати за допомогою різного програмного забезпечення замість параметризації.

#### 1.4.2 Сегментація мережі (Network Slicing)

Консорціум 3GPP визначає сегментацію мережі як технологію, яка «дозволяє оператору створювати мережі, налаштовані для надання оптимізованих рішень для різних ринкових сценаріїв, які пред'являють різноманітні вимоги, наприклад, з точки зору функціональності, продуктивності та ізоляції [16].

Для MCE-T поділ мережі сприймається як логічно ізольовані мережеві розділи (LINP), що складаються з декількох віртуальних ресурсів, ізольованих і оснащених програмованим управлінням і площиною даних [16].

Концепція консорціуму 3GPP [9, 29] дозволяє використовувати одну й ту ж саму інфраструктуру мобільної мережі декількома різними операторами, кожен з яких реалізує свою власну логічну мережу, наприклад, логічний мережу для мобільного широкосмугового зв'язку з дуже високою пропускну здатністю, логічну мережу, що з'єднує величезна кількість датчиків або логічну мережу, що забезпечує критично важливу інфраструктуру для керування трафіком. Отже, кожен мережевий шар задовольняє різним вимогам і виконує різні завдання (рис. 1.10).

Крім віртуалізації, ключовим процесом сегментації є оркестровка (Orchestration). У загальному сенсі оркестровка - це технологія як об'єднання, так і узгодження розрізнених речей в єдине ціле. Згідно Open Network Foundation (ONF) [15], оркестровка визначається як безперервний процес вибору і використання ресурсів для задоволення потреб клієнтів відповідно до критеріїв оптимізації, причому всі доступні ресурси, вимоги до сервісу і критерії оптимізації можуть бути змінені.

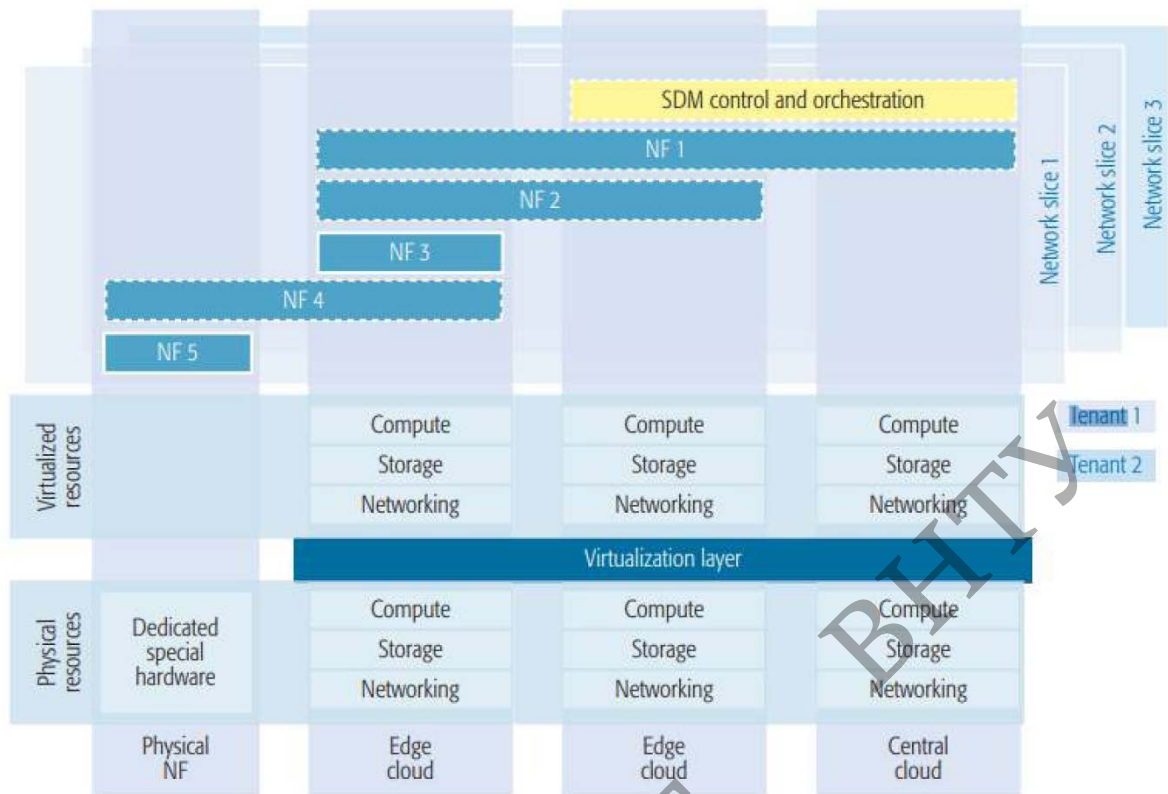


Рисунок 1.10 - Концепція сегментації мережі

Мережевий зріз являє собою набір функцій мобільного мережі (або груп функцій) і певний набір технологій радіодоступу (RAT) (або конкретних конфігурацій RAT), необхідних для роботи наскрізний (автономної) логічної мобільної мережі. Цей набір мережевих функцій і конфігурацій може бути об'єднаний таким чином, що функціональні можливості площини даних і функціональності прив'язані до вимог різних варіантів використання, мережевих клієнтів або бізнесмоделей. Дана технологія забезпечує як багатопрофільний, так і сервісний набір мобільних мереж.

На рис. 1.10 показано, як різні мережеві функції (NF) можуть бути створені на різних мережевих елементах в залежності від мережевого зрізу (служби), тобто фізичні NF будуть розгорнуті на не віртуалізованому обладнанні, а на різних рівнях примірників крайових хмар надаватимуться віртуальні ресурси на додаток до центрального хмарі. Кожен мережевий зріз складається з функцій

відповідно до потреб служби; наприклад, послуги з низькою затримкою вимагають розподілу більшості мережевих функцій на краю.

Крім багатокористувацької мережі, сегментація мережі додатково служить засобом для розгортання кількох примірників мобільної мережі, орієнтованих на обслуговування одного оператора мобільної мережі (MNO), кожен з яких звертається до конкретного варіанту використання з певним набором вимог (наприклад, мобільного широкосмугового зв'язком або IoT). У цьому контексті вищезгадана концепція «втратити зв'язок із мережею» забезпечує спільну оптимізацію функцій мобільного доступу і базової мережі.

#### 1.4.3 Керування програмно-конфігурованою мобільною мережею

Істотними ідеями SDN для Інтернету є поділ площин даних і керування, і використання логічного централізованого керування для вирішення проблеми пересилання в великомасштабних мережах. Очевидно, що програмно-конфігурована мобільна мережа (SDMN) не може бути простим розширенням концепції SDN для Інтернету, оскільки радіодоступ в мобільних мережах відрізняється від маршрутизації в Інтернеті. Програмні функції в SDMN повинні задовольняти конкретним потребам мобільних мереж. В [12] виділено три основні напрями досліджень предметної області: ідеї, отримані з SDN для Інтернету, централізовані рішення, подібні C-RAN, і підходи, що застосовуються на мобільних терміналах.

SDN-орієнтовані підходи. Більшість досліджень SDMN засноване на початкової концепції SDN. Спільними рисами є поділ керуючих та інформаційних площин і використання логічного централізованого керування (OpenRoad, Softcell).

C-RAN-орієнтовані підходи. Підходи, орієнтовані на CRAN, централізують не тільки керування, а й частина обробки радіосигналу в мережі (SoftRAN).

Підходи, орієнтовані на мобільність. Підходи, орієнтовані на мобільні платформи, застосовують SDN-дизайн в RAN. Необхідність такого підходу

пов'язана з адаптацією повітряного інтерфейсу, а також координацією дрібнозернистої радіофункції в щільних бездротових мережах (MAClet).

Концепція необхідна для гнучкого керування як гнучкими мережевими функціями, так і набором мережеских зрізів. Таке керування має бути програмованим, щоб адаптувати поведінку мережі до поточних вимог. Функціональність виходить за рамки поділу площині керування і даних, включаючи керування функціональністю RAN, а також площину керування мобільною мережею.

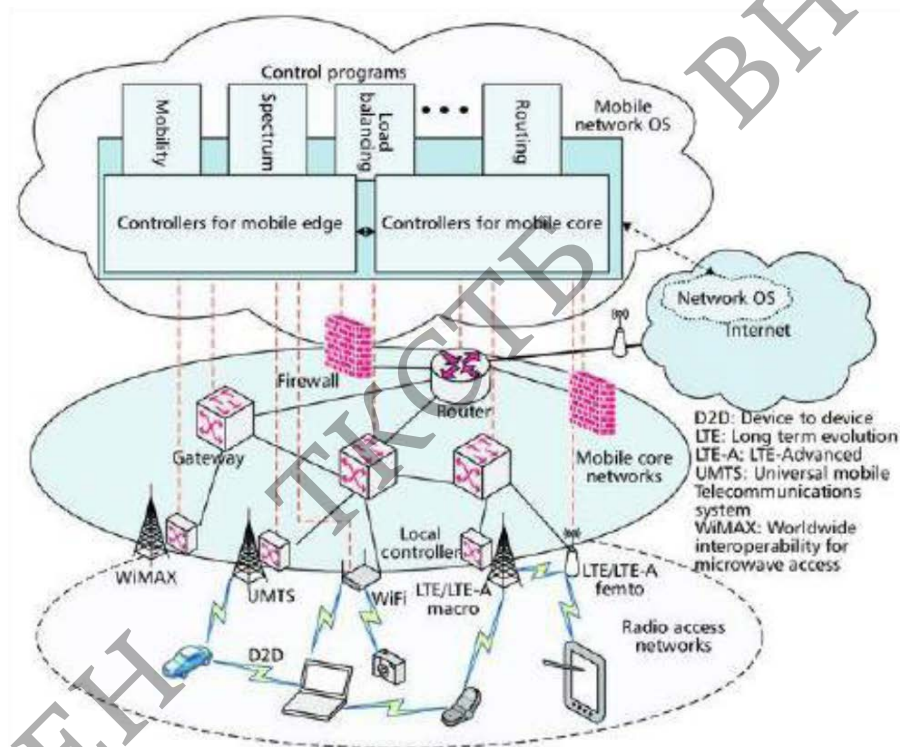


Рисунок 1.11 - Спрощена архітектура SDMN

Віртуалізація NF, керування SDMN і оркестровка мобільної мережі забезпечують новий рівень спільного використання шляхом відділення ресурсів інфраструктури від прикладного програмного забезпечення та поділу площині керування і даних. Це значно спрощує розбиття ресурсів мережевої інфраструктури між різними операторами (або орендарями).

## 1.5 Цифрове мовлення

Завдяки технологічній трансформації зростає феномен взаємопроникнення і взаємодії таких мереж, як телекомунікаційна мережа, комп'ютерна мережа Інтернет і мережа телерадіомовлення. Мережа Інтернет розширюється найбільш активно, і є найбільш зрілою серед трьох мереж. Будівництво волоконно-оптичних ліній зв'язку, розробка і застосування бездротових мереж мобільного зв'язку 4G значно покращує процес конвергенції мереж. У міру розвитку Інтернету наступного покоління набуває не лише сфера інтернетпередачі даних, але і передача програм цифрового телебачення і відеодзвінків високої чіткості. Телекомунікаційна індустрія розвиває телебачення IPTV шляхом розвитку широкосмугового кабельної мережі, а мобільне телебачення - через бездротову мережу мобільного зв'язку. Розвиток IPTV і мобільного телебачення є результатом еволюції телекомунікаційної мережі. Протягом останнього десятиліття зросло значення цифрового (мультимедійного) контенту. Паралельно з використанням нових способів поширення та передачі контенту, Інтернет розглядають як ефективний засіб для взаємодії, а також для обміну контентом та інформацією. Можливість спільного використання телебачення і Інтернету створює нову мультимедійну середу. Зміни торкнулися і телебачення [9]: воно переходить від аналогового до цифрового, від запланованих передач до телебачення на вимогу в Інтернеті, від прямого перегляду до споживання контенту, пов'язаного з додатковими послугами, від одиночного телеглядача до глядача, який є частиною соціальних мереж і співтовариств, пов'язаних з телевізійним контентом, від єдиного екрану до багатоекранного перегляду і т. д.

Можна виділити 4 аспекти розвитку мереж телерадіомовлення:

1. перехід від невеликої мережі до великої мережі;
2. від аналогового до цифрового;
3. від односпрямованого до двонаправленого
4. від перегляду телевізора до використання телевізора.

У січні 2018 року в Україні повністю реалізований унікальний проект - єдиний цифровий інформаційний простір, що забезпечує доступність для всього населення 32 обов'язкових загальнодоступних телевізійних каналів [5]. На розвиток систем телевізійного мовлення негативний вплив надає недостатність частот і висока вартість передачі [3].

Технології поширення мультимедіа використовуються в телевізійних продуктах і послугах. Впровадження мереж на базі мобільного та широкосмугового IP-протоколу на додаток до існуючих супутникових, кабельних і наземних платформ дозволило використовувати мультимедійний контент на персональних пристроях, таких як мобільні телефони і ПК. Високоякісні телевізійні приставки підтримують інтерактивність, фірмові операційні системи (наприклад, tvOS) [14], технологію Chromecast built-in [22], що дозволяє транслювати зображення і звук з інших пристроїв, трансляції ігор на великому екрані, передачу контенту з стрімінгових сервісів і забезпечують доступ через телевізійний екран до інтернет-додатків. Крім того, впровадження високорівневого проміжного програмного забезпечення [9], такого як мультимедійна домашня платформа (MHP) [16], і широке впровадження стандартних специфікацій цифрового відеовещання (DVB-S / C / T / H для супутникового, кабельного, наземного і мобільного ТВ відповідно) забезпечують загальну платформу для мовлення і розробки додатків незалежно від інфраструктури. З іншого боку, потреби користувачів постійно розвиваються, що призводить до нових вимог до додатків і послуг.

Комбіновані технології мовлення і широкосмугових мереж збагачують мовні програми використанням персоналізованих телевізійних послуг з веб-контентом. Персоналізований контент може доставлятися через широкосмугові мережі. Наприклад, «Гібридне широкосмугове ТВ-мовлення (HBBTV)» - це нова європейська ініціатива, спрямована на розробку альтернативи телевізійних технологій шляхом надання відкритої платформи мовним компаніям для надання інтерактивних послуг за запитом і телевізійних послуг на вимогу для кінцевих користувачів [19].



T- government (Т-уряд) - це широкий набір послуг, адресованих громадянам (наприклад, про охорону здоров'я, освіту, туризмі, оплаті рахунків), що надаються державною адміністрацією та доступних через цифрове телебачення [15].

Однією з можливостей, що надаються Т-урядом, є сприяти використанню державних послуг на базі ІКТ групам людей (наприклад, пенсіонерам, користувачам з обмеженими можливостями), які не мають доступу до Інтернету або не мають необхідних навичок його використання. Для цих людей досвід роботи з телебаченням і дистанційним керуванням може стати ключовим навиком для того, щоб вони стали ефективними користувачами вищезазначених послуг та спробували скоротити цифровий розрив.

Можливі послуги можна розділити на кілька категорій:

1. соціальні послуги: охорона здоров'я, соціальна допомога та інвалідність, вихід на пенсію, робота і професія;
2. навколишнє середовище і туризм: навколишнє середовище, туризм, пробки на дорогах і культурні заходи;
3. освіту: дитячі сади, школи та університети;
4. відносини з державним управлінням: інституційна діяльність;
5. громадяни і вибори.

Послуги можуть носити як інформаційний, так і інтерактивний характер (використовують зворотний канал і смарт-карти). Перші надають інформацію про послуги, що пропонуються громадянам муніципальними утвореннями, і здійснюваних культурних ініціативах. Інтерактивні сервіси дозволяють користувачеві (після аутентифікації), наприклад, оплачувати штрафи за допомогою кредитної картки; візуалізувати стан запиту про надання освітніх послуг (наприклад, дитячим садом) і т. п.

Основним ефектом впровадження нової технології є зростання користувачів послуг цифрового телебачення, користувачів інформаційних послуг та інтерактивних послуг.

Індустрія мовлення переживає період значних змін, які впливають на те, як проектується, розгортається і експлуатується інфраструктура мовлення і розвитку мережі. Так, в [9, 14] запропоновано використовувати програмно-конфігуровані мережі (SDN) і віртуалізацію втратити зв'язок із мережею (NFV) для перетворення мереж мовлення та поширення контенту.

#### 1.6 Особливості забезпечення якості послуг в інфокомунікаційному середовищі

Існуючі концепції керування трафіком базуються на механізмах керування якістю обслуговування. На рівні техніки якість обслуговування (QoS) відноситься до таких показників, як пропускна здатність, доступна смуга пропускання, затримка передачі даних, втрата пакетів і т.д. На рівні користувача використовується поняття «Якість сприйняття» (QoE) і до його основними показниками відносять час відгуку і час завершення. Технічні показники якості обслуговування мережі не враховують суб'єктивізм оцінок якості сприйняття клієнтами і не гарантують їх належного рівня.

У сучасній мультисервісної мережі обслуговується різномірний трафік і можна виділити три категорії складності, що впливають на вибір методу керування трафіком: - географічна. Інтернет складається з високошвидкісних каналів зв'язку, швидких комутаторів, що становлять «ядро», і джерел трафіку на «краю» мережі, відстані від краю до ядра сильно розрізняються, а топологія мережі досить складна. Ширина смуги пропускання на рівні доступу варіюється в широких межах, а мобільний доступ змінює просторові характеристики створеного трафіку. Джерела трафіку розподілені неоднорідно: концентруються, наприклад, в таких місцях, як університети і великі корпорації; - багат шаровий характер вимог до трафіку. Наприклад, рівні активності користувачів в різні періоди часу можуть варіюватися як якісно, так і кількісно. Додатки користувачів використовують безліч протоколів, які генерують різні шаблони трафіку, і, нарешті, самі основні об'єкти послуг (текст, аудіо,

зображення, відео) мають різні властивості; - тимчасова. Всі вищевказані характеристики трафіку змінюються в часі і проходять в дуже широкому діапазоні часових масштабів через щоденні і щотижневі цикли, аж до еволюції явищ протягом кількох місяців і років.

Для керування мережевими ресурсами і забезпечення належної якості обслуговування застосовуються різноманітні технологічні рішення. Існують дві фундаментальні архітектури якості обслуговування QoS: Integrated Services (Intserv) і Differentiated services (Diffserv). Ці моделі містять різні типи механізмів, які забезпечують рішення для мережевого трафіку [19, 25]. Метою Diffserv є класифікація трафіку за групами та обробка різних груп трафіку по-різному, мета Intserv - колективне обслуговування для подачі вимог до трафіку в домені, а також для обмеження попиту / резервування ресурсів. У моделі DiffServ для визначення та керування мережевим трафіком за класами, «клас» може бути позначений безпосередньо в пакеті, на відміну від моделі IntServ, де потрібно протокол сигналізації RSVP, щоб повідомити маршрутизаторів, які потоки пакетів вимагають спеціальної обробки.

Стимулом для моделі архітектури IntServ (RFC 1633, червень 1994 г.) послужила потреба в додатках реального часу, таких як віддалене відео, мультимедійна конференц-зв'язок, візуалізація і віртуальна реальність. Модель використовує механізми резервування ресурсів і контролю доступу в якості ключових блоків для створення і підтримки QoS в режимах одноадресної і мультиадресної передачі інформації. Архітектура IntServ [18] заснована на створенні віртуальної мережі і використовує два типи каналів: · В (для «пред'явника») призначений для передачі даних; · D (для «даних») призначений для сигналізації і керування (але також можуть використовуватися для даних).

Запити на резервування смуги пропускання надходять з додатків, що вимагають певного рівня обслуговування. Відповідно до цієї моделі, кожен маршрутизатор в мережі повинен впроваджувати IntServ, і кожен додаток, що вимагає гарантії обслуговування, має зробити замовлення. Коли пропускна здатність зарезервована для певної програми, її не можна перепризначити для

іншої програми. Маршрутизатор між відправником і отримувачем визначають, чи можуть вони підтримувати резервування, зроблене додатком. Якщо вони не можуть його підтримувати, вони повинні повідомляти одержувача. Такий підхід вимагає зберігання в маршрутизаторах інформації про активні потоках. Більш того, кожен раз при зміні топології все зарезервовані шляхи необхідно прокладати заново, а це значно збільшують навантаження на маршрутизатори [27]. Intserv заснований на попередньому резервування мережевих ресурсів і забезпечують наскрізне (на всьому шляху проходження трафіку) якість обслуговування, гарантуючи необхідну пропускну здатність.

Необхідність збереження й поповнення інформації про стан передачі в кожному маршрутизаторі, що переноситься на такі глобальні мережі, як Інтернет, віддаляє RSVP від реальності. Проте з'явилися дослідження [19, 26] про застосування RSVP в MPLS або в Traffic Engineering, так як в цих випадках значення додаткового трафіку невелика, що робить його більш керованим і знижує вартість обладнання.

Архітектурна модель Differentiated Services (DiffServ) (RFC 2475, грудень 1998 г.) [12, 14] забезпечує найкращий можливий рівень обслуговування QoS в існуючому середовищі шляхом диференціації трафіку.

Наприклад, DiffServ зменшить затримку в трафіку, що містить голосове або потокове відео, забезпечуючи при цьому найкращий сервіс для трафіку, що містить передачу файлів. Для диференціації використовуються такі параметри, як користувач (відносні пріоритети одних протоколів по відношенню до іншими), вимоги до сервісів (наприклад, пропускну здатність, величина затримки і рівень втрати пакетів) і т. д. Пакети маркуються пристроями DiffServ на кордонах мережі інформацією про необхідному ними рівень обслуговування. Інші вузли мережі зчитують цю інформацію і відповідно відповідають за надання необхідного рівня обслуговування. DiffServ заснований на розбитті трафіку по класах, для кожного з яких визначаються свої вимоги по QoS. Дана модель сама по собі не передбачає забезпечення гарантій, що надаються. При такому підході

відправник і одержувач обмінюються вимогами до якості обслуговування (на відміну від RSVP), що збільшує швидкість реакції і скорочує додатковий трафік.

Багатопротокольна комутація міток (MPLS) [12, 13, 18] - технологія швидкої комутації пакетів в багато протокольних мережах, заснована на використанні міток. Пакетам присвоюється мітка при вході в мережу MPLS, і вся подальша обробка пакетів в мережі MPLS заснована тільки на цій мітці. Будь-який передається пакет асоціюється з тим чи іншим класом мережевого рівня (Forwarding Equivalence Class, FEC), кожен з яких ідентифікується певною міткою. Значення мітки унікальне лише для ділянки шляху між сусідніми вузлами мережі MPLS, які називаються маршрутизаторами, комутуючими по мітках (Label Switching Router, LSR). Мітка передається в складі будь-якого пакета, причому спосіб її прив'язки до пакету залежить від використовуваної технології каналного рівня. Розподіл міток між LSR призводить до встановлення всередині домену MPLS шляхів з комутацією по мітках (Label Switching Path, LSP). Кожен маршрутизатор LSR містить таблицю, яка ставить у відповідність парі «вхідний інтерфейс, вхідна мітка» трійку «префікс адреси одержувача, вихідний інтерфейс, вихідна мітка». Отримуючи пакет, LSR за номером інтерфейсу, на який прийшов пакет, і за значенням прив'язаної до пакету мітки визначає для нього вихідний інтерфейс (рис. 1.12).

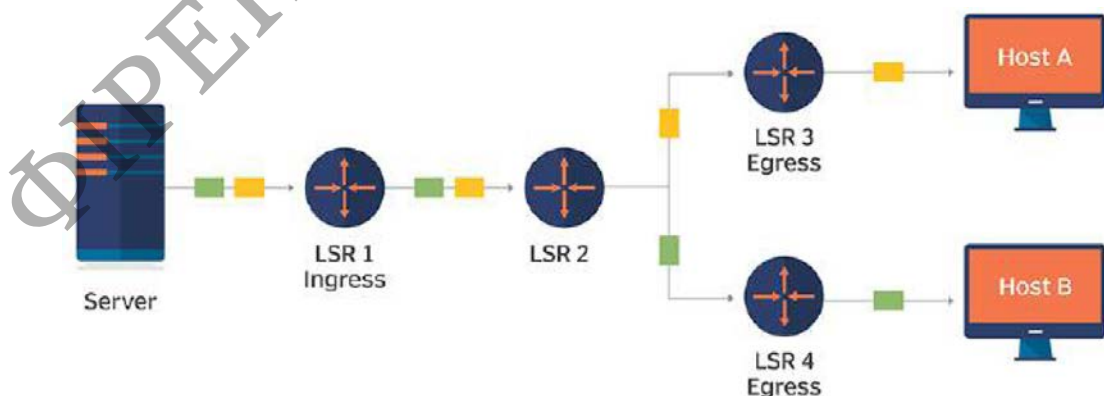


Рисунок 1.12 - Базова мережа MPLS

LSP можуть відповідати конкретним угодам про рівень обслуговування по затримці трафіку, джиттеру, втрати пакетів і простою. Наприклад, мережа може мати три рівня обслуговування, які визначають пріоритети для різних типів трафіку - наприклад, один рівень для голосу, один рівень для чутливого до часу трафіку і один рівень для Best Effort трафіку. MPLS також підтримує поділ трафіку і створення віртуальних приватних мереж (VPN), віртуальних приватних LAN-сервісів і віртуальних виділених ліній. Одною з найбільш помітних переваг MPLS є те, що вона не прив'язана до жодного протоколу, ні до транспортного засобу. Вона підтримує передачу через IP-протокол, Ethernet, ATM і Frame Relay; будь-який з цих протоколів можна використовувати для створення LSP.

Спочатку MPLS був представлений як спосіб підвищення швидкості просування пакетів по мережі з пакетною передачею даних, але тепер він стає важливою стандартною технологією, яка дозволила розробити ряд механізмів, що дозволяють підвищити рівень доступності, надійності і оптимальності мережі. MPLS також використовується Traffic Engineering для керування потоками трафіку через мережу, оптимізуючи використання ресурсів і продуктивність мережі [18].

Різноманітні мережеві технології сходяться на IP-технології, що дозволяє змішувати і погоджувати програми та функції в будь-якої послуги з точки зору кінцевого користувача і знижувати капітальні витрати та операційні витрати з точки зору постачальника послуг. Все більше рішень впроваджується для уніфікованих комунікацій, і в рівній мірі багато хто використовує їх в якості розміщених сервісів, також званих «Програмне забезпечення як послуга» (SaaS) або Cloud Computing. Також сьогоденні мережі обслуговують безліч критично важливих додатків реального часу. При використанні цих видів послуг інтернетсоединеніє часто стає основною проблемою.

QoS ґрунтується на вимірюваннях різних мережевих показників, таких як втрата пакетів, латентність, джиттер, пропускна здатність і т. д., щоб зрозуміти поточну ситуацію і порівняти її з цільовою. Традиційні рішення QoS реалізуються статично, вимагають ручного налаштування і засновані на

необхідності формування трафіку і резервування смуги пропускання для потенційного використання. Це створює ряд недоліків, з яких найбільш очевидними є те, що:

- зарезервована смуга пропускання втрачається, коли вона не використовується;
- зарезервована смуга пропускання має фіксований розмір і в разі її перевищення приводить до погіршення якості послуг;
- традиційне QoS вимагає, щоб все обладнання було налаштоване ідентично з використанням однієї і тієї ж схеми QoS і що інтернет-провайдер (ISP) використовує конфігурацію QoS для розподілу пріоритету в ядрі ISP.

Отримання QoS від інтернет-провайдера зазвичай є дорогим сервісом, і гарантує QoS тільки в ядрі ISP. Якщо використовуваний постачальник послуг знаходиться за межами ядра ISP, вимоги QoS не зберігаються, хоча і оплачуються. - кожен провайдер послуг має різні реалізації своїх функцій і можливостей QoS і іноді може мати різні уявлення про поняття, таких як QoE або QoX (якість сприйняття) [18], що вносить корективи у визначенні QoS.

Технологія динамічного керування якістю обслуговування Dynamic Quality of Service (DQoS) [21, 27] динамічно обробляє весь голосовий, відео- та інформаційний трафік виходячи з поточних потреб. Використання в інфокомунікаційної середовищі таких перспективних технологій, як машинне навчання (Machine Learning, ML) і штучний інтелект (Artificial Intelligence, AI), дозволить не тільки виявляти аномалії в мережах, але і реагувати оптимальним чином.

Пропоновані сьогодні технологічні рішення (ICN, SDN, NFV, Network Slicing, SDMN, Orchestration, IntServ, DiffServ, MPLS) мають яскраво виражену тенденцію самоорганізації в сторону інформаційно-керованих мереж (ІКМ). У цьому світлі запропоновано розглянути ІКМ в якості перспективної структури.

### 1.7 Відмінні риси технологічних концепцій, що зменшують вплив лавиноподібного зростання трафіку

В результаті проведеного дослідження можемо виділити наступні відмінні риси концепцій, що застосовуються і в ІКМ:

1. Архітектура ICN підтримує внутрішньомережеве кешування і багатоадресні механізми, що полегшує ефективну і своєчасну доставку інформації користувачам.

2. Тип послуги, пов'язаний з мережевим зрізом (Network slicing), визначає необхідні ресурси і обробку послуги.

3. Network slicing об'єднує різноманітні ресурси, забезпечуючи перекривається рівень обслуговування, який надає нові можливості для ефективної конвергенції мереж і послуг.

4. Network slicing забезпечує необхідний рівень обслуговування при різних умовах роботи мережі, кількості обслуговуваних користувачів або географічній зоні обслуговування через мобільності користувача.

5. Зріз мережі забезпечує цілісну наскрізну віртуальну мережу для даного орендаря.

6. NFV забезпечує динамічне надання послуг, тобто послуги можуть масштабуватися в міру зростання в міру необхідності в умовах динамічно мінливих призначених для користувача вимог для ефективного використання доступних ресурсів.

7. У SDN контролер має глобальне мережеве уявлення, яке полегшує збір і аналіз трафіку.

8. У SDN контролер може управляти маршрутизацією потоків трафіку, змінюючи таблиці потоків в комутаторах. У SDN контролер відповідає за розрахунок політики маршрутизації для кожного нового потоку.

9. SDN є централізованою архітектурою і може збирати статистику від комутаторів на рівні портів і рівнів деталізації потоку, на основі яких можуть прогнозуватися QoS / QoE.



10. Архітектура DiffServ призначена для класифікації та керування різними типами трафіку

11. Архітектура IntServ використовує механізми резервування ресурсів і контролю доступу в режимах одноадресної і многадресної передачі інформації, дозволяє відносно точно контролювати потоки трафіку і зазвичай використовується в невеликих мережах або між тісно пов'язаними мереж.

12. MPLS забезпечує надійні з'єднання для додатків реального часу, що вимагають гарантованої доставки. Кожна з цих функцій частково збігається з функціональністю ІУС.

### 1.8 Висновки до розділу 1

1. В результаті аналізу процесів, що відбуваються в сучасній інфокомунікаційній середовищі і особливостей трафіку були виділені наступні фактори, що впливають на збільшення трафіку в сучасних і конвергентних мережах майбутнього покоління (NGN), включаючи мережі п'ятого покоління (5G): повсюдний комп'ютинг (Ubiquitous Computing, UbiComp); еволюційні процеси мереж мобільного зв'язку; еволюційні процеси мережі Інтернет; конвергенція мереж, технологій і послуг

2. На вибір методу керування трафіком впливають його просторові характеристики (топология, ширина смуги пропускання, мобільний доступ, розподіленість джерел), якісна і кількісна варіативність активності користувачів і до того ж всі перераховані вище характеристики змінюються в часі і проходять в дуже широкому діапазоні часових масштабів через цикли (день, тиждень, місяць, рік).

3. Основні мережеві парадигми фіксованої / мобільної або бездротової / провідної / оптичної мережі зосереджені на простоті і гнучкості, передачі будь-якого виду трафіку незалежно від просторових і часових характеристик середовища і базуються на механізмах керування якістю обслуговування.

4. В якості перспективних стратегій і методів вирішення проблеми збільшення обсягів очікуваного трафіку пропонуються: сегментація мережі (Network Slicing), віртуалізація мережевих функцій (NFV), програмноконфігуріруемые мережі (SDN, SDMN), інформаційно-орієнтовані мережі (ICN).

5. Завдяки технологічній трансформації зростає феномен взаємопроникнення і взаємодії таких мереж, як телекомунікаційна мережа, комп'ютерна мережа Інтернет і мережа телерадіомовлення.

6. Пропоновані сьогодні технологічні рішення (ICN, SDN, NFV, Network Slicing, SDMN, Orchestration, IntServ, DiffServ, MPLS) мають яскраво виражену тенденцію самоорганізації в сторону інформаційноуправленческой мережі.

7. Цифрова конвергенція розширює спектр послуг, що надаються, змінює підходи до побудови мереж і відкриває нові можливості як з точки зору постачальника послуг, так і з точки зору кінцевого користувача. Тому інформаційно-управлінські мережі, як область організації інформаційних потоків в сучасних мережах, вимагає проведення додаткових досліджень і є досить актуальною і своєчасною завданням.

ФІРЕН

## 2 МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ОБ'ЄКТІВ І СТРУКТУРИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРОВАНОЇ МЕРЕЖІ В СУЧАСНОМУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

В [4, 6] під ІКМ розуміють комплекс програмно-апаратних та організаційних рішень з побудови мережі, призначений для надання ІК послуг через ширококомовний телевізійний канал шляхом передачі додаткової інформації, яку абоненти можуть отримувати по мережі телемовлення за допомогою спеціального приймального пристроїв, а інтерактивне взаємодія з абонентами організовується за допомогою зворотного каналу, в якості якого пропонується використовувати будь-який доступний абоненту канал передачі даних (наприклад, GSM, Інтернет або ін.)

В рекомендації MCE Recommendation ITU-T Y.2239 «Requirements for Information Control Networks and related applications» дається таке визначення ІКМ: інформаційно-управлінська мережа - логічна мережа, що надає послуги через інфраструктуру цифрового телебачення, що характеризується високонадійній передачею даних, управлінням послугами та контролем трафіку [15].

В рекомендації MCE Recommendation ITU-TY.2222 «Sensor control networks and related applications in a next generation network environment» [14] вводиться поняття модифікації ІКМ, яка застосовує бездротові технології зв'язку і принципи самоорганізації: сенсорні керуючі мережі (СКМ) - сенсорна мережа, що складається з mote (сенсорний вузол), призначених для керування одним або декількома actuator (виконавець). Управління реалізується в режимі реального часу і в залежності від параметрів навколишнього середовища.

До основних понять ІКМ, що впливає на обсяг (інтенсивність) трафіку і можливості керування ним, відносяться [7]:

- типові інформаційні процеси (ІПТ), які регулярно і багаторазово відтворюються і кількість яких в одному ІКМ принципово обмежена.
- семантична аномалія (СА), що припускає використання одних і тих же понять

(для формування контексту [12, 13, 19]) усіма учасниками ІКМ при взаємодії в процесі виконання ІПТ і способи підтримки спільності СА всіх учасників ІКМ, • семантичні перешкоди, під якими розуміються додаткові сигнали, що змінюють зміст інформації, що міститься в сигналі ІУС.

2.1 Типові варіанти використання інформаційно-керованої мережі для вирішення ряду інформаційних та управлінських завдань

Так як у симплексних мережах передачі даних, таких як мережі розподілу цифрових ТВ і РМ сигналів, реалізований режим «точка багатоточки», то цифрові радіомовні мережі можуть зайняти особливе місце як важлива компонента в багатьох ІКМ, що формуються та/або функціонують в сучасних ІКМ. Багато джерел циркулярно-адресної інформації (інформаційні агентства, міністерства, відомства, сервера і БД провайдерів, колцентри та ін.) є необхідність одночасної розсилки однакової інформації великій кількості абонентів. Важливо також, що всі вони мають ієрархічні структури, що збігаються з ієрархією структури мереж розподілу ТВ і РМ програм. Цей збіг зумовлений принципами територіально-адміністративного поділу країни.

Циркулярно-адресна система на базі ТВ і РМ розподільчої мережі, як частина ІВС, вирішує для великих споживачів ще одне важливе завдання, яке через очевидно великі витрати практично складно здійснити в традиційних мережах передачі даних, а саме: охопити всі свої підрозділи, що знаходяться у різних точках країни, і навіть постійних клієнтів, єдиною технологією. Через віддаленість деякі з них, особливо в глибинці, опиняються на невизначено тривалий період поза охопленням загальної корпоративної мережі. Це стає причиною постійних економічних втрат і, як наслідок, фактором, що стримує розвиток. Тут важливо також, що можливості цієї мережі дозволяє синхронізувати дії різних груп об'єктів ІВС, які беруть участь у відтворенні одного і того ж ІПТ. Управління початком та етапами протікання іншого ІПТ, практично не порушуючи роботу користувачів ІКМ, дозволяє уникнути

виникнення у тій же мережі пікових навантажень. Така побудова ІВС [6] по суті справи відрізняється від інших мереж, насамперед тим, що, по-перше, мають явно позначені центри і, по-друге, потоки інформації від центру до периферії і мають яскраво виражений нерівноважний (за обсягом переданих даних) характер.

На підтвердження наведемо короткий перелік основних завдань, які зазвичай вирішує один з різновидів ІКМ-корпоративна мережа: - створення та доведення до всіх підрозділів законодавчих та нормативних документів; - розробка та швидке та одночасне доведення до ланок керування форм звітності; - підготовка та перепідготовка кадрів; - безпосереднє керівництво, тобто. розсилання вказівок та інших документів; - відправка документів на погодження до інших відомств та вищих організацій; - інформування підприємств галузі про технічні та організаційні новинки; - авторський нагляд за роботою типової апаратури: збирання несправностей та характерних збоїв у роботі апаратури, повідомлення про внесені зміни та необхідні заміни; - розсилання даних про наявність витратних матеріалів та цін на них; - ведення термінологічних словників, у тому числі багатомовних, тобто постійна підтримка єдності СА; - Забезпечення мобілізаційних заходів. Відомо, що мережа розподілу ТВ та РМ програм має шість ієрархічно пов'язаних рівнів (глобальний, міжрегіональний, регіональний, міський, районний, об'єктовий). Для простоти розглянемо трирівневий (федеральний, регіональний та місцевий) фрагмент інформаційно-керуючої (корпоративної) мережі.

У цій мережі: - реалізується однорідність розповсюдження інформації з  $C_1$  усім об'єктам, що нижчим, як проміжного, так і нижнього рівня; при цьому можливі два режими: а) передача вказівок і наказів по ієрархічному ланцюжку: спочатку інформація надходить з  $C_1$  одночасно у всі проміжні об'єкти, а потім після переробки або доповнень передається цими об'єктами одночасно всім підпорядкованим їм об'єктам нижнього рівня; однорідність мережі має місце лише у межах окремих рівнів внутрішнього середовища; б) передача вказівок та наказів об'єктам усіх рівнів внутрішнього середовища одночасно, а абоненти

середніх рівнів, у разі потреби, можуть передавати (по регіональній та місцевій) додаткову розпорядчу інформацію для нижнього рівня; цим досягається абсолютно нова якість у корпоративній мережі одного відомства: однорідність поширення керівної інформації з  $C_1$  по всій території країни всіх рівнях керування, і формується керуючий вплив проміжних рівнів керування; - адресна система передачі повідомлень об'єктам дозволяє формувати  $C_1$  і  $A_{11}$  у разі потреби будь-які поєднання підсистем об'єктів мережі  $C_1$ ;

- принципово асиметричний характер інформаційного обміну між центрами та нижчими об'єктами, дозволяють раціонально використовувати зворотні канали зв'язку та наблизитися до досягнення практичної однорідності щодо передачі інформації зворотними каналами. - зіркоподібні структури виділених каналів зв'язку, що з'єднують ТВ центри, можуть використовуватися як локальна обчислювальна мережа (ЛОМ) внутрішньої та зовнішніх середовищ. При цьому досягається однорідність поширення інформації каналами зв'язку, що з'єднує  $C_1$  з  $C_n$ .

2.2 Технічні рішення, що використовуються при побудові зворотних каналів ІВС

### 2.2.1 Вимоги до інформаційно-управлінських мереж

У цьому рішенні типові розгортання ІВС використовують інфраструктуру цифрового телебачення, орієнтовану на високонадійну передачу даних, керування послугами та керування трафіком, для доставки даних користувачам ІУС та зворотного асиметричного каналу ІВС для передачі запитів обслуговування ІВС від користувачів ІВС. Використання інфраструктури цифрового телебачення є ефективним з точки зору великого географічного охоплення.

ІКМ дозволяє організувати надійне середовище для надання критично важливих послуг, таких як керування надзвичайними ситуаціями, електронний

уряд, електронна комерція та електронна охорона здоров'я шляхом впровадження оператора ІВС як єдиний центр обслуговування [5, 6].

Існують значні відмінності в моделях надання критично важливих послуг порівняно з послугами інших служб, наприклад, розважальними послугами, що надаються гібридним широкосмуговим телебаченням (HbbTV) [b-ETSI TS 102796] [23]: - надання послуг для критично важливих служб часто призводить до деяким безвідкличним діям у фізичному світі (наприклад, ініціювання транспортування товарів, активація медичного обладнання тощо), значні фінансові операції та/або юридично значущі дії (наприклад, заповнення декларації про доходи). Тому вартість помилок або низької якості обслуговування для критично важливих служб є значно вищою, ніж інших послуг; - різноманітність постачальників послуг, яка є гарною умовою для розважальних послуг, може не мати сенсу або бути шкідливою для деяких критично важливих служб (наприклад, послуг електронної охорони здоров'я) і може бути просто неможливою для послуг електронного уряду.

Такі особливості критично важливих служб роблять топологію зірка хорошим вибором для критично важливих служб. Оператор ІКМ створює надійне середовище, яке контролює якість послуг від постачальників послуг та надає уніфікований інтерфейс користувачам сервісу. Таким чином, користувачі ІКМ можуть отримувати критично важливі сервіси від оператора ІКМ у надійному середовищі. На рівні користувача оператор ІКМ є одночасно постачальником послуг та оператором мережі та вважається відповідальним за всі аспекти надання послуг. Однак він не володіє ні мережевою інфраструктурою, ні засобами надання послуг, для надання послуг оператор може укласти контракти з постачальниками послуг та договори на оренду мережної інфраструктури, наприклад, від провайдерів NGN.

На рисунку 2.1 наведено структуру ІКМ та процес надання послуг у ній.

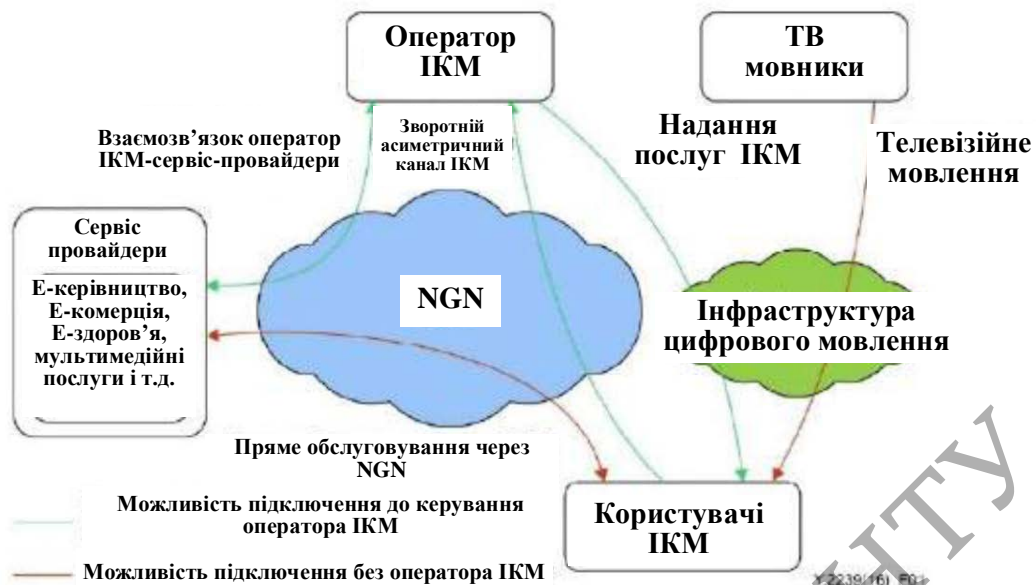


Рисунок 2.1 - Процес надання послуг в ІКМ

Тут зворотний асиметричний канал ІКМ реалізується через NGN.

Крім того, використання інфраструктури цифрового телебачення для доставки даних користувачам ІВС знижує навантаження на мережу NGN у зоні обслуговування ІВС. В результаті ІКМ знижує вимоги до пропускнуєї спроможності для з'єднань NGN, і це вкрай важливо для областей, не охоплених широкопasmовим доступом.

Важливою складовою ІВС, що забезпечує багато переваг цієї топології в порівнянні з іншими, є симплексна циркулярно-адресна система передачі даних, заснована на мережі цифрового ТВ мовлення і яка може бути успішно використана для вирішення інформаційних, управлінських та інших завдань. При реалізації інших завдань показано можливість використання інших технічних засобів, наприклад, сенсорних корпоративних мереж (СКМ) або вітчизняна розробка системи ITU-T Recommendation L.1700 capacity transfer».



## 2.2.2 Механізм універсальної послуги в Україні

Проблема використання зворотного каналу полягає в тому, що він, як і прямий симплексний ТВ канал, повинен охоплювати всіх ЧМС, МС та ІТТ на всій території зони мовлення ТВ програм. А це зробити за допомогою існуючих сьогодні традиційних мереж передачі даних нелегко з огляду на малонаселені пункти проживання, де економічно недоцільно розвивати, наприклад, традиційний стільниковий зв'язок. Система з використанням супутникових каналів передачі теж виявляється економічно затратною. Основним механізмом у вирівнюванні доступності базових послуг має стати введення у практику універсального обслуговування, коли користувачам надається можливість підключення до інфокомунікаційної мережі та використання мінімального набору послуг незалежно від географічного положення та рівня доходів. Забезпечення універсального обслуговування, таким чином, стало однією з основних цілей державної політики в галузі інформаційних технологій та зв'язку та реалізовано на всій території країни. Використання механізму універсальної послуги стало вкрай актуальною подією. Реалізація механізму універсального обслуговування забезпечила доступність базових інфокомунікаційних послуг для мешканців віддалених та важкодоступних регіонів, а також регіонів з низьким рівнем соціального розвитку, порівнянну з доступністю таких послуг у економічно розвинених регіонах.

Порядок надання універсальної послуги зв'язку передбачає лише встановлення телефону для надання послуг телефонного зв'язку в усіх поселеннях, а населених пунктах із населенням понад 500 осіб - пункту колективного доступу до мережі Інтернет. Тобто склад послуги досить обмежений порівняно з розвиненими регіонами, тобто є нерівність у можливостях отримання інфокомунікаційних послуг, з одного боку, жителями мегаполісів та, з іншого, жителями невеликих міст, селищ та сільських населених пунктів. Йдеться про так звану цифрову нерівність.

Цілком раціонально це завдання може бути вирішено шляхом конвергенції мереж передачі даних, включаючи мобільні мережі, мережі універсальної послуги та мережі телерадіомовлення, тобто використання топології ІКМ для вирішення цього завдання ліквідації цифрової нерівності [6, 7]. Першим таким практичним прикладом конвергенції стала конвергенція мереж розподілу аналогового ТВ-мовлення та мереж передачі даних – система ТВ-Інформ, яка була першим у світі досвідом практичної конвергенції мереж розподілу ТВ-мовлення (в аналоговому стандарті) та мереж передачі даних.

### 2.2.3 Стільникова мережа на основі технології перенесення ємності

Існуючі системи мобільного зв'язку в першу чергу призначені для міських районів, де передбачається наявність необхідної інфраструктури (достатня потужність, будівля, доступність, кваліфікована робоча сила тощо) для підтримки мережі електрозв'язку.

Отже, існуючі системи не відповідають специфічним вимогам сільської місцевості та не можуть бути розгорнуті у масовому порядку. Ключова перевага досягається за рахунок ретрансляції стільникового радіоінтерфейсу в смузі частот, відмінної від стандартного стільникового зв'язку, що дозволяє замінювати значну частину базової станції (BS) та лінії НВЧ-зв'язку (ML) або волоконно-оптичних ліній зв'язку, що їх з'єднують.

Розширена зона покриття складається з секторів, що ретранслюються, однієї BS без передачі обслуговування між стільниками між зонами обслуговування CTR, підключених до тієї ж BS. У цьому випадку відбуваються лише внутрішньостінні міжсекторні передачі обслуговування, які, залежно від стандарту та обладнання, можуть оброблятися самої BS. Цей факт дозволяє значно скоротити накладні витрати на сигналізацію та втрати дзвінків, що, у свою чергу, покращує якість обслуговування (QoS), особливо у складних зонах обслуговування.

Використання смуг частот поза смушкою частот стільникового зв'язку CTR для ретрансляції значно зменшує вплив міжсистемних перешкод у порівнянні зі звичайними ретрансляторами. Низьке енергоспоживання CTR дозволяє використовувати альтернативні джерела енергії (сонячні батареї, вітрова енергія), що значно полегшує забезпечення радіопокриття в малонаселених і віддалених районах.

Ця мережа реалізується за допомогою ретранслятора з перенесенням ємності (PPE, CTR). Ретранслятор замінює одночасно базову станцію, радіорелейну лінію та джерело живлення. Спільне використання радіомережі з ретрансляцією ємності кількома операторами (RAN Sharing) додатково знижує витрати для кожного з них [8] та забезпечує багаторазове розширення зон покриття та ємності мережі для кожного з операторів (рис. 2.2).

На рисунку 2.3 показано схему покриття автомагістралі з використанням пропускної спроможності ретрансляторів (CTR1, CTR2, CTR3). BS доповнена блоком передачі (BS-R), який складається з шести приймачів сигналів GSM, що працюють на частотах ретрансляції ( $f_r$ ) за межами стандартних смуг частот GSM (канал ретрансляції), які зазвичай виділяються для передачі даних (наприклад, для ML), – CTR1, що складається з шести приймачів, розміщується зверху наступного в ланцюжку вишок (2):

– два приймачі (X1, X2) CTR1 передають сигнал GSM з частот / на стандартну смугу частот GSM 900 або GSM 1800 і утворюють зону покриття GSM, еквівалентну базовій (рис. 2.4-b) з обох боків вежі;

– чотири приймачі (від X3 до X6) CTR1 передають сигнали GSM від одного набору / несучих частоти до іншого набору / несучих, продовжуючи ланцюжок передачі.

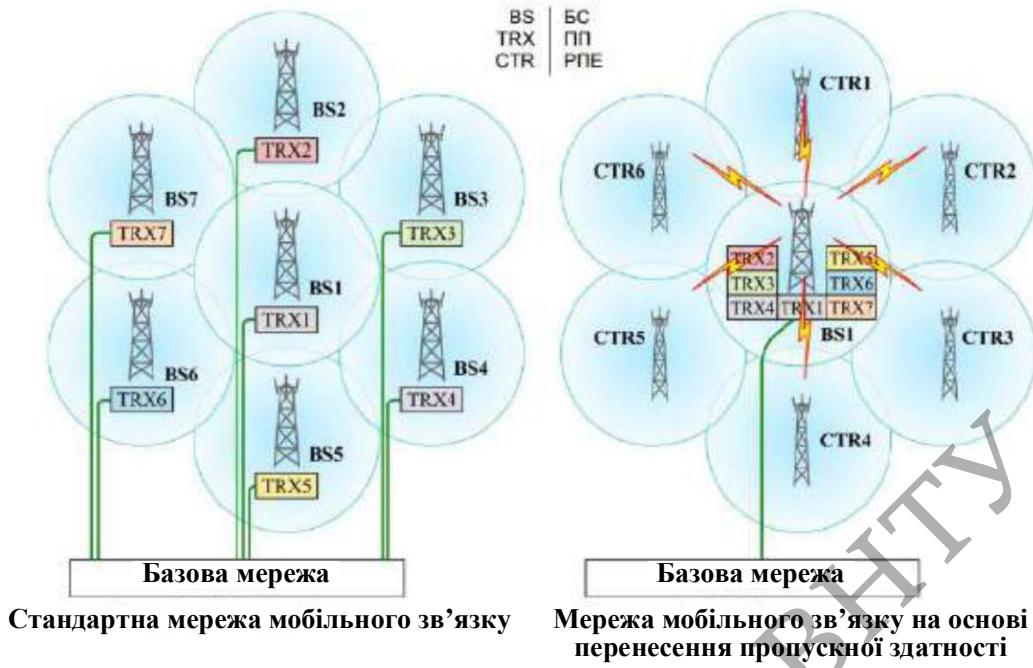


Рисунок 2.2 – Структура сегменту мобільної мережі на основі технології перенесення ємності

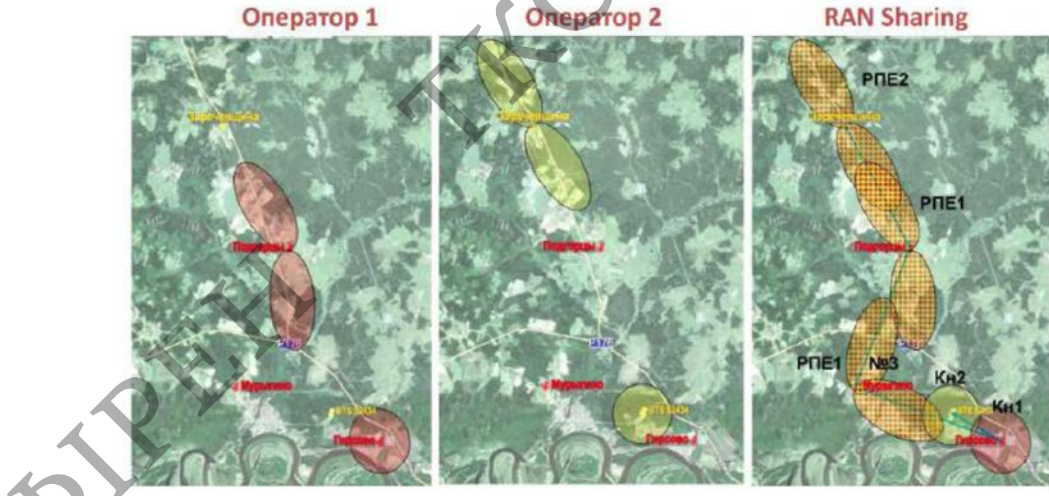


Рисунок 2.3 - RAN Sharing. Спільне покриття зони двома операторами

На вежі (3) встановлено CTR2, що складається з чотирьох приймачів: – два приймачі (X1, X2) CTR2 передають сигнал GSM з частот / на стандартну смугу частот GSM 900 або GSM 1800 і утворюють зону покриття GSM, еквівалентну базовій станції BS3 (рис. 2.4-б) по обидва боки від вежі (3); – два приймачі (X3,

X4) CTR2 передають сигнали GSM від одного набору / несучих частоти до іншого набору / несучих, продовжуючи ланцюжок передачі.

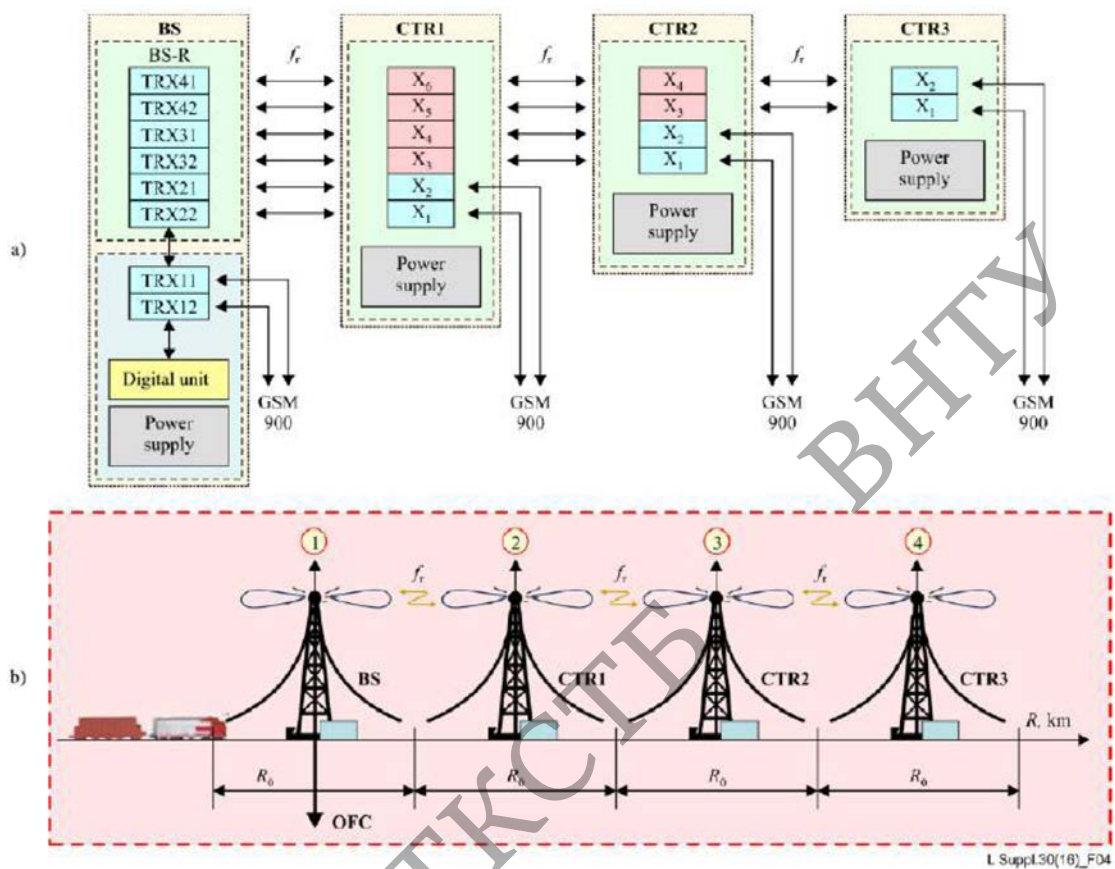


Рисунок 2.4 - Схема транспортування потоків у мобільній мережі з передачею ємності

На вежі (4) встановлено спрощений повторювач - CTR3, який закінчується транспортним ланцюгом.

Система призначена для організації покриття стільникового зв'язку стандарту GSM (в т. ч. GPRS, EDGE) віддалених населених пунктів, автомобільних, залізниць, тобто зон, де встановлення повноцінних базових станцій економічно не вигідне в умовах невеликого трафіку. Ключовими перевагами системи є:

- 1) низькі капітальні та експлуатаційні витрати;
- 2) низьке енергоспоживання;

- 3) ефективне охоплення малонаселених та розсіяних груп населення;
- 4) швидке розгортання системи для надання послуг «останньої милі» для клієнтів з високою економічною ефективністю.

#### 2.2.4 Конвергенція симплексних мереж цифрового мовлення та дуплексних каналів передачі даних

При переході телемовлення до цифрових стандартів потреба у конвергенції симплексних мереж цифрового мовлення та дуплексних каналів передачі (рис. 2.5) і простота її реалізованості значно зросла.

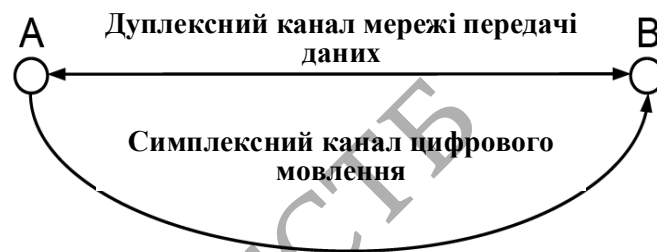


Рисунок 2.5 - Конвергенція симплексного каналу цифрового мовлення та дуплексного каналу передачі даних

Зазначимо, що з розширенням абонентської бази ІКМ ця тенденція лише посилюватиметься, і тому необхідно використовувати всі наявні в ІКМ ресурси. У зв'язку з цим представляє практичний інтерес досвід проведених досліджень, який на апаратно-програмному рівні показав здійсненність конвергенції цифрових симплексних мовних каналів з усіма видами дуплексних мереж передачі даних: супутникового, кабельного, стільникового та фіксованого зв'язку. Впровадження цієї апаратури дозволить у найкоротший термін і без великих економічних та капітальних витрат створити в нашій країні ієрархічну багаторівневу ІКМ, яка зможе забезпечити всьому населенню країни, включаючи і малонаселені пункти, доступ до сучасних інфокомунікаційних послуг.

Перетворення СПД (мереж передачі даних, до якої вже включені й мережі телерадіомовлення) в ІКМ пов'язане, як було зазначено вище, з наданням затребуваних абонентами мережі сервісних та переважно великої номенклатури контентних та сервісних послуг. У цьому світлі телерадіомовлення цікавить ще й як постачальник контенту.

Ключовими питаннями побудови таких систем є:

- розробка шлюзів між цифровими каналами мовлення і дуплексними мережами передачі даних (рис. 2.6). Інкапсулятор у шлюзі підтримує такі методи введення: МПІ – метод багатопротокольної інкапсуляції;

- Data piping – конвеєризація даних; Data streaming - потокова передача (рис. 2.7);

- Впровадження систем керування потоками даних; - Встановлення систем забезпечення захисту інформації;

- Побудова білінгових систем, їх взаємодія з Електронною платіжною платформою (рис. 2.8);

- Впровадження систем захисту авторських прав авторів контенту; - низку інших технічних рішень.

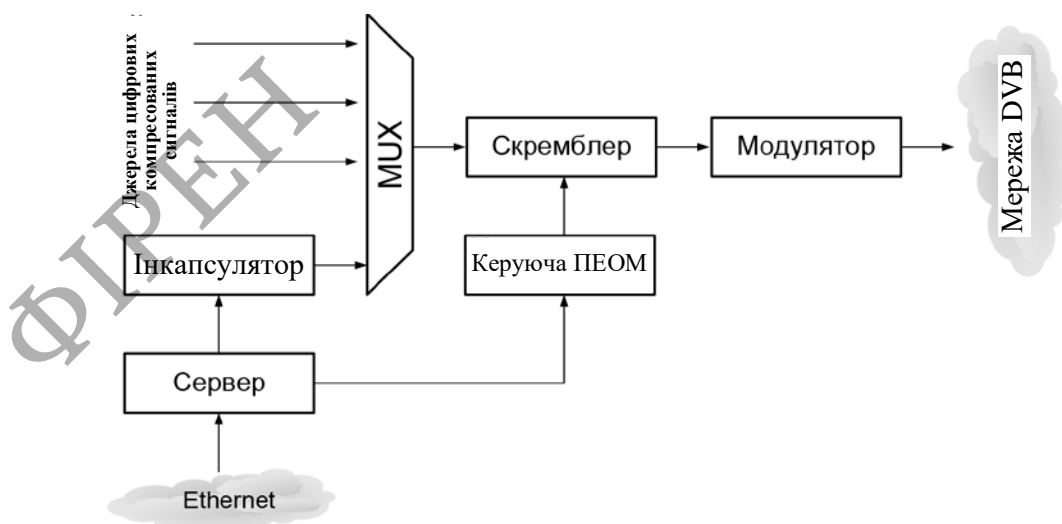


Рисунок 2.6 - Схема організації шлюзу між дуплексною мережею передачі даних та мережею мовлення цифрового ТБ

Слід зазначити, що конвергенція мереж передачі і мереж ТВ-мовлення стає корисною і з погляду взаємного прискорюючого впливу в розвитку абонентських систем та багатофункціональних центрів колективного доступу. Нижче наведено деякі типові рішення такої конвергенції.

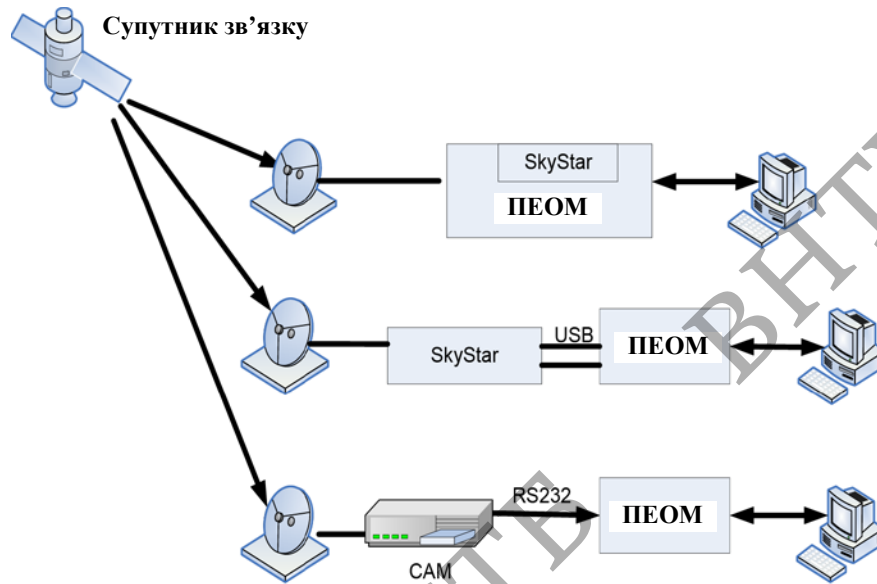


Рисунок 2.7 - Архітектура абонентського сегменту мультисервісної телекомунікаційної мережі

Ключовими елементами ефективного використання існуючих інфраструктур мереж розподілу ТВ програм є:

- досягнення однорідності якісних параметрів передачі додаткової інформації на всіх ділянках мережі розподілу ТВ програм, причому ці параметри повинні бути за достовірністю не гірше, ніж у каналах на основі оптоволоконних кабелів;
- забезпечення інтерактивності цих симплексних мереж за рахунок їх конвергенції з дуплексними мережами передачі даних;
- повне використання всіх топологічних особливостей побудови мереж розподілу ТВ програм;
- забезпечення циркулярно-адресного характеру передачі інформації по створюваним каналам передачі додаткової інформації, причому кількість



індивідуальних адрес принципово має бути більшою, ніж кількість абонентів традиційних мереж зв'язку;

- забезпечення можливості автоматичного заняття всієї смуги мереж розподілу ТВ каналів, у тому числі і під час перерв передачі ТВ програм.

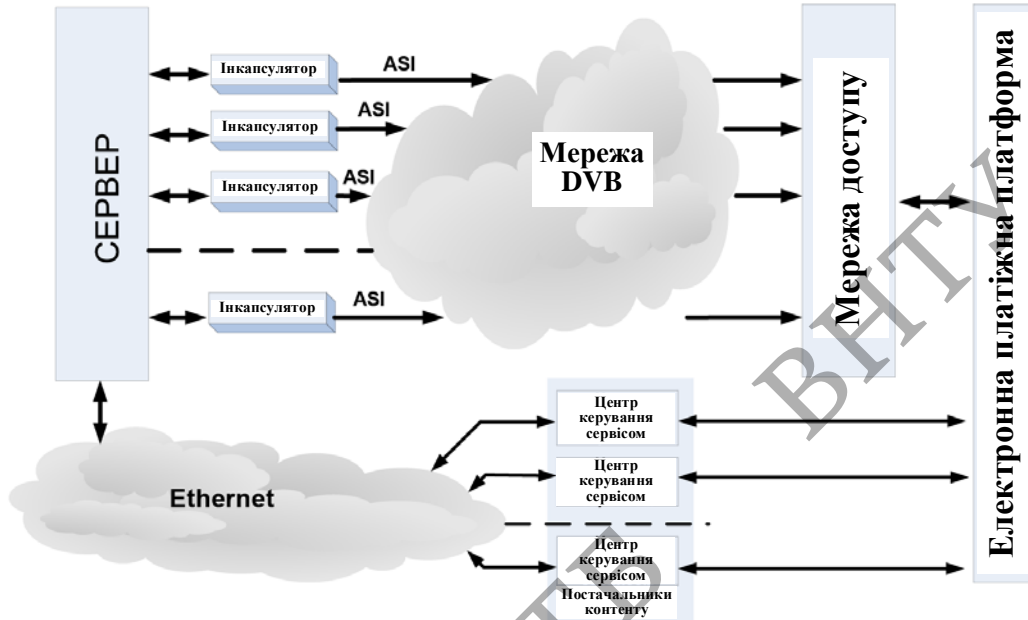


Рисунок 2.8 - Схема організації взаємодії з електронною платіжною платформою

### 2.3 Висновки до розділу 2

1. Інформаційно-управлінські мережі характеризуються наданням масових (тобто затребуваними багатьма та постійно) інформаційних послуг; різким зниженням показника "ізоляції властивості" користувача;

2. Значним об'єктом для опису нелінійних процесів в ІКМ пропонується вважати типовий інформаційний процес (ІПТ). Наявність типових інформаційних процесів забезпечує стаціонарність (стійкість існування) цієї ІКМ.

3. Складові загального показника ефективності функціонування інформаційно-керуючої системи прямо чи опосередковано пов'язані із забезпеченням необхідної локальної (в рамках зони дії ІКМ) ізоляції абонентів

цієї станції ІВС від інформаційного впливу інших ІВС: територіальної ізоляції та ізоляції «властивості».

Напрямки зниження семантичних перешкод пов'язані з необхідністю посилення впливу центру ІКМ на абонента шляхом збільшення кількості та якості впливу.

4. Варіантами використання циркулярно-адресної складової ІВС та мережі зворотного каналу може служити дуплексна система на основі вітчизняних мереж універсальної послуги для мешканців у малонаселених пунктах проживання на території країни та система стільникового зв'язку з ретрансляцією ємності.

5. При переході ТВ мовлення до цифрового стандарту затребуваність конвергенції симплексних мереж цифрового мовлення та дуплексних мереж передачі буде лише зростати.

### 3 ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА КЕРУВАННЯ ТРАФІКОМ В ІВС

Впровадження цифрового стандарту є загальносвітовою тенденцією розвитку телекомунікацій та відкриває великі можливості для надання додаткових інфокомунікаційних послуг населенню. Темпи, глибина та масштаб технологічних змін визначають появу нових принципів передачі, розподілу та обробки інформації. Цифрові алгоритми розширюють спектр сервісів і послуг, що пропонуються, пропонують аудіо і відео високої якості і одночасно знижують потреби в радіочастотному спектрі. Процеси конвергенції мереж зв'язку, перетворення ТЗВВ в мультисервісну мережу [7, 9], використання мовних мереж передачі даних представляють нові можливості для абонента у інформаційній сфері, а всіх сферах діяльності.

Тому змінюються не тільки підсистеми ІКМ та способи їх побудови та експоненційно зростає складність керування інформаційними потоками в ІКМ, але відбувається і реструктуризація трафіку абонентів (об'єктів), що вимагає пошуку нових підходів і до аналізу стану ІКМ, і до прогнозування її розвитку. На чолі робиться спроба вирішити багатокритеріальну задачу побудови раціональної топології ІКМ, що враховує множинність вимог шляхом пошуку раціональної топології окремих підсистем та ІКМ в цілому. Для цього була побудована узагальнена модель ІКМ, заснована на теорії динамічних графів [1] та новому способі структуризації СПД. У розділі представлено графічну структуру ІКМ, сформульовано завдання перетворення мережі та проведено формування узагальненої моделі ІКМ з використанням тензорного обчислення. Наведено варіанти реалізації ІКМ у вигляді двонаправленої асиметричної системи передачі даних. Наведено особливості формування трафіку та керування ним в ІКМ. Викладено результати оцінювання параметрів типового інформаційного процесу

### 3.1 Основні характеристики трафіку. Прогнозування показників

Найважливішими характеристиками трафіку є навантаження, пропускна спроможність та якість обслуговування [8]. У задачах теорії трафіку поняття пропускної спроможності зазвичай застосовується до пучка однакових каналів для визначення величини навантаження (обміну), що пропускається таким пучком каналів при заданій нормі втрат повідомлення або затримай. Пропускна здатність пучка каналів поряд з характеристикою втрат або затримок залежить від статистичних властивостей потоку повідомлень, структури пучка каналів та його ємності (кількості каналів або з'єднувальних пристроїв). При випадкових потоках повідомлень фундаментальною властивістю пропускної спроможності є збільшення питомої пропускної спроможності (у перерахунку на один канал) - питомого трафіку від абонентського трафіку АП<sub>i</sub>-за заданої норми втрат або затримок зі зростанням ємності пучка. Ця властивість ілюструється на рис. 3.1, на якому показані залежності питомого навантаження - питомого абонентського трафіку -  $a$ , Ерл, що пропускається пучком з  $N$  каналів при найпростіших припущеннях та нормі втрат  $V\%$ . Саме через таку властивість прагнуть концентрувати навантаження, домагаючись кращого використання каналів передачі інформації та засобів комутації. Для опису потоків повідомлень (трафіку) необхідно зазначити моменти надходження окремих повідомлень та його тривалості, тобто. час, протягом якого займають засоби зв'язку. Обидві характеристики можна описати послідовністю точок на осі часу (модель потоку однорідних повідомлень).

Знання характеристик трафіку, який будемо позначати як у створюваного користувачами (абонентами, об'єктами) мережі завжди є одним з основних завдань дослідження в галузі побудови мереж зв'язку [8], оскільки з ним безпосередньо пов'язані економічні показники побудови та функціонування мережі: капітальні витрати; можливі прибутки.  $\rho$  Середнє значення трафіку в мережах ТЗЗВ протягом багатьох років визначається як  $\rho = 0,1$  Ерл, який характеризує ступінь потреби користувача (абонента) в інформації

(мовленнєвий), і частку часу, яку він готовий витратити на цю частину своєї діяльності. ІКМ надають принципово нові можливості для абонента (об'єкта) у його інформаційній взаємодії з іншими абонентами (об'єктами) ІВС, такими як ЧМС, МС та ІТТ.

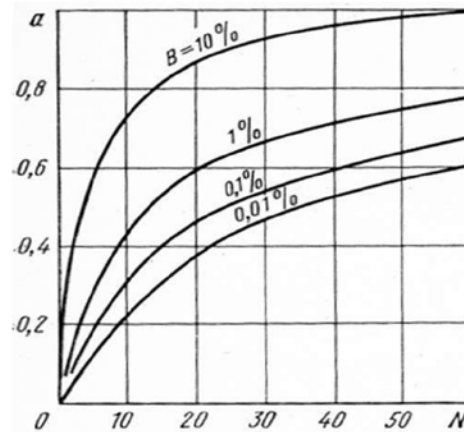


Рисунок 3.1 - Зміна пропускної спроможності від кількості ємності пучка при заданій нормі втрат: - питомий абонентський трафік (Ерл); N – число каналів у пучку; B%-норма втрат

Зазначимо, що під мультисервісною мережею розуміють таку мережу, при якій послуги одному й тому абоненту (ЧМС, МС та ІТТ) можуть надаватися по різномірним каналам зв'язку. Так, у [3] розглядається мультисервісна мережа, яка складається з трьох мереж: телефонної мережі загального користування (ТЗЗВ), стільникової мережі рухомого зв'язку та мережі Інтернет. Тому змінюються не тільки мережа та способи її побудови, а й відбувається реструктуризація трафіку абонентів (об'єктів), що потребує нових підходів і до аналізу стану мереж зв'язку, і до прогнозування її розвитку.

Розподіл абонентського трафіку за годину найбільшого навантаження (ГНН) підпорядковується логарифмічно нормальному закону із середньоквадратичним відхиленням [1].

Питомий абонентський трафік для мережі мобільного зв'язку за результатами вимірювань становить 0,009 Ерл. Характер поведінки абонента

стільникової мережі зв'язку та створюваного ним мовного трафіку не дають підстави для відмови від нормального розподілу в ЧПН та визначення середньоквадратичного відхилення на підставі моделі найпростішого потоку, з врахуванням приналежності до стільникової мережі рухомого зв'язку.

Питомий абонентський трафік для користувачів Інтернету за результатами вимірювань становить близько 0,1 Ерл [8]. Розподіл абонентського трафіку підпорядковується логарифмічно нормальному закону із середньоквадратичним відхиленням 0,45 Ерл. При обчисленні середнього значення навантаження Інтернету та його середньоквадратичного відхилення використовувалися усічені оцінки [2], мінімальне значення тривалості сеансу приймалося рівним 1 хв., максимальне – 2 години. Розглянемо характеристики мережі, на яку визначалося ці величини. Головні з них такі: а) термінали мережі, що знаходяться у абонентів (об'єктів), тобто апаратно-програмні складові МНС, МС та ІТТ мають одні й ті самі властивості, б) не всі потенційні абоненти (об'єкти) функціонують у розглянутий відрізок часу в ІКМ, в) вхідний та вихідний потоки (навантаження, трафік) рівновеликі; г) ініціатива інформаційної взаємодії завжди належить абоненту (користувачу) мережі.

Ці значення стають вихідними положеннями теорії трафіку: вихідний та вхідний трафік для абонентів ТЗЗВ вважаються рівними. Вважається, що це припущення справедливе і для мовного трафіку стільникової мережі рухомого зв'язку. Однак, для користувачів Інтернету практично весь трафік може бути віднесений до вихідного, тобто трафік має чітко виражений нерівноважний характер [8]. Вихідний трафік користувача в мультисервісній мережі, що складається з трьох мереж: телефонної мережі загального користування (ТЗЗВ), стільникової мережі рухомого зв'язку та мережі Інтернет описується тривимірним вектором:

$$Y_0 = \{Y_\phi, Y_c, Y_i\},$$

де  $Y_\phi$  - частина трафіку абонента в ТфОП,  $Y_c$  - частина трафіку абонента в стільниковій мережі рухливого зв'язку,  $Y_i$  - частина трафіку абонента в мережі Інтернету. В [8] дані також кількісні характеристики навантаження

$$Y_\phi = 0,05Eрл, \sigma(Y_\phi) = 0,25Eрл$$

$$Y_c = 0,0045Eрл, \sigma(Y_c) = 0,067Eрл$$

$$Y_i = 0,1Eрл, \sigma(Y_i) = 0,45Eрл$$

На рисунку 3.2 приведені характеристики вектору  $Y_0$  з урахуванням приведених численних оцінок.

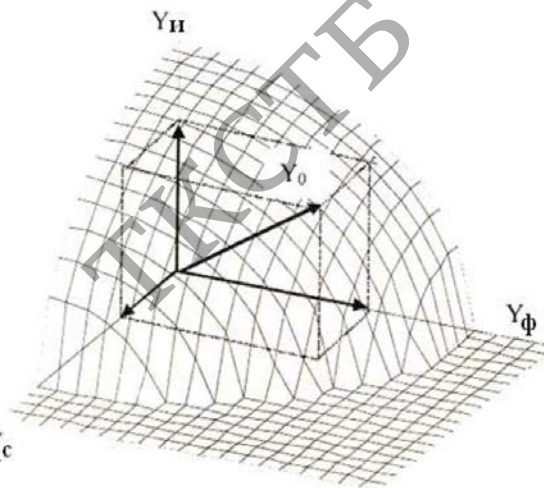


Рисунок 3.2 - Мультисервісний трафік користувача

Якщо потреба абонента обміну інформації дорівнює  $Y_0$ , то умовах реалізації цієї потреби, може бути здійснено трьома основними доступними засобами (стаціонарна мережа зв'язку – ТЗЗВ, стільникова мережа рухомого зв'язку та Інтернет). Загалом  $Y_0$  представляється вектором, який може бути розкладений в тривимірному просторі.

Перенісши результати вимірювань спільного розподілу навантаження на ТЗЗВ та мережі стільникового рухомого зв'язку та Інтернету для абонентських

груп ємністю 1000 користувачів, отримуємо наступні спільні розподіли навантаження для двох поєднань мереж (рис. 3.3 (ТЗЗВ та мережі з мобільними абонентами) та рис. 3.4 (ТЗЗВ Інтернет)).

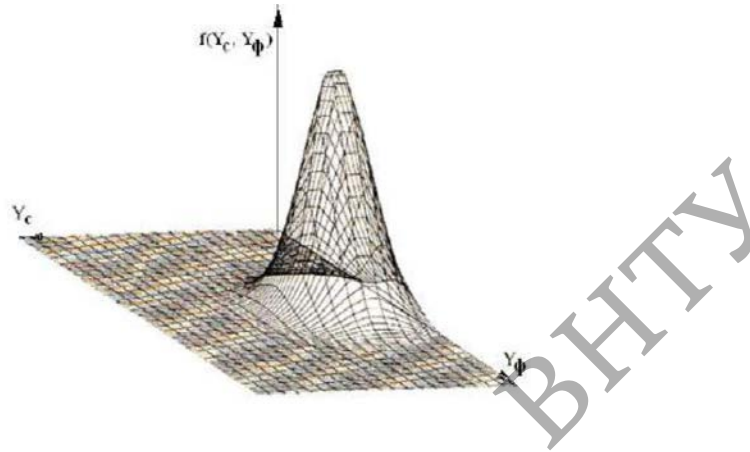


Рисунок 3.3 - Спільний розподіл навантажень  $f(x_c, y_f)$  фіксованої мережі та мережі з мобільними абонентами, що створюється групою з 1000 користувачів

З рис. 3.2 та рис. 3.3 видно, що методи прогнозування, що використовуються для ТЗЗВ в даний час, можуть бути неефективні для мультисервісних мереж.

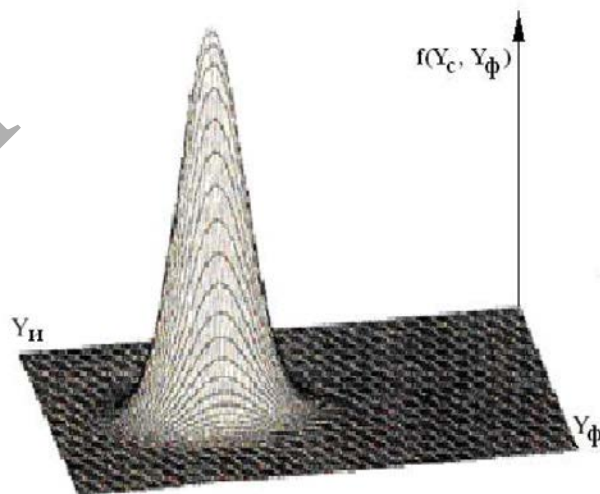


Рисунок 3.4 - Спільний розподіл навантажень  $f(x_i, y_f)$  фіксованої мережі та мережі Інтернет для групи з 1000 користувачів

Для вирішення цих питань були використані й інші методи прогнозування: логістичний закон [18], поліноміальні методи [9], дзеркальний метод [7], методи



прогнозування з використанням нейронних мереж [19] та інші методи прогнозування, засновані на експертних оцінках. Однак багато згаданих методів виявили свою неспроможність на прогнозі темпів розвитку стільникових мереж зв'язку та числа їх абонентів (об'єктів). Прогнозування темпів розвитку та числа абонентів (об'єктів) Інтернету також виявилися незадовільними. В даний час вважається, що найкращі результати, хоча б у короткострокових прогнозах, дають методи прогнозування з використанням експертних оцінок.

### 3.2 Принципові відмінності ІКМ від існуючих мереж

Основне призначення ІКМ – надання абонентам масових інформаційних послуг, які формують та якими управляють центри.

Масова послуга є агрегованим типовим інформаційним процесом ІПТ, що формується під керівництвом центру з локальних, схожих ІПТ. Таким чином, саме центри формують та запускають навантаження (основну частку трафіку) у вигляді масової послуги як відтворення штучних типових інформаційних процесів ІПТ. У результаті ці потоки можуть регулюватися, керуватися, на відміну від потоків, які формують абоненти в процесі відтворення власних локальних ІПТ і які з цієї причини можуть бути обчислені статистичними методами.

Мережа ІКМ неоднорідна, оскільки термінали абонентів (об'єктів) можуть мати різноманітні властивості, різні функції, що збільшує розмірність мережі. Можливості терміналів постійно розширюються, тобто постійно розвивається апаратно-програмна складова ЧМС, МС та ІТТ [16].

Один абонент (об'єкт) ІВС (ЧМС, МС та ІТТ) може мати одночасно пов'язаних з ним кілька апаратно-програмних складових. Число потенційних користувачів (населення Землі) можна вважати в принципі обмеженим, тоді як зростання числа об'єктів типу МС та ІТТ принципово необмежене. У цій роботі пропонується вважати, що кількість користувачів, підключених до ІВС, гранична – це властивість ІКМ.

Таблиця 3.1 - Характеристики абонентів в ІВС.

№/№	Число абонентів	Число ідентифікованих (міток) номерів	Число терміналів одного абоненту
1	I	I	I
2	I	I	N
3	I	n	n
4	I	k	$n(k \neq n)$
5	I	z	I
6	j	I	I
7	j	j	I

Отже, можливо сім варіантів: 1. варіант класичний; 2. варіант доцільний: один абонент (об'єкт) – один ідентифікаційний номер – кінцева кількість терміналів (одного чи різного типу мереж: фіксованих, мобільних, кабельних, одного стандарту чи різних стандартів тощо), мета – гранична конвергенція мереж; 3. теж класичний варіант - широко використовується в реальному житті - в одного абонента (об'єкта) кілька стільникових телефонів, факс, інтернет, фіксований телефон, set-to-box кабельної мережі і т.д., кожен зі своїм ідентифікаційним номером; цей випадок є варіантом випадку 3 і 5: один термінал можуть бути кілька ідентифікаційних номерів ( $(k > n)$ ) або кілька терміналів мають один і той же ідентифікаційний номер ( $(k < n)$ ); 4. один абонент (об'єкт) має кілька ідентифікаційних номерів на один термінал: наприклад, кілька сім - карт на один мобільний термінал; ідентифікаційний номер.

Конвергенція мереж зв'язку, перетворення ТЗЗВ на мультисервісну мережу надає принципово нові способи її побудови та можливості для абонентів (об'єктів) відтворювати типовий інформаційний процес, але відбувається і реструктуризація трафіку користувачів (абонентів). Поділ абонентів (об'єктів) відбувається не лише за предметною областю, а й за технічними властивостями

терміналів абонентів (об'єктів). Але з точки зору відтворення ППТ всі абоненти (об'єкти) ІВС та ЧМС, і ЧС та ІТТ можуть успішно брати участь в тому самому процесі. Дедалі більше типових інформаційних процесів абонент починає відтворювати через ІКМ. Все це вимагає нових підходів і до аналізу стану ІКМ, і прогнозування її розвитку. Масова послуга може формуватися лише з урахуванням якихось загальних ППт. У разі створення масової послуги параметри цих різних для кожних абонентів (об'єктів) ППТ зближуються, у тому числі й період, а час проведення синхронізуються. Якщо точка синхронізації ППт вибирається без урахування інших, що відтворюються в ІКМ ППТ, то в ІКМ виникає потужне пікове навантаження, яке можна уникнути, якщо навіть трохи зрушити за часом початок цих процесів один щодо одного.

Пікові навантаження в ІКМ можуть бути викликані лише двома причинами: • збігом за часом відтворення об'єктами ІКМ двох та більше типових інформаційних процесів ППТ, пов'язаних з масовими послугами та/або

- одночасним відтворенням абонентами ІВС одного або більше природних ППТ, додаткове та негайне відтворення яких спричинене форс-мажорними обставинами, що стосуються великої кількості абонентів та значної площі (значні території).

Інформаційно-управлінська мережа характеризується тим, що її абоненти освоюють, відтворюють чи змінюють ППТ лише через ІУС. Протягом дуже короткого початкового періоду виникнення ІКМ відтворення, освоєння чи зміна всіх своїх локальних ППТ усіма абонентами ІКМ збільшує випадкову компоненту трафіку в ІКМ. Але в наступний період відбувається процес типізації локальних типових інформаційних процесів у глобальні ППТ. І цей ППт стає масовою інформаційною послугою, що, у свою чергу, безумовно полегшує процес освоєння, відтворення або зміни цього ППт. Причому оформлення масової послуги є типовим інформаційним процесом та одночасно операторним сигналом. Керуючі властивості ІКМ типізують локальні ППТ, роблять їх загальними та дозволяють прогнозувати трафік та керувати ним.

Важливою відмінністю ІКМ від ранніх систем є та обставина, що істотну роль починає грати керуюча компонента ІКМ. Впровадження масових послуг в ІКМ складно здійснити без прогнозування та керування інформаційною взаємодією абонентів (об'єктів) ІКМ, що беруть участь у відтворенні даного ПТ, а, отже, можна прогнозувати величину та напрямок трафіку в мережі та, як наслідок, керувати значною частиною трафіку мережі. В ІВС можливе керування не лише трафіком, а й контентом. Управління контентом пов'язане із семантичними перешкодами. Не можна одночасно і тривалий час відтворювати довільно створені масові послуги в одній ІКМ. Тому закріплюються лише такі масові послуги, які можуть агрегуватися друг з одним, оскільки саме визначення масової послуги унеможлиблює семантичне протиріччя цих послуг [8].

### 3.3 Результати оцінювання параметрів типового інформаційного процесу

Параметри типових інформаційних процесів (ПТ):  $\tau_0$  – вузол графа, термін СА абонента (об'єкта), головним чином центру мережі ( $C\mu S\alpha$ );  $\tau_0$  - сенс, досягнення якого означає закінчення, завершення процесу відтворення ПТ;  $\Delta\tau_0$  – допустимий розкид «сенсу», значення вузла графа, термін СА, у якому всі учасники відтворення ПТ (об'єкт системи) і переважно  $C\mu S\alpha$  погоджуються про те (приймають рішення), що ПТ відтворився з припустимою точністю;  $T_0$  – час відтворення ПТ у цій системі, період цього ПТ, час збіжності ПТ у цій системі, період ПТ;  $\Delta T_0$  – допустимий розкид під час збіжності від одного відтворення ПТ до іншого в даній системі, при якому учасники (об'єкти) системи приходять до угоди (приймають рішення), що ПТ «зійшовся», відтворився у заданий допустимий час.

У системах, що входять до ІКМ, параметри ПТ змінюються з часом [9]: необхідно розрізняти цілеспрямовану зміну з боку власного центру  $C1$  або зовнішнього середовища (з боку  $C2, C3$ , які є центром інших систем ІКМ).

Умови проведення експерименту. Зовнішнє середовище відсутнє ( $BC=0$ ), враховуються в експерименті лише один центр, один абонент АП1 і один

типовий інформаційний процес ПІТ з параметрами  $\tau_0$  і  $T_0$ . Час відтворення типового інформаційного процесу ПІТ є зосередженням всіх властивостей систем та операторів, що взаємодіють. Результати досліджень подано на рис. 3.5 – рис. 3.9.

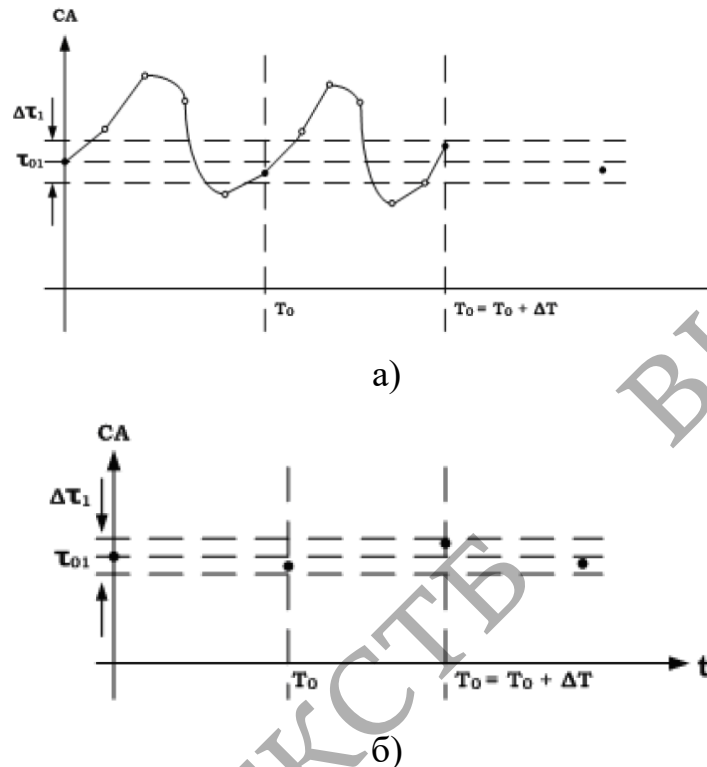
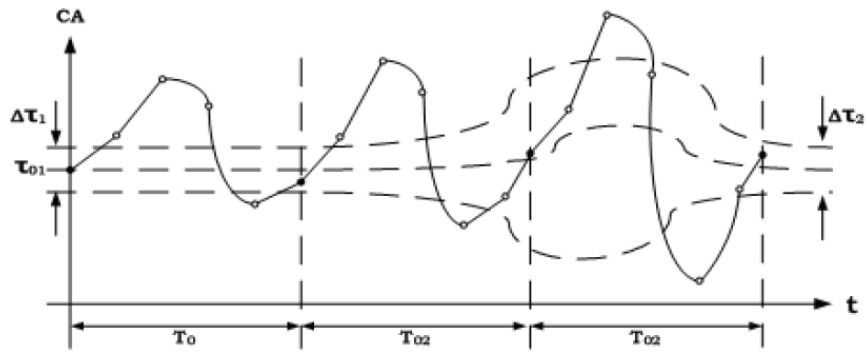


Рисунок 3.5 - Зміна семантичної аномалії за незмінності параметрів типового інформаційного процесу

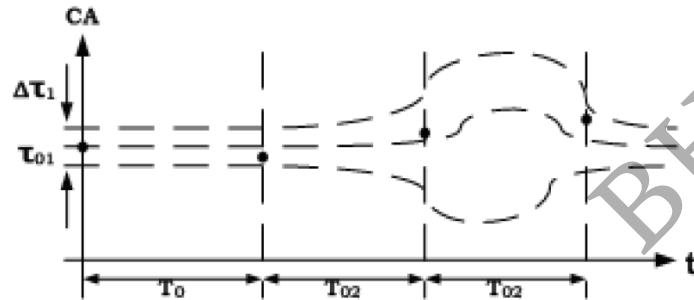
На рисунку 3.5 при незмінності параметрів типового інформаційного процесу ПІТ та у разі відсутності впливу зовнішнього середовища фазова траєкторія ПІТ не виходить за межі  $\Delta \tau_0$ . Явище біфуркації у разі не настає.

На рисунку 3.6 представлено зміну  $T_0$  у бік збільшення  $T_{02} > T_{01}$ . У цьому випадку відбувається зміна, збільшення  $\Delta \tau_1$  до  $\Delta \tau_2$ , при цьому змінюється і область функціонування даного ПІТ в СА, а потім стрибкоподібно (за збереження нового значення періоду  $T_{02}$ ) відбувається зміна точки стійкості на нове значення  $\tau_{02}$ .

На рисунку 3.7 представлено зміну у бік зменшення  $T_{04} < T_{01}$ .

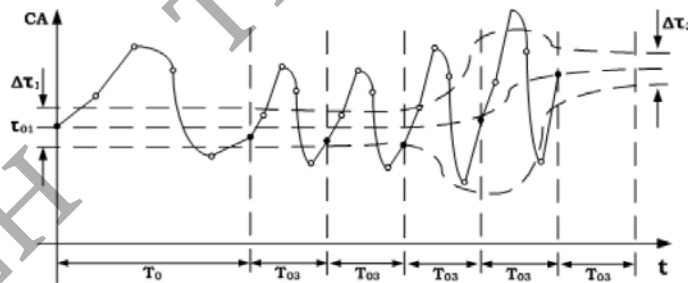


а)

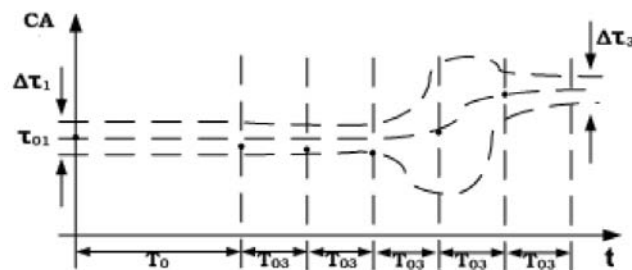


б)

Рисунок 3.6 - Зміна характеристик типового інформаційного процесу та стрибкоподібна зміна CA



а)

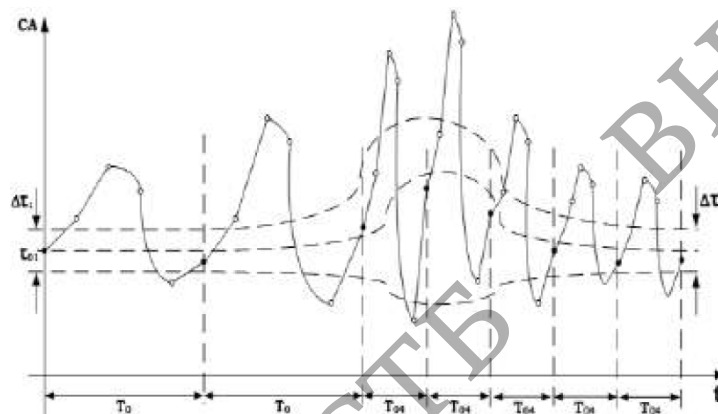


б)

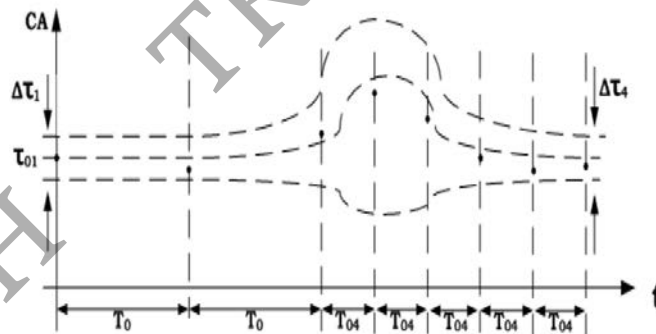
Рисунок 3.7 - Зміна періоду типового інформаційного процесу призводить до зміни точки стійкості (зміни CA)

При цьому, на відміну від рис. 3.6 на рис. 3.7 спочатку величина  $\Delta\tau_3$  навіть зменшується  $\Delta\tau_3 < \Delta\tau_1$ , а потім збільшується і також призводить до явища біфуркації та зміни точки стійкості (за умови збереження величини  $T_{03}$ ).

На рисунку 3.8 показано вплив  $C_2$  та  $C_3$ , що належать іншим мережам. Зміна  $\tau_0$  зведена до збільшення рівня семантичних перешкод, які можна зменшити, якщо збільшити частоту відтворення ПТ. У цьому можна зберегти точку стійкості незмінною.



а)

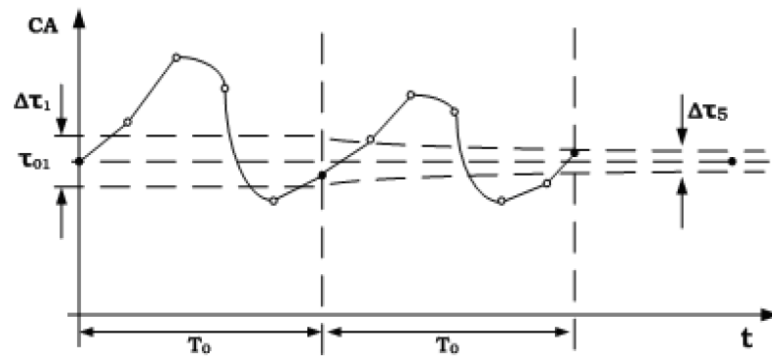


б)

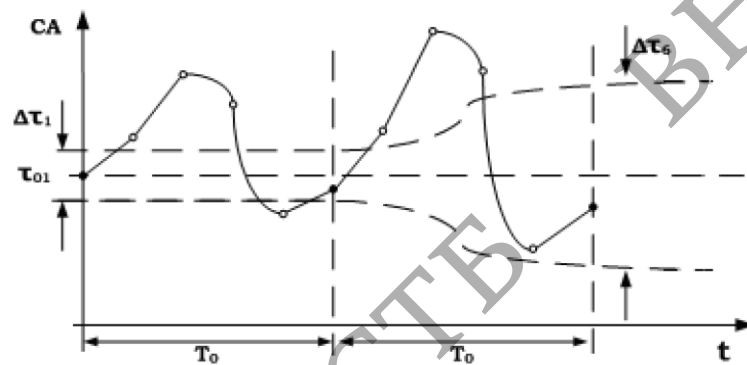
Рисунок 3.8 - Збереження СА при вплив інших центрів за рахунок збільшення частоти відтворення типового інформаційного процесу

На рисунку 3.9 представлені випадок одночасного функціонування двох ПТ. Зменшення  $\Delta\tau_5$  порівняно з  $\Delta\tau_1$  пов'язане з тим, що один із агрегованих ПТ є операторним сигналом по відношенню до іншого ПТ. У разі неагрегованих ПТ один із ПТ грає роль слабкої семантичної перешкоди по відношенню до інших. При тривалому спільному функціонуванні двох типових інформаційних процесів

(ШТ) в одному об'єкті ІКМ ці два неагреговані на початку процесу мають стати агрегованими.



а)



б)

Рисунок 3.9 - Функціонування а) двох агрегованих ШТ; б) двох неагрегованих ШТ

### 3.4 Висновки до розділу 3

1. ІКМ має оптимальну топологію в тому випадку, якщо всі абоненти (об'єкти) ІКМ виявляються в будь-який момент часу симетричними щодо будь-якого центру та абонента. Реалізація затвердження сприяє створенню можливостей оптимізації обсягу інформації, що передається в ІКМ.

2. В оптимальній топології ІКМ реалізується багатоцентровість (поліцентризм) мереж. Внаслідок декомпозиції мережі ІКМ розбивається на підмережі з єдиним інформаційним центром. Отримана в результаті декомпозиції об'ємна компонента монотонно убуває при перетворенні мережі від централізованої до більш централізованої і симетричної щодо центру.



3. Спосіб створення масової послуги в ІКМ полягає в агрегуванні схожих процесів в єдиний типовий інформаційний процес і необхідності залучити (абонентів) об'єкти ІВС для відтворення єдиного типового інформаційного процесу. У цьому параметри різних кожних абонентів (об'єктів) ПТТ зближуються, зокрема і період, а час їх проведення синхронізуються. Якщо точка синхронізації ПТТ вибирається без урахування інших, що відтворюються в ІКМ ПТТ, то в ІКМ виникає потужне пікове навантаження, яке можна уникнути, якщо навіть незначно зрушити за часом початок цих процесів один щодо одного.

4. Використання топології ІКМ у сучасній ІКМ надає принципово нові можливості для абонентів щодо відтворення типового інформаційного процесу та способів побудови мережі. При цьому відбувається реструктуризація трафіку абонентів (об'єктів), що вимагає нових підходів і до аналізу стану ІКМ та до прогнозування розвитку, маючи на увазі, що дедалі більше типових інформаційних процесів абонент (об'єкт) починає відтворювати через ІКМ.

#### 4 ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ТРАФІКУ НА БАЗІ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРОВАНИХ МЕРЕЖ

Сучасні дослідження показують, що характеристики трафіку можуть змінюватися в широких межах і залежать від великої кількості параметрів та налаштувань реальних мереж, характеристик протоколу та інформації, що передається, а також поведінки користувачів. Моделювання трафіку є важливим аспектом, коли хочемо оптимізувати використання комунікаційних ресурсів, гарантуючи у своїй якості обслуговування. Забезпечення QoS є ключовим елементом як користувачів, які задоволені послугами зв'язку, так операторів мереж. Успіх майбутніх телекомунікаційних послуг значною мірою залежить від застосування аналітичних підходів підтримки QoS. У телекомунікаційних мережах теорія масового обслуговування використовують для моделювання широкого спектра завдань аналізу телетрафіку. Зокрема, щоразу, коли мережевий ресурс спільно використовується конкуруючими «запитами» (тобто потоками трафіку) і виникає ситуаційне навантаження мережного ресурсу. Крім того, у мережах можуть виникати черги на кожному вузлі та на кожному каналі. Теорія черг може бути використана для вивчення статистики кількості пакетів у черзі або часу очікування пакета (наприклад, розподіл кількості пакетів у черзі, розподіл затримки у черзі, пов'язані середні та дисперсійні значення). Більш складні моделі черг необхідні вивчення продуктивності вузлів, параметрів функціонування, у яких мережа зберігає працездатність; стійкості системи, що працює на основі цієї мережі.

Черги з напівмарківським часом обслуговування можуть виникати практично, коли потрібно коригування обслуговування між клієнтами різних типів. Модель СМО типу M/G/1 було розглянуто авторами на роботах [19, 25, 26]. Гевер [16] розглянув процес віртуального часу очікування у разі двох типів клієнтів. Лойнс [18] вивчив випадок, коли і процес прибуття, і час обслуговування контролюються станами кінцевого ланцюга Маркова. Він отримав результати за період зайнятості та віртуальний час очікування. Черга

M/G/1 з дисципліною обслуговування LCFS (LIFO) була ретельно вивчена Л. Такач [12, 13], Е. Ваулот [16] та Дж. Ріордан [18]. У монографії Б.В. Гнеденко та І.М. Коваленко [11] система M/G/1 була проаналізована як система з частковим виходом з ладу, в асимптотичному випадку повільно мінливого середовища І.А.Ташлицьким, А.Ф.Терпуговим, І.А. Коротаєвим [2, 3]. Л. Клейнрок [17] вивів перетворення Лапласа-Стілтєса функції щільності ймовірності часу очікування. Дж. Кінгман [16] та Л. Такач [11] вивчали систему M/G/1 з обслуговуванням у випадковому порядку. Системи у випадковому середовищі напівмарківського типу розглядалися О.М. Дудіним [18, 20, 21]. Результат z-перетворення з функції розподілу загальної кількості клієнтів у системі у черзі M/G/1 з періодами відпочинку вперше отримано Міллером [11]. Черга M/G/1 з часом відпустки вивчалася рядом авторів, наприклад, Купером [17], Леві та Йєхіалі [15], Шеллом та Клейнроком [17].

У цьому розділі з допомогою апарату теорії масового обслуговування досліджуються моделі розподілу трафіку інформаційно-управлінських мереж.

#### 4.1 Модель надання інфокомунікаційних послуг на базі цифрового ТВ-мовлення

##### 4.1.1 Топологія інформаційно-управлінської мережі надання інфокомунікаційних послуг

Для надання ІК послуг в ІКМ задіяний широкомовний телевізійний канал шляхом передачі додаткової інформації, яку абоненти можуть отримувати через мережу телемовлення за допомогою спеціального приймального пристроїв, а інтерактивна взаємодія з абонентами організується за допомогою зворотного каналу, якою в ІВС пропонується використовувати будь-який доступний абоненту канал передачі даних (наприклад, GSM, Інтернет або ін.) [4, 6].

В ІКМ топологія визначає функціональний взаємозв'язок об'єктів, таких як проміжний сервер, інкапсулятор, абонентські пристрої, та канали зв'язку, якими

ця взаємодія організується. Схема організації ІКМ представлена на рисунку 4.1. Для транспортування передачі додаткової інформації в ІКМ використовується ТВ потік, а зворотний канал, доступний на абонентському терміналі, дозволяє організувати інтерактивну взаємодію з користувачем.



Рисунок 4.1 – Структурна схема інформаційно-керованої ТКС

Програмно-апаратний комплекс ІКМ складається з наступних компонентів:

Центр довіреного інтегратора (ЦДІ). Проміжний сервер; · Інкапсулятор; · Мультиплексор; · Абонентські пристрої. В ІКМ застосовується централізовано-ієрархічна модель надання послуг, у якій всі операції, пов'язані з наданням послуги, проходять через центр довіреного інтегратора (ЦДІ). У такому разі можна говорити про створення довірчого середовища, яке оптимальне для надання соціально важливих послуг. Основне призначення ЦДІ - адміністрування послуг, він контролює якість надання послуги, і у разі їх низької якості відповідає. Проміжний сервер забезпечує виконання таких функцій: · із боку постачальника послуг: отримання даних, необхідні надання ІК послуг; їх актуалізація у разі надходження нових даних та видалення у разі старіння; перетворення даних до виду, що сприймається абонентським пристроєм;

зберігання даних · З боку абонентів: обробка запитів, що надходять; формування відповіді запити; збереження даних про опрацьовані запити для завдань адміністрування; передача запитів абонентів постачальникам ІК послуг та документів на абонентські пристрої; захист даних; планування розкладу передачі даних по телевізійному каналу.

Проміжний сервер та абонентські пристрої з'єднані двома видами каналів передачі:

1. Телевізійний (ТВ) канал – симплексний канал передачі даних від проміжного сервера на абонентські пристрої у складі мультиплексу цифрового телебачення в окремому потоці або у складі таблиць EPG.

2. Зворотний канал – дуплексний канал передачі. Передача додаткових даних та відповідей на запити може відбуватися як по зворотному, так і телевізійному каналу. Зворотний канал вважатимемо одностороннім: інформація передається лише від абонента до проміжного сервера. Асиметричність зворотного каналу захищає проміжний сервер від перевантажень, підвищуючи його надійність, що є критично важливим у питанні організації довіреного середовища.

Інкапсулятор на основі даних, які отримують від проміжного сервера, забезпечує формування елементарного потоку цифрового телебачення. Мультиплексор забезпечує використання даних від інкапсулятора до складу транспортного потоку цифрового телебачення.

Абонентські пристрої забезпечують виконання таких функцій: · прийом по телевізійному каналу даних від проміжного сервера (HTML сторінок або потоків даних); перетворення даних у формат сторінок опису інтерфейсу користувача абонентського пристрою шляхом застосування таблиць стилів; відображення елементів інтерфейсу користувача; зберігання документів, актуалізація у разі надходження нових даних та видалення у разі старіння; · Формування черги запитів на проміжний сервер; моніторинг доступності зворотного каналу; надсилання запитів на проміжний сервер при виникненні такої можливості.

#### 4.1.2 Процес формування трафіку

Основні особливості моделі: • у центрі моделі – обслуговуючий термінал – сервер ІКМ, а саме мультиплексор додаткових даних у ТВ канал: • у процесі надання ІЧ послуги на обслуговуючий термінал надсилаються запити від постачальників послуг. Кожен запит подає деяке повідомлення (відповідь користувачеві), яке необхідно передати у складі ТВ каналу; • швидкість обробки повідомлень обмежується дозволеною пропускнуою спроможністю ТВ каналу; • у кожний час термінал або зайнятий передачею деякого повідомлення, або вільний; • черга заявок, що накопичується, на терміналі необмежена.

Передача даних у ТВ каналі залежить лише від наданої мовником пропускнуої спроможності каналу для додаткових даних. Постачальники інфрачервоних послуг на проміжний сервер надсилають запити, що містять підготовлені для надання послуги дані. Кожен запит – це повідомлення (відповідь користувачеві), яке необхідно передати у складі ТВ каналу. Паралельно проміжний сервер здійснює прийом та реєстрацію запитів від абонентів на надання ІЧ послуг. У кожен час термінал або зайнятий передачею деякого повідомлення, або вільний. Швидкість обробки повідомлень обмежується дозволеною пропускнуою здатністю ТВ каналу. На рисунку 4.2 зображено групи заявок на проміжний сервер, кожна з яких відображає потоки повідомлень для послуг відповідного типу:

- $m_1$  масових послуг – усім споживачам, у режимі «точкам багатокрапка» (циркулярна передача інформації);
- $m_2$  групових послуг – для споживачів, що належать до певної категорії, у режимі «точка-три крапки» (циркулярно-адресна передача інформації). Більшість інформації в ІКМ передається саме в цьому режимі;
- $m_3$  індивідуальних для кожного споживача послуг, у режимі "точка-точка" (адресна передача інформації). Середнім вважається, що 10% споживачів використовують послуги такого типу.

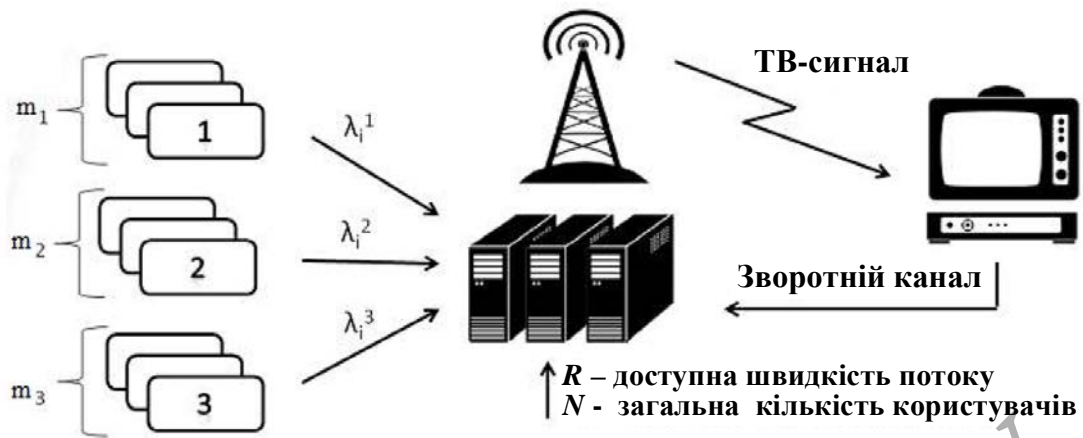


Рисунок 4.2 – Структурна схема інформаційно-виміральної системи в ІКМ

Прямим наслідком наявності в ІКМ типових інформаційних процесів ІТТ є періодичність відтворення масових та групових послуг. До важливих аспектів механізму оптимізації трафіку додаткових даних в ІКМ відноситься і класифікація користувачів за групами (категоріями) та надання ІЧ послуг всій групі одночасно. Більше того, в ІКМ переважно надаються послуги, затребувані переважно користувачів - не менше 60-70%.

4.2 Трафік у системі індивідуалізованого керування порятунком людей у разі виникнення надзвичайних ситуацій

Ефективність індивідуалізованого керування порятунком людей (ІУСЛ) у разі виникнення НС забезпечується побудовою стійкої інфокомунікаційної системи [5, 7], яка повинна включати декілька засобів зв'язку, що дозволяють передавати зібрану в зоні НС інформацію до центру керування та команди керування людям та технічним системам у зоні НС.

Критерії показників якості засобів зв'язку вибираються на основі можливостей людини щодо отримання та сприйняття інформації: доступність (можливість використання послуги), швидкість (час доставки інформації) та стійкість функціонування в умовах НС. Інтенсивність трафіку в мережах зв'язку загального користування (МЗК) залежить від поінформованості абонентів, яка

визначається часом доставки даних або команд керування, і, враховуючи [50], може перевищити нормальне значення в 3-6 разів, що призводить до зростання ймовірності втрат викликів до 90% і більше [5]. В умовах НС масові виклики призводять до суттєвих обмежень використання МЗЗК для доставки даних керування з зони НС, так і команд керування. Така залежність характерна, як для провідних мереж телефонного зв'язку (ТЗЗВ), так і мережі мобільного рухомого зв'язку стандарту 2G, 2,5G і 3G. При використанні механізмів керування трафіком мережі широкопasmового бездротового доступу 4G (LTE) можуть показати велику перевантажувальну здатність. Аномально високі інтенсивності абонентського трафіку [4] є однією з найістотніших уразливостей як провідних, так і бездротових МЗЗВ. Очевидно, що для подальшого підвищення ефективності системи ІУСЛ необхідні засоби, стійкі до деструктивних явищ у зоні НС, перевантажень абонентського трафіку, а також забезпечують автономне функціонування при порушеннях зв'язку з центром керування. Питанням електрозв'язку в умовах лиха (ET – Emergency Telecommunications) присвячені наступні Рекомендації: - [ITU-T Y.1271], що містить вимоги до мереж та опис можливостей мереж для забезпечення електрозв'язку у надзвичайних ситуаціях [19];

- [ITU-T Y.2205], що містить основні технічні принципи, що використовуються при забезпеченні ET та технічні міркування, які в необов'язковому порядку можуть застосовуватися в мережах наступних поколінь (СПП) для забезпечення ET [113]; - [ITU-T Y.2222], що містить вимоги до сенсорних управлінських мереж (СКМ, SCN – Sensor Control Networks) мереж, обслуговування додатків СКМ для підтримки в середовищі СПП, для використання СКМ для перевірки та керування в надзвичайних ситуаціях [14]; - [ITU-T Y. 2074], що містить вимоги до пристроїв Інтернету речей та функціонування додатків Інтернету речей в умовах лиха [12].

При автономній роботі частина функцій керування делегуються центром керування елементам системи. Для вирішення цього завдання до складу комплексу, поряд із засобами РСЗП, пропонується включити кошти, побудовані



на основі бездротових сенсорних мереж зв'язку і мають достатню функціональність для прийняття рішень керування.

#### 4.2.1 Сенсорні управлінські мережі

В даний час відбувається широке поширення технологій Інтернету речей (IoT) [4, 16, 17] на базі бездротових всепроникних мереж, що самоорганізуються (USN), що мають різні сфери застосування - бездротові сенсорні мережі (WSN - Wireless Sensor Network) [5, 3, 22]. Вони включають два види пристроїв: сенсорні вузли, здатні взаємодіяти один з одним, та контролер (шлюз), що забезпечує зв'язок із зовнішніми мережами зв'язку. Завдяки відносно низькій вартості їх застосовують на різних об'єктах з метою моніторингу параметрів навколишнього середовища, контролю доступу, в системах «розумний дім» та інших цілей. Ці мережі дозволяють передавати дані в обох напрямках. Можливості самоорганізації забезпечують високу стійкість до багатьох видів деструктивних впливів, які можуть мати місце у зоні НС. У рекомендації ІТУ-ТУ.2222 вводиться поняття спеціального класу таких мереж сенсорні керовані мережі (СКМ).

Подібні мережі складаються із трьох основних типів вузлів (рис. 4.3):

- mote (сенсорний вузол) – мініатюрний обчислювальний пристрій, який може бути оснащений різними датчиками (сенсорами); прийомопередавачі сигналу, що працюють в заданому радіодіапазоні і використовується для передачі виявлених даних;
- actuator (виконавець) - вузол мережі, що забезпечує прийом команд керування та направлення їх на будь-які пристрої або безпосередньо користувачеві. Визначено три типи таких вузлів та їх функціональне призначення: information actuators – взаємодія з користувачем, gate way actuators – з іншими мережами та machine actuators – з механізмами (наприклад, мобільний термінал користувача);
- SCN controller (СКМ контролер) – вузол, що забезпечує збирання та обробку даних та передачу даних виконавчим вузлом.

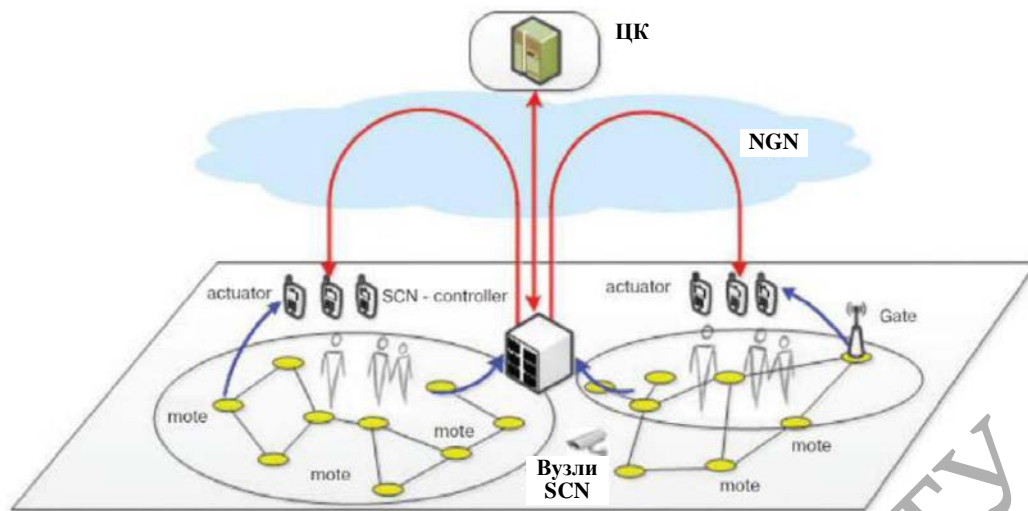


Рисунок 4.3 - Комплекс засобів зв'язку в зоні НС із використанням СКМ

Для зв'язку між вузлами можуть бути використані різні бездротові технології. У рекомендації ITU-T Y.2222, наприклад, згадуються Wi-Fi (IEEE 802.11x) та Bluetooth (IEEE 802.15.1), що пов'язане з їх широким розповсюдженням у більшості мобільних терміналів. Слід зазначити, що останнім часом широкого поширення набула технологія ZigBee (IEEE 804.15.4) завдяки створенню апаратних та програмних засобів побудови мереж з низьким споживанням енергії [16, 19]. Вузли мережі мають автономні джерела живлення, що забезпечують за допомогою протоколів самоорганізації [11] роботу в режимі низького споживання протягом кількох років, що зручно для організації мережі. Потенційні можливості дозволяють доставляти дані зі швидкістю, достатньої передачі текстових, голосових повідомлень і нерухомих зображень. При плануванні обміну даними ресурс мережі може бути достатній передачі даних моніторингу протягом проведення рятувальної операції. У рекомендації Y.2222 передбачена можливість використання шлюзів для взаємодії з терміналами користувачів, тому дана технологія побудови мереж, що самоорганізуються, також може бути використана для взаємодії між вузлами СКМ.

У СКМ передбачається застосування різних засобів організації маршрутів пропуску трафіку між вузлами через: центральний канал зв'язку (central communication channel) і ad-hock мережу, утворену вузлами mote. Як

центрального каналу можна використовувати канали МЗЗК, тобто. різні бездротові технології (GPRS, 3G, Wi-Fi, WiMax, LTE). Вибір технології ґрунтується на її доступності на конкретній території.

#### 4.2.2 Основні операції для програм СКМ

Мета функціонування СКМ - вироблення команд керування вузлами виконавцям на основі даних, зібраних з сенсорних вузлів мережі (mote), контролера СКМ та центру керування. СКМ передбачає два способи функціонування: централізований та децентралізований. При централізованому способі керування виконавець отримує оброблені дані від контролера СКМ через центральний канал зв'язку, в основі яких формується команда керування. Контролер СКМ збирає дані від сенсорних вузлів через мережу ad-hock. При цьому забезпечується аналіз контролером СКМ найповнішої інформації про стан мережі. Потреба в децентралізованому режимі може виникнути через проблеми із центральним каналом зв'язку. У цьому режимі виконавці отримують дані від контролера або від сенсорних вузлів через сенсорну ad-hock мережу. Цим забезпечується стійкість системи керування до перевантажень та інших деструктивних явищ у МЗЗК. Для додатків СКМ визначено чотири типи операцій:

- 1) Отримання вимірних даних.
- 2) Розрахунок контрольних (довідкових) значень шляхом об'єднання (наприклад, усереднення) вимірних даних одного або кількох близьких міст. Метою цього процесу може бути, наприклад: - порівняння показань вимірних даних з пороговими значеннями з метою фільтрації виявлених даних та їх обліку при розрахунках сукупних значень та/або прийнятті рішень; - допоміжні попередні розрахунки з метою більш швидкого розрахунку сукупних значень та/або прийняття рішень, - Синхронний аналіз декількох лічених даних.

3) Обчислення сукупних значень шляхом поєднання (наприклад, усереднення) вимірних даних кількох просторово розподілених mote, контрольних значень та інших даних.

4) Ухвалення рішень. Під час цього процесу формується спеціальна команда керування виконавця. Він може використовувати вилучені сукупні значення.

У СКМ дані можуть передаватися через інфраструктуру СКМ (тобто з використанням сенсорних вузлів та контролерів СКМ) та через центральний канал зв'язку (наприклад, з використанням технологій GPRS/3G, Wi-Fi та WiMAX).

Описані вище операції представлені в блок-схемі основних операцій (рис. 4.4).

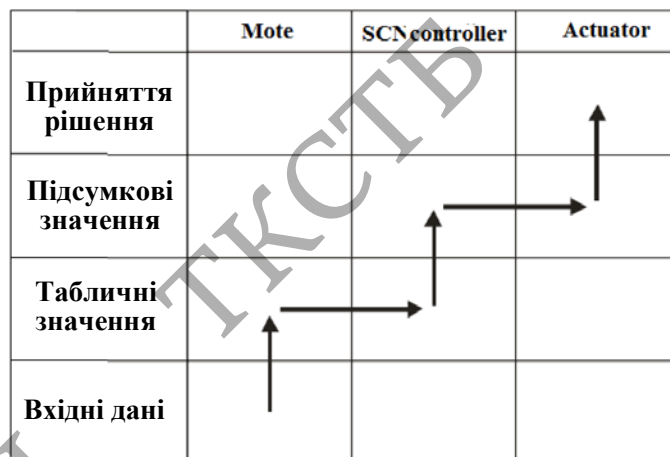


Рисунок 4.4 - Приклад блок-схеми основних операцій додатку СКМ

Рядки блок-схеми представляють перелічені вище операції, а стовпці представляють елементи, що у процесі прийняття рішень. Потоки передачі даних зображені у вигляді горизонтальних стрілок, закінчення яких відповідають відправляє і приймає елементів фактичного етапу передачі, в той час як обчислювальні потоки даних зображуються у вигляді вертикальних стрілок, що відповідають вищеописаним операціям.

### 4.2.3 Централізована конфігурація для програм СКМ

Дані кожного рішення, прийнятого СКМ, передаються через контролери СКМ і доставляються у виконавчі механізми через центральний канал зв'язку. Розподіл ролей у централізованій конфігурації для додатків СКМ • SCN controller (СКМ контролер): – отримує від виконавчих механізмів запити через центральний канал зв'язку про сукупні значення. - Запитує передачу вимірних даних і довідкових значень від відповідних вузлів через інфраструктуру СКМ і регулярно обчислює необхідні сукупні значення. – передає кожному виконавцю через центральний канал зв'язку запитані їм сукупні значення. – взаємодіє із зовнішніми системами (наприклад, з іншим сервером додатків) та авторизованим персоналом, який керує СКМ. • actuator (виконавець): – запитує у контролерів СКМ через центральний канал зв'язку сукупні значення, які необхідні прийняття рішення. - Отримує від контролерів СКМ через центральний канал зв'язку запитані сукупні значення. - Формує відповідні керуючі команди. - Передає інформацію про свій стан контролерам СКМ через центральний канал зв'язку. • mote (сенсорний вузол): – отримує запити від контролерів СКМ через інфраструктуру СКМ про виявлені дані або довідкові значення.

– передає до контролерів СКМ запитані дані через інфраструктуру СКМ.

Процес ухвалення рішення відповідає наступній процедурі (рис. 4.5):

1) Необхідні вимірні дані, довідкові та сукупні значення зберігаються у пам'яті контролерів СКМ та регулярно оновлюються.

2) Кожен виконавець повинен мати оновлені сукупні значення, необхідні прийняття рішення. Ці сукупні значення вибираються із контролерів СКМ.

3) Кожен виконавець формує команду, що управляє, залежно від сукупних значень.

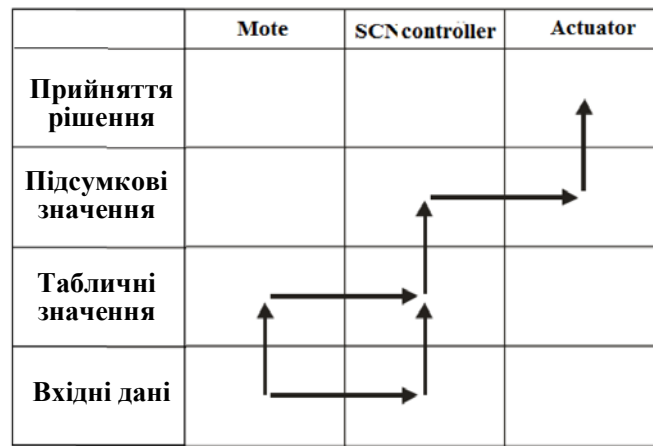


Рисунок 4.5 - Приклад блок-схеми процесу прийняття рішень для централізованої конфігурації додатків СКМ

#### 4.2.4 Модель потоку даних вузла централізованої конфігурації СКМ

Продуктивність моделі СКМ (рис. 4.3) можна визначити за такими показниками: кількість пакетів, що передаються мережею; середня затримка обслуговування; середня затримка завантаження даних. Порівнюємо запропоновану модель СКМ (SCN) із традиційною моделлю (мережа TCP/IP) з урахуванням передачі даних СПД (DTN). Припустимо, що стандартний розмір пакета становить 64 КБ, розмір програмного пакета дорівнює 2 стандартним пакетам, а необроблений розмір пакета дорівнює стандартному пакету. Пакети завантаження даних/ пакети запиту обслуговування генеруються випадковим чином. Щоб спостерігати вплив різних значень ступеня перетворення послуг на мережевий трафік, використовувалися два набори: SCN1 – від 0,5 до 0,7, SCN2 – від 0,3 до 0,5, а ступінь агрегування даних – від 0,7 до 0,9 для обох груп.

Імовірність перетворення даних при обслуговуванні ( $ps$ ) – 0,3 у кожному інтелектуальному вузлі. Крім того, відношення максимальної кількості SP, що зберігаються кожним інтелектуальним вузлом, до кількості загальних SP ( $sp$ ) – 0,6. Коли приймається пакет завантаження даних, спочатку визначається, чи існує тип SP, що відповідає типу даних у цьому пакеті, а потім, якщо він існує, і

даних в інтелектуальному вузлі достатньо для перетворення на сервіс, тоді генерується послуга; інакше дані агрегуються.

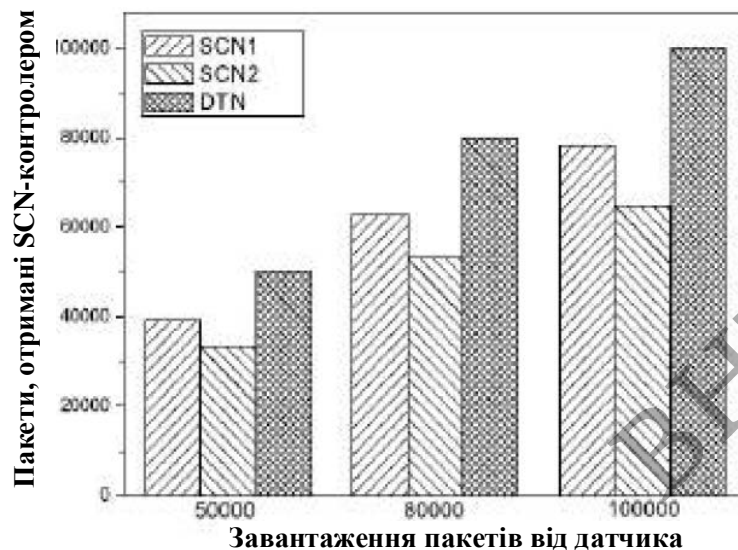


Рисунок 4.6 - Кількість пакетів, отриманих СКМ-контролером у мережі

Можемо бачити, що обсяг даних, отриманих контролером у SCN1, менший, на 21 % ніж у DTN (рис. 4.6), тоді як у SCN2, де ступінь перетворення вище, обсяг даних, що приймаються контролером, на 35 % менше порівняно з DTN. Отже, навантаження на SCN-контролер знижується під час використання нашої моделі. Це пов'язано з тим, що в моделі SCN, завдяки агрегації або перетворенню на послуги, були видалені надлишкові пакети в кожному інтелектуальному вузлі.

На рисунку 4.7 при  $ps = 7,0\%$ , показана тенденція зміни кількості даних, що передаються в мережі та приймаються SCN-контролером, відповідно, зі збільшенням кількості пакетів із запитом на обслуговування, що надсилаються користувачами.

Незалежно від кількості пакетів із запитом на обслуговування обсяг даних, що передаються в СКМ, менший на 12 % (рис. 4.7, а)) і прийнятих СКМ контролером, менший на 29 % порівняно з DTN (рис. 4.7 б)). Крім того, для кожного збільшення на 200000 пакетів із запитом на обслуговування обсяг

даних, що передаються в СКМ, становить 87 % від DTN, а отриманих СКМ-контролером в СКМ – 69 % від DTN.

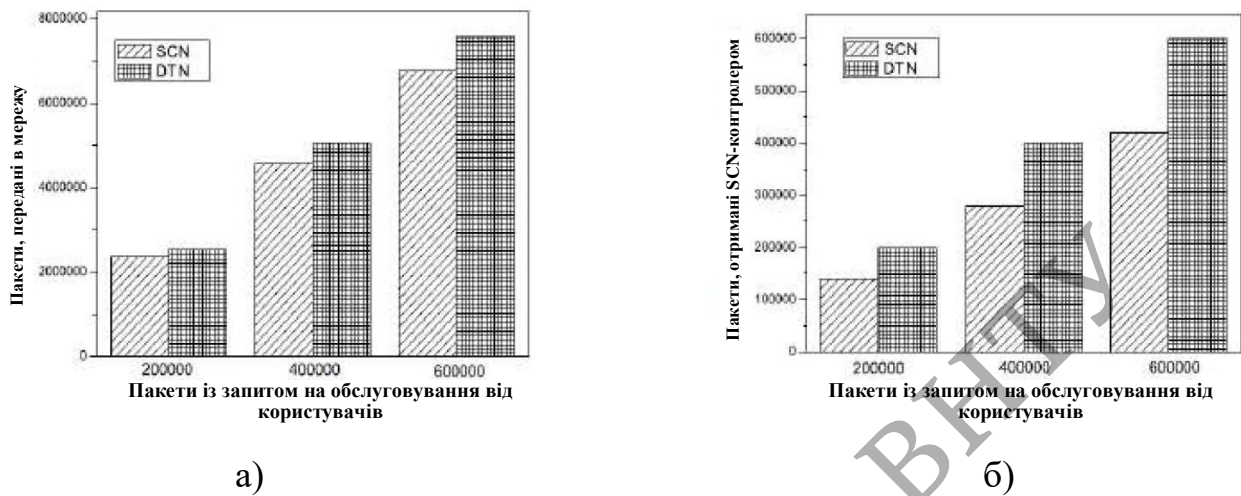


Рисунок 4.7 - Кількість пакетів при  $p_s = 7\%$ , а) що передаються в мережі; б) отриманих СКМ-контролером

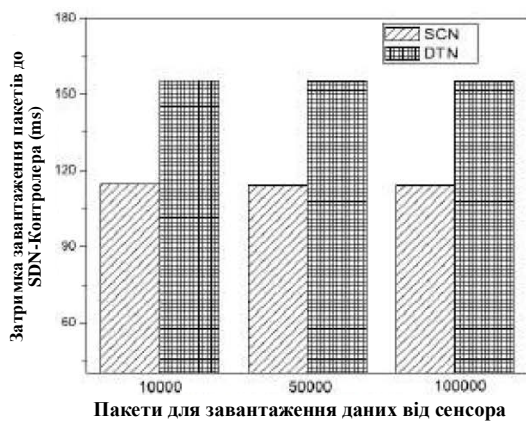
У СКМ пакет із запитом на обслуговування не буде пересилатися, якщо він може бути задоволений, тому кількість стрибків для передачі пакета із запитом на обслуговування зменшується і обсяг даних, що передаються менше. Інтелектуальний вузол поверне запитувану послугу, якщо зможе задовольнити запит на обслуговування, тому пакети із запитом на обслуговування не потрібно щоразу пересилати на СКМ-контролер, на відміну від DTN, таким чином зменшуючи кількість пакетів із запитом на обслуговування, які приймає СКМ-контролер.

В дослідженні час передачі між двома інтелектуальними вузлами встановлюється від 15 мс до 50 мс.

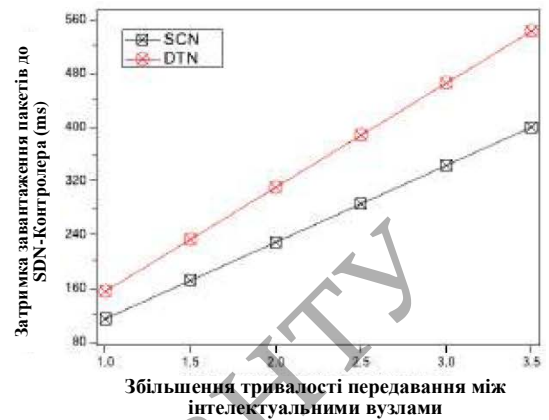
Як показано на (рис. 4.8, а)) середня затримка завантаження даних, що пересилаються на SCN-контролер в СКМ, не сильно змінилася у випадку 10000, 50000 та 100000 пакетів, і становить 114,3 мс у кожному випадку, тоді як для DTN потрібно 155,1 мс. Таким чином, середня затримка даних, що



завантажуються на SCN-контролер в СКМ, зменшується до 26% порівняно з DTN.



а)



б)

Рисунок 4.8 - Середня затримка пакетів завантаження: а) пересилаються на СКМ-контролер; б) пересилаються на СКМ-контролер за різного часу передачі

З (рис. 4.8 б)) видно, що незалежно від збільшення часу передачі між інтелектуальними вузлами середня затримка завантаження даних в СКМ менше, ніж у DTN, і становить 73% від DTN.

#### 4.3 Висновки до розділу 4

Проведені в рамках четвертого розділу дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Використання апарату теорії масового обслуговування дозволило побудувати аналітичні моделі процесу розподілу трафіку в інформаційно-управлінській мережі.

2. За певних умов, таких як рівномірне надходження Пуассона, наша модель значно спрощує обчислення середньої затримки видимої користувачами. Це робиться шляхом моделювання середовища ІКМ як системи M/G/1/.

3. Показано, що застосування запропонованої топологічної моделі ІКМ дозволяє істотно скоротити загальний обсяг трафіку.

4. Використовуючи запропоновану аналітичну модель мережі SCN, ми змогли отримати формули для розрахунку параметрів продуктивності мережі SCN.

ФІРЕН  
ТКСТБ  
ВНТУ

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Виконання науково-дослідної роботи завжди передбачає отримання певних результатів і вимагає відповідних витрат. Результати виконаної роботи завжди дають нам нові знання, які в подальшому можуть бути використані для удосконалення та/або розробки (побудови) нових, більш продуктивних зразків техніки, процесів та програмного забезпечення.

Дослідження методи та засоби підвищення продуктивності та захищеності цифрових систем передачі може бути віднесено до фундаментальних і пошукових наукових досліджень і спрямоване на вирішення наукових проблем, пов'язаних з практичним застосуванням. Основою таких досліджень є науковий ефект, який виражається в отриманні наукових результатів, які збільшують обсяг знань про природу, техніку та суспільство, які розвивають теоретичну базу в тому чи іншому науковому напрямку, що дозволяє виявити нові закономірності, які можуть використовуватися на практиці.

Для цього випадку виконаємо такі етапи робіт:

- 1) здійснимо проведення наукового аудиту досліджень, тобто встановлення її наукового рівня та значимості;
- 2) проведемо планування витрат на проведення наукових досліджень;
- 3) здійснимо розрахунок рівня важливості наукового дослідження та перспективності, визначимо ефективність наукових досліджень.

### 5.1 Оцінювання наукового ефекту

Основними ознаками наукового ефекту науково-дослідної роботи є новизна роботи, рівень її теоретичного опрацювання, перспективність, рівень розповсюдження результатів, можливість реалізації. Науковий ефект НДР можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни і рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах наведені в табл. 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи виставлені експертами

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення ступеня новизни, бали		
		Експерти (ПБ, посада)		
		1	2	3
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в даній галузі науки і техніки. Отримані принципово нові факти, закономірності; розроблена нова теорія. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	0	0	0
Нова	Отримана нова інформація, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (повному або вперше пояснені відомі факти, закономірності, впроваджені нові поняття, розкрита структура змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	45	0	50
Відносно нова	Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок (або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі відомі положення розповсюджені на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблені більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведена часткова раціональна модифікація (з ознаками новизни)	0	35	0
Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджені або поставлені під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг в порівнянні з існуючим	0	0	0
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі, та не був відомий авторам	0	0	0
<b>Середнє значення балів експертів</b>		43,3		

Згідно отриманого середнього значення балів експертів ступінь новизни характеризується як нова, тобто отримана нова інформація, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (по-новому або вперше пояснені відомі факти, закономірності, впроваджені нові поняття, розкрита структура змісту) та проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів.

Таблиця 5.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи виставлені експертами

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали		
	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3
Відкриття закону, розробка теорії	0	0	0
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	0	65	0
Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	55		60
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	0	0	0
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	0	0	0
<b>Середнє значення балів експертів</b>	60,0		

Згідно отриманого середнього значення балів експертів рівень теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи характеризується як глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу.

Показник, який характеризує рівень наукового ефекту, визначаємо за формулою [35]:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (5.1)$$

де  $k_{\text{нов}}$ ,  $k_{\text{теор}}$  - показники ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи,  $k_{\text{нов}} = 43,3$ ,  $k_{\text{теор}} = 60,0$  балів;  
 $0,6$  та  $0,4$  – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}} = 0,6 \cdot 43,3 + 0,4 \cdot 60,00 = 50,00 \text{ балів.}$$

Визначення характеристики показника  $E_{\text{нау}}$  проводиться на основі висновків експертів виходячи з граничних значень, які наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Граничні значення показника наукового ефекту

Досягнутий рівень показника	Кількість балів
Високий	70...100
Середній	50...69
Достатній	15...49
Низький (помилкові дослідження)	1...14

Відповідно до визначеного рівня наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи (методи та засоби підвищення продуктивності та захищеності цифрових систем передачі), який складає 50,00 балів і становить середній рівень. Тобто у даному випадку можна вести мову про потенційну фактичну ефективність науково-дослідної роботи.

## 5.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Методи та засоби підвищення продуктивності та захищеності цифрових систем передачі», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

### 5.2.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

#### Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників ( $Z_o$ ) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [35]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (5.2)$$

де  $k$  – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

$M_{ni}$  – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

$t_i$  – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці,  $T_p=21$  дні.

$$Z_o = 12500,00 \cdot 21 / 21 = 12500,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.4 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник	12500,00	595,24	21	12500,00
Науковий співробітник	10200,00	485,71	15	7285,71
Інженер-дослідник	10000,00	476,19	12	5714,29
Технік	6500,00	309,52	21	6500,00
Консультант	10000,00	476,19	4	1904,76
Всього				33904,76

### Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «методи та засоби підвищення продуктивності та захищеності цифрових систем передачі» розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (5.3)$$

де  $C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

$t_i$  – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду  $C_i$  можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (5.4)$$

де  $M_M$  – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo  $M_M=2379,00$  грн;

$K_i$  – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [35];

$K_c$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці, приблизно  $T_p = 21$  дн;

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.



$$C_1 = 2379,00 \cdot 1,10 \cdot 1,5 / (21 \cdot 8) = 23,37 \text{ грн.}$$

$$Z_{pl} = 23,37 \cdot 2,00 = 46,73 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.5 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
встановлення обладнання	2,00	2	1,10	23,37	46,73
налагодження обладнання	2,50	4	1,50	31,86	79,65
формування цифрових систем передачі	6,00	4	1,50	31,86	191,17
відлагодження	1,00	3	1,35	28,68	28,68
формування бази даних	3,00	2	1,10	23,37	70,10
підбір компонентів дослідження	1,50	3	1,35	28,68	43,01
Всього					459,34

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (5.5)$$

де  $H_{\text{дод}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 12%.

$$Z_{\text{дод}} = (33904,76 + 459,34) \cdot 12 / 100\% = 4123,69 \text{ грн.}$$

### 5.2.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{од}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%} \quad (5.6)$$

де  $H_{\text{зн}}$  – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (33904,76 + 459,34 + 4123,69) \cdot 22 / 100\% = 8467,31 \text{ грн.}$$

### 5.2.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою методи та засоби підвищення продуктивності та захищеності цифрових систем передачі.

Витрати на матеріали ( $M$ ), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{\text{в}j}, \quad (5.7)$$

де  $H_j$  – норма витрат матеріалу  $j$ -го найменування, кг;

$n$  – кількість видів матеріалів;

$C_j$  – вартість матеріалу  $j$ -го найменування, грн/кг;

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, ( $K_j = 1,1 \dots 1,15$ );

$B_j$  – маса відходів  $j$ -го найменування, кг;

$C_{\text{в}j}$  – вартість відходів  $j$ -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 2,00 \cdot 100,00 \cdot 1,1 - 0,000 \cdot 0,00 = 220,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Папір офісний А4	100,00	2,00	0,000	0,00	220,00
Папір для записів А4	54,00	1,00	0,000	0,00	59,40
Набір канцелярський КОЦ-15	162,00	5,00	0,000	0,00	891,00
Всього					1170,40

## 5.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі ( $K_e$ ), які використовують при проведенні НДР на тему методи та засоби підвищення продуктивності та захищеності цифрових систем передачі, розраховуємо, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_e = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (5.8)$$

де  $H_j$  – кількість комплектуючих  $j$ -го виду, шт.;

$C_j$  – покупна ціна комплектуючих  $j$ -го виду, грн;

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, ( $K_j = 1,1 \dots 1,15$ ).

$$K_e = 2 \cdot 300,00 \cdot 1,1 = 660,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.7 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Інтерфейс ДСЕ	2	300,00	660,00
Інтерфейс стику	2	400,00	880,00
Всього			1540,00

### 5.2.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i, \quad (5.9)$$

де  $C_i$  – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{\text{пр.і}}$  – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ( $K_i = 1, 10 \dots 1, 12$ );

$k$  – кількість найменувань устаткування.

$$B_{\text{спец}} = 480,00 \cdot 1 \cdot 1,1 = 528,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 5.8 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Модем для комутованих телефонних каналів	1	480,00	528,00
Модем для виділених телефонних каналів і фізичних з'єднувальних ліній	1	550,00	605,00
Модем для цифрових систем передачі	1	720,00	792,00
Модем для стільникових систем зв'язку	1	840,00	924,00
Модем для пакетних радіомереж	1	800,00	880,00
Модем для локальних радіомереж	1	750,00	825,00
Всього			4554,00

### 5.2.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{прог}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{инрг}} \cdot C_{\text{прог.и}} \cdot K_i, \quad (5.10)$$

де  $C_{\text{инрг}}$  – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{\text{прог.и}}$  – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ( $K_i = 1, 10 \dots 1, 12$ );

$k$  – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{\text{прог}} = 6800,00 \cdot 1 \cdot 1,1 = 7480,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 5.9 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Data Base 1940	1	6800,00	7480,00
Windows 10 - 1272	1	6100,00	6710,00
Програмний пакет обробки даних WS-42	1	34000,00	37400,00
Всього			51590,00

### 5.2.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_{б}}{T_{г}} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (5.11)$$

де  $Ц_{б}$  – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$  – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_{г}$  – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (7400,00 \cdot 1) / (3 \cdot 12) = 205,56 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.10 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Передавач цифрового сигналу канальний	7400,00	3	1	205,56
Передавач цифрового сигналу мережевий	8200,00	3	1	227,78
Комп'ютер HP star	28000,00	3	1	777,78
Офісне обладнання	11000,00	6	1	152,78
Дослідна лабораторія	340000,00	25	1	1133,33
Всього				2497,22

## 5.2.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (5.12)$$

де  $W_{yi}$  – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

$t_i$  – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

$C_e$  – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo  $C_e = 3,90$  грн;

$K_{eni}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності,  $K_{eni} < 1$ ;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання,  $\eta_i < 1$ .

$$B_e = 0,02 \cdot 120,0 \cdot 3,90 \cdot 0,95 / 0,97 = 9,36 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.11 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Модем для комутованих телефонних каналів	0,02	120,0	9,36
Модем для виділених телефонних каналів і фізичних з'єднувальних ліній	0,02	120,0	9,36
Модем для цифрових систем передачі	0,02	120,0	9,36
Модем для стільникових систем зв'язку	0,02	120,0	9,36
Модем для пакетних радіомереж	0,04	120,0	19,66
Модем для локальних радіомереж	0,03	120,0	14,04
Передавач цифрового сигналу канальний	0,15	80,0	46,80
Передавач цифрового сигналу мережевий	0,20	80,0	62,40
Комп'ютер HP star	0,75	180,0	526,50
Офісне обладнання	1,56	15,0	91,26
Всього			798,10

### 5.2.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cv} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cv}}{100\%}, \quad (5.14)$$

де  $H_{cv}$  – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», приймемо  $H_{cv} = 25\%$ .

$$B_{cv} = (33904,76 + 459,34) \cdot 25 / 100\% = 8591,03 \text{ грн.}$$

### 5.2.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cn} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cn}}{100\%}, \quad (5.15)$$



де  $H_{cn}$  – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», прийmemo  $H_{cn} = 35\%$ .

$$B_{cn} = (33904,76 + 459,34) \cdot 35 / 100\% = 12027,44 \text{ грн.}$$

#### 5.2.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_e = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{ie}}{100\%}, \quad (5.16)$$

де  $H_{ie}$  – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo  $H_{ie} = 50\%$ .

$$I_e = (33904,76 + 459,34) \cdot 50 / 100\% = 17182,05 \text{ грн.}$$

#### 5.2.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{нзв} = (З_o + З_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (5.17)$$

де  $H_{нзв}$  – норма нарахування за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати», приймемо  $H_{нзв} = 100\%$ .

$$B_{нзв} = (33904,76 + 459,34) \cdot 100 / 100\% = 34364,10 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему методи та засоби підвищення продуктивності та захищеності цифрових систем передачі розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = З_o + З_p + З_{дод} + З_n + M + K_v + B_{спец} + B_{прг} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_v + B_{нзв}. \quad (5.18)$$

$$B_{заг} = 33904,76 + 459,34 + 4123,69 + 8467,314258 + 1170,40 + 1540,00 + 4554,00 + 51590,00 + 2497,22 + 798,10 + 8591,03 + 12027,44 + 17182,05 + 34364,10 = 181269,43 \text{ грн.}$$

Загальні витрати  $ЗВ$  на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (5.19)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, приймемо  $\eta = 0,9$ .

$$3B = 181269,43 / 0,9 = 201410,48 \text{ грн.}$$

### 5.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи

Оцінювання та доведення ефективності виконання науково-дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру є достатньо складним процесом і часто базується на експертних оцінках, тому має вірогідний характер.

Для обґрунтування доцільності виконання науково-дослідної роботи використовується спеціальний комплексний показник, що враховує важливість, результативність роботи, можливість впровадження її результатів у виробництво, величину витрат на роботу.

Комплексний показник  $K_p$  рівня науково-дослідної роботи може бути розрахований за формулою:

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_c \cdot R}{B \cdot t}, \quad (5.20)$$

де  $I$  – коефіцієнт важливості роботи. Прийmemo  $I = 4$ ;

$n$  – коефіцієнт використання результатів роботи;  $n = 0$ , коли результати роботи не будуть використовуватись;  $n = 1$ , коли результати роботи будуть використовуватись частково;  $n = 2$ , коли результати роботи будуть використовуватись в дослідно-конструкторських розробках;  $n = 3$ , коли результати можуть використовуватись навіть без проведення дослідно-конструкторських розробок. Прийmemo  $n = 2$ ;

$T_c$  – коефіцієнт складності роботи. Прийmemo  $T_c = 2$ ;

$R$  – коефіцієнт результативності роботи; якщо результати роботи плануються вище відомих, то  $R = 4$ ; якщо результати роботи відповідають відомому рівню, то  $R = 3$ ; якщо нижче відомих результатів, то  $R = 1$ . Прийmemo  $R = 3$ ;

$B$  – вартість науково-дослідної роботи, тис. грн. Прийmemo  $B = 201410,48$ ;

$t$  – час проведення дослідження. Прийmemo  $t = 0,08$  років, (1 міс.).

Визначення показників  $I$ ,  $n$ ,  $T_C$ ,  $R$ ,  $B$ ,  $t$  здійснюється експертним шляхом або на основі нормативів [35].

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_C \cdot R}{B \cdot t} = 5,72$$

Якщо  $K_p > 1$ , то науково-дослідну роботу можна вважати ефективною з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

#### 5.4 Висновки до розділу 5

Відповідно до проведеного аналізу та розрахунків рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи є середній, а дослідження актуальними, рівень доцільності виконання науково-дослідної роботи  $K_p > 1$ , що свідчить про ефективність з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Стан охорони праці має велике значення в процесах трудової діяльності людини. Тому, для успішного виробництва, необхідно аналізувати стан охорони праці і вживати заходів щодо поліпшення стану охорони праці.

Розробка методів та засобів підвищення продуктивності та захищеності цифрових систем передачі відбувається в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На розробника, згідно ГОСТ 12.0.003-74 [37], можуть мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до визначених факторів формуємо рішення щодо безпечного виконання роботи під час розробки

### 6.1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт

#### 6.1.1 Вимоги безпеки під час роботи з екранними пристроями (ПК)

Робочі місця з ПК розміщуються на відстані не менше 1 м від стін зі світловими прорізами.

Відстань між бічними поверхнями відеотерміналів має бути не меншою за 1,2 м.

Відстань між тильною поверхнею одного відеотерміналу та екраном іншого не повинна бути меншою 2,5 м.

Прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.

Висота робочої поверхні столу для відеотерміналу має бути в межах 680–800 мм, а ширина –забезпечувати можливість виконання операцій в зоні досяжності моторного поля. Рекомендовані розміри столу: висота –725 мм, ширина –600–1400 мм, глибина –800–1000 мм.

Екран відеотерміналу та клавіатура мають розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків та символів (таблиця 6.1).

Таблиця 6.1 - Відстань від екрана до ока працівника

Розмір екрану по діагоналі	Відстань від екрана до ока працівник, мм
35/38 см	600-700
43 см	700-800
48 см	800-900
53 см	900-1000

### 6.1.2 Електробезпека

Для забезпечення електробезпеки застосовують окремо або у поєднанні один з іншим наступні технічні способи та засоби: захисне заземлення, занулення.

Захисним заземленням називається навмисний електричний контакт із землею або її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою при замиканні на корпус та через інші причини. Завдання захисного заземлення – усунення небезпеки ураження струмом у випадку доторкання до корпусу та інших струмоведучих металевих частин електроустановки, що опинилися під напругою. Захисне заземлення застосовують у трифазних мережах з ізольованою нейтраллю.

Принцип дії захисного заземлення – зменшення напруги між корпусом, що опинився під напругою, та землею до безпечного значення. У якості провідників заземлення дозволяється використовувати різні металеві конструкції: ферми,

шахти ліфтів, підйомників, сталеві труби електропроводок, відкрито прокладені стаціонарні трубопроводи різного призначення (крім трубопроводів горючих та вибухонебезпечних газів, каналізації і центрального опалення).

Зануленням називається навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою внаслідок замикання на корпус та через інші причини. Завдання занулення – усунення небезпеки ураження струмом у випадку контакту з корпусом та іншими неструмоведучими металевими частинами електроустановки, що опинилися під напругою внаслідок замикання на корпус. Вирішується це завдання швидким вимкненням пошкодженої електроустановки із мережі. Принцип дії занулення – перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання (тобто замикання між фазними та нульовими проводами) з метою викликати більший струм, здатний забезпечити спрацьовування захисту і цим самим автоматично вимкнути пошкоджену установку із мережі живлення. Таким захистом можуть бути плавкі запобіжники, магнітні пускачі з тепловим захистом, контактори у поєднанні з тепловими реле, автомати, що здійснюють захист одночасно від струмів короткого замикання та від перевантаження.

Класифікація приміщень за категоріями електробезпеки залежно від мікроклімату виробничих будівель. Допустимими визнаються умови праці у будівлях, де відносна вологість повітря не перевищує 60%, температура повітря не перевищує 35 °С, а пил та хімічно агресивне середовище – відсутні. За таких умов праці мікроклімат вважається сухим. Вологими називаються умови роботи, де відносна вологість повітря становить від 60% до 75%. Сирі – це такі умови, які характеризуються відносною вологістю повітря в будівлі більшою за 75%. Особливо сирі умови – це умови, із майже стовідсотковою відносною вологістю повітря. Гарячими умовами праці є становище, при якому температура повітря перевищує 35 °С. Запиленими визнаються умови, при яких виділяється велика кількість виробничого пилу, внаслідок чого він може залишатись на зовнішніх поверхнях або навіть проникати у середину обладнання чи апаратів. До умов

праці з хімічно активним середовищем відносять умови, при яких у повітрі протягом тривалого часу залишаються гази або краплі рідин, які негативно впливають на ізолюючі властивості і струмопровідні елементи електричних інструментів.

Для дотримання електробезпеки потрібно слідкувати , щоб усі електропристрої були заземлені, всі розетки були марковані та дотримуватись в приміщенні відповідних мікрокліматичних умов.

## 6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 6.2.1 Мікроклімат

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [38] мікроклімат виробничих приміщень – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення.

Мікроклімат виробничих приміщень нормується в залежності від теплових характеристик виробничого приміщення, категорії робіт по важкості і періоду року.

Робота розробника відноситься до категорії 1 а [41].

Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1



Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено парова система опалення та система припливно-витяжної вентиляції. Раз за зміну здійснюється вологе прибирання та за необхідності – провітрювання через вікна та двері.

### 6.2.2 Склад повітря робочої зони

При виконанні даного виду робіт немає небезпеки виділення шкідливих речовин у повітря, але потрібен контроль за складом повітря робочої зони та при збільшенні допустимих норм проводити заходи, щодо усунення надлишку шкідливих речовин.

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачені наступні рішення:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановлені безпосередньо на дільницях біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

### 6.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 [41] Система природного освітлення відноситься до бокової. Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 6.3:

Таблиця 6.3 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підзряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0	IV	б	середній	середній	200	500	4	1,5	2,4	0,9

При експлуатації штучного освітлення здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

Для забезпечення достатнього освітлення слід максимально використовувати бічне природного освітлення, систематично очищувати скло від бруду та систематично замінювати перегорілі лампи.

#### 6.2.4 Виробничий шум

Стандартного визначення поняття шуму немає. З гігієнічної точки зору під шумом розуміють несприятливе поєднання різних за частотою і силою звуків, які впливають на організм людини, заважаючи працювати і відпочивати.

За фізичною сутністю шум — це механічне коливання часток пружного середовища, що виникає під дією будь-якої збуджуючої сили. При цьому звуком називають регулярні періодичні коливання, шумом — неперіодичні, випадкові коливальні процеси.

Звук або шум виникає при механічних коливаннях у твердих, рідких та газоподібних середовищах. Звуки, що передаються будівельними конструкціями, називаються структурними, а ті що поширюються у повітряному

середовищі, прийнято називати повітряним шумом. Будь-який небажаний звук називають шумом. Шум шкідливий для здоров'я, зменшує працездатність, підвищує рівень небезпеки. Тому необхідно передбачати заходи захисту від шуму. А для цього потрібно володіти відповідними знаннями. Як правило, шум нас дратує: заважає працювати, відпочивати, думати. Але шум може впливати і позитивно. Такий вплив на людину чинить, наприклад, шелест листя дерев, помірний стукіт дощових крапель, рокіт морського прибою. Позитивний вплив спокійної приємної музики відомий з давніх часів. Тому різноманітні оздоровчі процедури супроводжуються спокійною симфонічною або блюзовою музикою.

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є ДСН 3.3.6.037-99 [43]. За цими нормами рівень шуму не може перевищувати 65 Дб.

Існують такі способи боротьби з шумом механічного походження та вібрацією:

- зменшення шуму та вібрації безпосередньо в джерелах їх виникнення, застосовуючи обладнання, що не утворює шуму, замінюючи ударні технологічні процеси безударними, застосовуючи деталі із матеріалів з високим коефіцієнтом внутрішнього тертя (пластмаса, гума, деревина та ін), підшипники ковзання замість кочення, косозубі та шевронні зубчасті передачі замість прямозубих, проводячи своєчасне обслуговування та ремонт елементів, що створюють шум та ін.;

- зменшення шуму та вібрації на шляхах їх розповсюдження заходами звуко- та віброізоляції, а також вібро- та звукопоглинання;

- зменшення шкідливої дії шуму та вібрації, застосовуючи індивідуальні засоби захисту та запроваджуючи раціональні режими праці та відпочинку.

Одним з найпростіших та економічно доцільних способів зниження шуму є застосування методів звукоізоляції та звукопоглинання.

### 6.2.5 Електромагнітні випромінювання

Ступінь впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності та тривалості дії, характеру випромінювання (неперервне чи модульоване), розміру опромінюваної поверхні тіла, індивідуальних особливостей організму.

ЕМП можуть викликати біологічні та функціональні несприятливі ефекти в організмі людини. Функціональні ефекти проявляються у передчасній втомлюваності, частих болях голови, погіршення сну, порушення ЦНС, порушення серцево-судинної системи. Присистематичному опроміненні ЕМП спостерігаються перепади кров'яного тиску, сповільнення пульсу, нервово-психічні захворювання, деякі атрофічні явища. Сучасні дослідження вказують на те, що радіочастотне випромінювання, впливаючи на ЦНС, є вагомим чинником.

Умови праці при дії неіонізуючих електромагнітних полів та випромінювань відповідають 3 класу шкідливості при перевищенні на робочих місцях ГДР, що встановлені для відповідного часу дії, з урахуванням значень енергетичних експозицій в тих діапазонах частот, де вони нормуються, і 4 класу - при перевищенні максимальних ГДР для короткочасної дії. При одночасній дії на працівників неіонізуючих електромагнітних полів та випромінювань, що створюються декількома джерелами, які працюють у різних нормованих частотних діапазонах, клас умов праці на робочому місці встановлюється за фактором, що отримав найбільший ступінь шкідливості. При цьому, якщо виявлено перевищення ГДР у двох і більше нормованих частотних діапазонах, ступінь шкідливості збільшується на одну одиницю.[41]

Таблиця 6.4 - Класи умов праці при дії неіонізуючих електромагнітних випромінювань (перевищення ГДР, разів)

Показник виробничого середовища	Класи умов праці					
	допустимий - 2	шкідливий – 3				небезпечний - 4
		1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	4 ступінь	
Постійне магнітне поле**	≤ГДР*	≤5	≤10	≤50	≥100	-
Електростатичне поле***	≤ГДР*	≤3	≤5	≤10	>10	-
Електричні поля промислової частоти (50 Гц)**	≤ГДР*	≤3	≤5	≤10	>10	>40
Магнітні поля промислової частоти (50 Гц)**	≤ГДР*	≤5	≤10	≤50	>50	-
Електромагнітні поля радіочастотного діапазону**: 0,001-0,01 МГц	≤ГДР*	≤3	≤5	≤10	>10	-
0,01-0,06 МГц	≤ГДР*	≤3	≤5	≤10	>10	-
0,06-3,0 МГц	≤ГДР*	≤3	≤5	≤10	>10	-
3,0-30,0 МГц	≤ГДР*	≤3	≤5	≤10	>10	-
30,0-300,0 МГц	≤ГДР*	≤3	≤5	≤10	>10	>100****
300,0 МГц - 300,0 ГГц	≤ГДР*	≤3	≤5	≤10	>10	>100****
Імпульсні ЕМП в діапазоні частот 0-1000 МГц	≤ГДР*	≤3	≤5	≤10	>10	>100****

\* Значення ГДР, з якими порівнюються вимірювані на робочих місцях величини ЕМП, визначаються залежно від тривалості дії фактора протягом робочого дня. \*\* Відповідно до [ДСН 3.3.6.096-2002](#).

\*\*\* Відповідно до «Санитарно-гигиенических норм допустимой напряженности электростатического поля», затверджених заступником Головного державного санітарного лікаря СРСР від 10 жовтня 1977 року № 1757-77, та ГОСТ 12.1.045-84 «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». \*\*\*\* Перевищення максимального значення ГДР за [ДСН 3.3.6.096-2002](#).

Для запобігання шкідливого впливу ЕМП застосовуються організаційні заходи колективного захисту від ЕМП:

- розміщення об'єктів, які випромінюють ЕМП таким чином, щоб звести до мінімуму можливе опромінення людей;
- «захист часом» - перебування персоналу в зоні дії ЕМП обмежується мінімально необхідним для проведення робіт часом;
- «захист відстанню» - віддалення робочих місць на максимально допустиму відстань від джерел ЕМП;
- «захист кількістю» - потужність джерел випромінювання повинна бути мінімально необхідною;
- виділення зон ЕМП відповідними знаками безпеки;
- проведення дозиметричного контролю.

#### 6.2.6 Психофізіологічні фактори

Важкість та напруженість трудового процесу визначаються та оцінюються за показниками, що наведені в таблиці 6.5.

Важкість та напруженість праці визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця.

Основними показниками важкості праці є: фізичне динамічне навантаження, стереотипні робочі рухи, статичне навантаження, переміщення у просторі.

Основними показниками напруженості праці є: тривалість зосередження уваги або щільність сигналів, ступінь ризику для власного життя та життя інших осіб або ступінь відповідальності за життя інших осіб, змінність при роботі виключно в нічну зміну.

Гігієнічна оцінка важкості та напруженості праці проводиться шляхом додавання відношень вимірних або розрахованих показників до їх допустимих рівнів, помножених на коефіцієнт значимості показника (1,0 - для основних показників, 0,15 - для допоміжних).

Клас та ступінь важкості й напруженості праці визначаються відповідно до розрахованих балів (сума відношень основних та допоміжних показників до їх

нормативних рівнів, помножених на відповідний коефіцієнт) згідно з таблицею 6.5

Найвищі клас та ступінь за факторами «важкість» або «напруженість» трудового процесу - 3 клас, 3 ступінь (особливо важка або особливо напружена праця).[41]

Таблиця 6.5 - Класи умов праці за показниками напруженості праці

№ з/п	Показники напруженості трудового процесу	Класи умов праці			
		оптимальний (напруженість праці легкого ступеня)	допустимий (напруженість праці середнього ступеня)	шкідливий (напружена праця)	
		1	2	3.1	3.2
1	2	3	4	5	6
1*	Інтелектуальні навантаження				
1.1	Зміст роботи	Відсутня необхідність прийняття рішення	Рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією	Рішення складних завдань з вибором за алгоритмом (робота за серією інструкцій)	Евристична (творча) діяльність, що вимагає вирішення складних завдань за відсутності алгоритму; особисте керівництво в складних ситуаціях
1.2	Сприймання сигналів (інформації) та їх оцінка	Сприймання сигналів, але немає потреби в корекції дій	Сприймання сигналів з наступною корекцією дій та операцій	Сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів	Сприймання сигналів з наступною комплексною оцінкою взаємопов'язаних параметрів. Комплексна оцінка всієї виробничої діяльності
1.3	Розподіл функцій за ступенем складності завдання	Обробка та виконання завдання	Обробка, виконання завдання та його перевірка	Обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання	Контроль та попередня робота з розподілу завдань іншим особам
1.4	Характер виконуваної роботи	Робота за індивідуальним планом	Робота за встановленим графіком з можливим його	Робота в умовах дефіциту часу	Робота в умовах дефіциту часу та інформації з підвищеною

			коригуванням під час діяльності		відповідальністю за кінцевий результат
2	Сенсорні навантаження	-	-	-	-
2.1	Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	До 50	51-75	Більше 75	-
2.2	Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за 1 годину роботи	До 150	151-300	Більше 300	-
2.3	Навантаження на зоровий аналізатор	-	-	-	-
2.3.1	Розмір об'єкта розрізнення (при відстані від очей працюючого до об'єкта розрізнення не більше 0,5 м), мм, % часу зміни	Більше 5 мм 100% часу	5,0-1,1 мм більше 50% часу; 1,0-0,3 мм до 50 % часу; менше 0,3 мм до 25% часу	1,0-0,3 мм більше 50% часу; менше 0,3 мм 25-50% часу	Менше 0,3 мм більше 50% часу, у тому числі з використанням оптичних приладів
2.3.2	Спостереження за екранами відеотерміналів, годин на зміну	До 2	До 4	> 4,1-6	Більше 6
2.4	Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів)	Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%	Розбірливість слів та сигналів від 90% до 70%	Розбірливість слів та сигналів від 50% до 70%	Розбірливість слів та сигналів менше 50%
2.5	Навантаження на голосовий апарат, сумарна кількість годин, з напруженням голосового апарату протягом тижня	До 16	Від 16 до 20	Від 20 до 25	Більше 25
3	Емоційне навантаження	-	-	-	-
3.1	Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки	Є відповідальним за виконання окремих елементів завдання. Вимагає додаткових зусиль в роботі з боку працівника	Є відповідальним за функціональну якість допоміжних робіт (завдань). Вимагає додаткових зусиль з боку керівництва (бригадира, майстра тощо)	Є відповідальним за функціональну якість основної роботи (завдання). Вимагає виправлень за рахунок додаткових зусиль всього колективу (групи, бригади тощо)	Є відповідальним за функціональну якість кінцевої продукції, роботи, завдання. Неправильні рішення можуть призвести до пошкодження обладнання, зупинки технологічного процесу, можливої небезпеки для життя



3.2	Ступінь ризику для власного життя та життя інших осіб	Виключений	-	-	Вірогідний
3.3	Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб	Виключений	-	Є відповідальним за безпеку	-
4	Монотонність навантажень	-	-	-	-
4.1	Кількість елементів (приймів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово	Більше 10	10-6	5-2	-
4.2	Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються, с	Більше 100	100-25	24-2	-
4.3	Монотонність виробничої обстановки, час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни	Менше 75	76-90	91-95	-
5	Режим праці	-	-	-	-
5.1	Тривалість робочого дня, год.	6 або 7	8	Більше 8	-
5.2	Змінність роботи	Однозмінна робота (без нічної зміни)	Двозмінна робота (без нічної зміни)	Тризмінна робота (з роботою в нічну зміну)	Нерегулярна змінність з роботою в нічний час, робота виключно в нічну зміну**

Згідно з наведеними даними таблиці 4 при плануванні розпорядку робочого дня і навантаження на працівника потрібно враховувати всі умови оптимальних умов праці.

6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи цифрових систем передачі в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

В радіоелектронній апаратурі іонізуючі випромінювання, викликають зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть відбуватися порушення роботи електричних елементів схеми, що призводять до виходу з ладу

апаратури. Так, проходячи через елементи РЕА, потік гамма-випромінювань створює в них вільні носії електричних зарядів, в результаті переміщення яких виникає помилковий імпульс, який призводить до спрацьовування пристрою. При великих дозах випромінювання втрачають працездатність комплектуючі елементів цифрових систем передачі і сигналів. Опромінення у транзисторів змінює обернений струм і коефіцієнт підсилення, у конденсаторах знижує напругу пробою та опір стікання, змінюється провідність і внутрішній нагрів; руйнується електрична ізоляція дротів з полімерних матеріалів.

Одним з загрозливих чинників для цифрових систем передачі є електромагнітний імпульс (ЕМІ). Уражаюча дія ЕМІ в приземній області й на землі пов'язана з акумулюванням його енергії довгими металевими предметами, рамними і каркасними конструкціями, антенами, лініями електропередачі та зв'язку, в них виникають сильні наведені струми, які руйнують підключене електронне та інше чутливе устаткування. У районі дії ЕМІ безпосередній контакт людини зі струмопровідними предметами теж є небезпечний.

ЕМІ уражає радіоелектронну і радіотехнічну апаратуру. В провідниках індукуються високі напруги і струми, які можуть призвести до постійних або тимчасових пошкоджень ізоляції кабелів, відключення реле, пошкодження елементів зв'язку, систем передачі даних тощо. Найбільш уразливими елементами обладнання є напівпровідникові прилади — транзистори, діоди, кремнієві випрямлячі, інтегруючі ланцюги, цифрові процесори, управляючі й контрольні прилади. Чутливі до пошкодження ЕМІ транзистори звукової частоти, перемикаючі транзистори, інтегруючі ланцюги та ін.

### 6.3.1 Дослідження безпеки роботи цифрових систем передачі в умовах дії іонізуючих випромінювань

Приймаючи до уваги елементну базу, що використовується для реалізації цифрових систем передачі, складається таблиця потужностей експозиційної дози опромінення для кожного елемента  $P_{зв.i}$ , що викликають початок зворотних змін (таблиця 6.6).

Таблиця 6.6 - Максимально допустимі потужності дози  $\gamma$  – випромінювання.

Елементи цифрових систем передачі	$P_{гр,i}$ (Р/год)	$P_{гр}$ (Р/год)
Транзистори	$10^5$	$10^4$
Діоди кремнієві	$10^5$	
Конденсатори електролітичні	$10^6$	
Резистори МЛТ	$10^6$	
Мікросхеми ТТЛ логіки	$10^4$	
Діелектрики GTR15	$10^4$	

За мінімальним значенням  $p_{гр}$  (див. табл. 6.6) межа безпеки роботи цифрових систем передачі складає  $p_{гр} = 10^4$  (Р/год). Для дослідження безпеки роботи цифрових систем передачі визначається граничне значення потужності дози гамма-випромінювання ( $p_{гр}$ ) за наступною формулою:

$$P_{зр} = K \times p_{зр} \times K_{пос}, \quad (6.1)$$

де:  $K$  – коефіцієнт надійності,  $K = 0,9..0,95$ ;

$p_{гр}$  – рівень радіації, що відповідає початку зворотних змін найменш стійкого елемента;

$K_{пос}$  – коефіцієнт послаблення радіації ( $K_{пос} = 2$ ),

$$P_{гр} = 0,945 \times 10^4 \times 2 = 1,89 \times 10^4 \text{ (Р/год)},$$

З вище наведених розрахунків можна зробити висновок, що безпека роботи цифрових систем передачі в умовах дії іонізуючих випромінювань буде забезпечуватись, якщо радіація в умовах експлуатації не перевищуватиме  $P_{гр} = 1,89 \times 10^4$  (Р/год).

Розрахуємо допустимо максимальний час роботи цифрових систем передачі в умовах дії іонізуючих випромінювань:

$$D_m = \frac{2P_{сп} (\sqrt{t_K^2} - \sqrt{t_{II}^2})}{1}, \quad (6.2)$$

де:  $\sqrt{t_{II}^2}$ , дорівнює 1;

$D_m$  – дорівнює  $10^3$ ;

$$t_{доп} = 13,34 \times 10^3 \text{ (год)}.$$

Такий час є достатнім для безпечної роботи системи в цілому.

6.3.2 Дослідження безпеки роботи цифрових систем передачі в умовах дії електромагнітного імпульсу

Безпека роботи цифрових систем передачі в умовах дії електромагнітного імпульсу характеризується коефіцієнтом безпечної роботи  $K_6$ , який визначається по

$$K_6 = 20 \lg \frac{U_d}{U_{в(г)}} \geq 40 [\text{дБ}], \quad (6.3)$$

де  $U_d$  – допустимі коливання напруги живлення системи;

$U_{в(г)}$  – напруга живлення вертикальної (горизонтальної) наводок внаслідок дії електромагнітного випромінювання.

$$U_d = U_{жс} + (U_{жс}/100) * N, \quad (6.4)$$

де  $U_{\text{ж}} = 12 \text{ В}$  – наруга живлення пристрою;

$N = 10\%$  - коливання напруги живлення.

Підставивши значення для  $U_{\text{ж}}$  і  $N$  в (6.4), одержимо:

$$U_{\text{д}} = 12 + 12/100 * 10 = 13,2 \text{ (В)}.$$

Визначимо  $U_{\text{в}}$ , для чого формулу (6.3) приведемо до наступного вигляду:

$$\lg U_{\text{д}}/U_{\text{в}} = 2, \quad (6.5)$$

звідки  $U_{\text{в}} = 0,6025 \text{ В}$ .

Визначимо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля  $E_{\text{г}}$ :

$$U_{\text{в}} = E_{\text{г}} * l, \quad (6.6)$$

де  $l = 0,63 \text{ м}$  – максимальна довжина струмоведучих частин. Тоді:

$$E_{\text{г}} = 0,6025/0,63 = 20,08 \text{ В/м}$$

Вертикальна складова напруженості електромагнітного поля  $E_{\text{в}}$ , визначається з формули:

$$E_{\text{г}} = 10^{-3} * E_{\text{в}}, \quad (6.7)$$

звідки

$$E_{\text{в}} = 20,08/10^{-3} = 20080 \text{ В/м}.$$

Отже, інформаційна система буде стабільно працювати при умові, що вертикальна і горизонтальна складові напруженості електромагнітного поля не будуть перевищувати значень  $E_{\text{в}} = 20080 \text{ В/м}$  і  $E_{\text{г}} = 20,08 \text{ В/м}$ .

### 6.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпечної роботи цифрових систем передачі в умовах надзвичайних ситуацій

Найбільш ефективним способом підвищення стійкості роботи цифрових систем передачі є екранування системи або її елементів. Тому частіше за все в якості захисту проводиться розрахунок екранування. Визначається перехідне затухання енергії електричного поля сталним екраном:

$$A = K_{\text{бном}} - K_{\text{бмін}}, \quad (6.8)$$

де  $K_{\text{бном}}$  – номінальний коефіцієнт безпеки ( $K_{\text{бном}} - 40$  дБ);

$K_{\text{бмін}}$  – мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий під час розрахунків.

$$A = 40 + 36,6 = 76,6 \text{ (дБ)}$$

Товщину захисного екрану знаходимо за формулою:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}}, \quad (6.9)$$

де  $A$  – перехідне затухання екрану;

$f$  – найбільш домінуюча частота ЕМІ (15 кГц);

$$t = \frac{76,6}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,104 \text{ (см)}$$

Підвищення стійкості цифрових систем передачі можна досягти шляхом посилення найбільш слабких елементів і ділянок системи, а також завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, які спрямовані на максимальне зниження дії вражаючих факторів і

створений умов для ліквідації наслідків аварійної ситуації. В роботі було проведено дослідження безпеки роботи цифрових систем передачі в умовах дії НС, ЕМІ та розробка заходів по підвищенню безпеки роботи її в умовах дії НС.

#### 6.4 Висновки до розділу 6

Отже у розділі були розглянуті причини виникнення НС, що впливають на роботу цифрових систем передачі під час НС, і, також можливі шляхи їх усунення. Було розраховано граничні значення вертикальної і горизонтальної складових напруженості електромагнітного поля. А також був проведений розрахунок екранування для захисту електроніки цифрових систем передачі від загрозливих чинників НС.

## ВИСНОВКИ

Основні результати роботи зводяться до наступного:

1. Проведено аналіз особливостей трафіку сучасної інфокомунікаційної середовища і факторів, що впливають на його збільшення ..
2. Доведено, що ефективним методом боротьби зі збільшенням трафіку є побудова нових структур, здатних вирішити проблему збільшення трафіку.
3. Запропоновано використовувати в якості основної структури для зниження трафіку - інфраструктуру інформаційно-управлінської мережі (ІКМ). Показані принципові відмінності ІКМ від існуючих мереж.
4. Доведено, що ІКМ можна реалізувати в сучасних конвергентних мережах без значних витрат, так як вона реалізується на існуючих засобах, наявних сьогодні на мережах.
5. Запропоновано методи побудови ІСС та СВР у конвергентному середовищі, що дозволяють зменшити обсяги інформаційних потоків.
6. Розроблено аналітичні моделі інформаційно-управлінської мережі, що дозволяють визначити ймовірно-часові характеристики.
7. Запропоновано метод підвищення ефективності використання ІКМ на основі концепції типових інформаційних процесів.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богоявленский А.И. Использование форматов хранения разреженных матриц при реализации метода конечных элементов// Вестник московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки, 2017. – № 2 (71). – С. 4-11
2. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Технология и протоколы MPLS/ СПб.: БХВ-Петербург, 2014. — 304 с.: ил.
3. Масленников О.В. Адаптивные динамические сети / О.В. Масленников, В.И. Некоркин // Успехи физических наук. – 2017. – Т. 187, № 7. – С. 745–756.
4. Мартынович П. Сектор информационно-коммуникационных услуг//Наука и инновации, 2018. –№ 10(188). – С. 21-25
5. Навроцкий Я.Ю., Пацей Н.В. Реализация политик кэширования в информационно-ориентированных сетях// Труды БГТУ. Серия 3: Физикоматематические науки и информатика. 2018 –. № 1 (206). – С. 99-103
6. Назаренко А.П., Сарьян В.К. и др. Использование современных инфокоммуникационных технологий для спасения людей при ЧС // Электросвязь. – 2014. – № 10. –С. 33-36
7. Подвижные и стационарные технологические сети обмена данными. Часть 3. Транковые радиосети. Маргарян Сергей // Беспроводные технологии. 2017. – Т. 1. – № 46. С. 22-24
8. Саломатина Е.В. Особенности реализации социальных технологий средствами современных инфокоммуникационных технологий. / В. К. Сарьян, А. П. Назаренко, Н. А. Сущенко, Е. В. Саломатина. Труды НИИР. – 2014. – №3. – С. 33-37.
9. Саломатина Е.В. Ресурсный подход к понятию «умный город». Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2016. – Т. 19. – № 3. – С. 115-120.

10. Саломатина Е.В. Топологическая модель информационно-управленческой сети. Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2017. – Т. 20. – № 4. – С. 87-91.
11. Управление ИТ-сервисами и контентом. Учебное пособие / Е.В. Саломатина, В.К. Сарьян. Тирасполь: РИО ПГУ, 2015. – 92 с.
12. Электронный бизнес. Учебное пособие / В. К. Сарьян, Е. В. Саломатина. – Тирасполь: РИО ПГУ, 2016. – 118 с.
13. Saryan V.K. Civil society in the networks of information and communication technologies/ V.K. Levashov, V.K. Saryan, A.P. Nazarenko, O.P. Novozhenina, I.Z. Toshchenko, I.S. Shushpanova, E.V. Salomatina. Sociological Studies. –2016. – № 9. – P. 13-20
14. Сарьян В.К. Трафик в системе индивидуализированного управления спасением людей при возникновении ЧС/ В.К. Сарьян, А.И. Парамонов, Е.В. Саломатина, Н.В. Горовая, А.С. Лутохин// Электросвязь. – 2016. – № 5. – С. 21-26
15. Сарьян В.К., Травуш В.И., Колесов Н.А. Уточнение модели разрушения больших зданий с помощью Интернета вещей. Программа 58-й научной конференции МФТИ. — М.: МФТИ, 2015. – 94 с.
16. Свириденко А.Б. Прямые мультипликативные методы для разреженных матриц// Компьютерные исследования и моделирование, 2017. – Т. 2, –№ 2. –С. 143-165
17. Системы спутниковой связи. Анаров М.Ж., Утеулиев Н.Б., Сеитов Б.А., Мурзалиев А.Т., Беккулов Р.Н.// Решетневские чтения Издательство: ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева (Красноярск). –2016. – Т. 1. – № 17. – С. 161-163.
18. Современные направления развития корпоративных сетей спутниковой связи. Артюшенко В.М., Аббасова Т.С., Кучеров Б.А. // Двойные технологии. – 2014. – № 3 (68). – С. 67-72
19. Степанов С.Н. Теория телетрафика: концепции, модели, приложения// М: Горячая линия – Телеком, 2015. – 868 с.

20. Степанова И.В. Проектирование систем радиотелефонной связи стандарта TETRA // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. –2017. –№ 1 (11). – С. 10-16

21. Телекоммуникационные системы и сети: в 3 т. Т. 2: Радиосвязь, радиовещание, телевидение: Учебное пособие / Г.П. Катуня, Г.В. Мамчев, В.И. Носов, В.П. Шувалов; под ред. В. П. Шувалова. – - М.: Горячая линия -Телеком, 2017. - 564 с.

22. Телекоммуникационные системы и сети: в 3 т. Т. 3: Мультисервисные сети: Учебное пособие В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, Е.В. Кокорева под ред. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия -Телеком, 2017. - 540 с.

23. Тененбаум Л.А. Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики)/ М.А. Айзерман, Л.А. Гусев, С.В. Петров, И.М. Смирнова, Л.А. Тененбаум // Автоматика и телемеханика. – 1977. – № 7. – С. 136–151.

24. Recommendation L. 1700 «Requirements and framework for low-cost sustainable telecommunications infrastructure for rural communications in developing countries». ITU-T, Geneva. – June 2016

25. Recommendation Y.2239 «Requirements for information control network and related application» ITU-T, Geneva. – February 2016.

26. Recommendation Y.3051 «The basic principles of trusted environment in information and communication technology infrastructure». ITU-T, Geneva. –March 2017.

27. Recommendation P.10/G.100 (11/2017) «Vocabulary for performance, quality of service and quality of experience». ITU-T, Geneva. – November 2017

28. Barca Cl.-D. Information security in digital trunking systems. Database Systems Journal, 2017, vol. 8, issue 1, 40-48

29. Chen T., Matinmikko M., Chen X., Zhou X., and Ahokangas P., “Software defined mobile networks: Concept, survey, and research directions,” IEEE Commun. Mag., vol. 53, no. 11, pp. 126–133, November 2015.

30. Ellerton J. et al, “Prospects for Software Defined Networking and Network Function Virtualisation in Media and Broadcast”, SMPTE 2015.

31. Feng B., Zhou H., Zhang H., et al., “A Popularity-Based Cache Consistency Mechanism for Information-Centric Networking,” in Proceedings of IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 2016, pp. 1-6.

32. Lopez, G., Marín, G., & Calderon, M. (2016). Human aspects of ubiquitous computing: a study addressing willingness to use it and privacy issues. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 8(4), 497–511. doi:10.1007/s12652-016-0438-4

33. Rost P. et al., “Mobile network architecture evolution toward 5G,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 54, no. 5, pp. 84–91, May 2016.

34. Варгатюк Г.Л., Нікітович Д.В., Рубановський В.А. Конвергентна інформаційно-керована мережа // Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (СПРН-2021): матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції, м. Вінниця, 03-05 листопада 2021 р. – Вінниця, ВНТУ, 2021. – 1-4 с.

35. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

36. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

37. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

38. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

39. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)

40. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

41. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14.\\_nakazy\\_ta\\_rozpor\\_183575/248+58074-detail.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html)

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ

ФІРЕН

ТІКСТЪ

ВНТУ

ДОДАТКИ

Додаток А  
(Технічне завдання)

ФІРЕН  
ТКСТБ  
ВНТУ

Додаток Б  
(обов'язковий)

Структура сегменту мобільної мережі на основі технології перенесення ємності



Додаток В  
(обов'язковий)

Схема транспортування потоків у мобільній мережі з передачею ємності

Додаток Г  
(обов'язковий)

Схема організації шлюзу між дуплексною мережею передачі даних та мережею мовлення цифрового ТБ

Додаток Д  
(обов'язковий)

Архітектура абонентського сегменту мультисервісної телекомунікаційної  
мережі

Додаток Е  
(обов'язковий)

Структурна схема інформаційно-керованої ТКС

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ

Додаток Ж  
(обов'язковий)

Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи в ІКМ

Додаток К  
(обов'язковий)

Комплекс засобів зв'язку в зоні НС із використанням СКМ

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ

Додаток А  
(обов'язковий)  
ВНТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав.кафедри ТКСТБ ВНТУ,  
докт. техн. наук, професор  
В.М. Кичак  
“ \_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

### **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи  
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА  
ЗАХИЩЕНОСТІ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ  
08-34.МКР.010.00.000 ТЗ

Керівник роботи  
д.т.н., проф. кафедри ТКСТБ ВНТУ  
Кичак В.М.

Виконавець: ст. гр. ТКС-20м  
Рубановський В.А.

Вінниця-2021

## 1 ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Робота проводиться на підставі наказу ректора по Вінницькому національному технічному університету від “24” 09 2021 року № 277 та індивідуального завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

Дата початку роботи: 01.09.2021 р.

Дата закінчення: 20.12.2021 р.

## 2 МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР

*Метою* даної магістерської кваліфікаційної роботи є розробка та дослідження моделей інформаційно-керованих мереж та методів їх використання, які забезпечують підвищення ефективності використання телекомунікаційних систем.

*Задачами* магістерської кваліфікаційної роботи є:

- розробка технічного завдання;
- аналіз особливостей трафіку інфокомунікаційного середовища та факторів, що впливають на його збільшення у сучасних та конвергентних мережах майбутнього покоління, включаючи мережі п'ятого покоління 5G;
- аналіз використовуваних концепцій керування трафіком та запропонованих методів боротьби з його збільшенням відповідно до вимог якості обслуговування;
- дослідження структури ІКМ та аналіз потенційних можливостей ІКМ;
- розробка математичної моделі ІКМ, що дозволяє визначити умови оптимальності з точки зору зменшення впливу зростання трафіку та розподілу обмежених ресурсів;
- розробка аналітичних моделей за допомогою апарату теорії масового обслуговування для розрахунку імовірно-часових характеристик трафіку ІКМ.

*Об'єктом дослідження* є інформаційно-керовані мережі.



*Предметом дослідження є моделі та методи ефективного використання інформаційно-керованих мереж.*

*Основними завданнями роботи є:*

- техніко-економічне обґрунтування доцільності даної розробки;
- аналіз факторів лавиноподібного зростання трафіку у сучасних інфокомунікаційних мережах;
- модель інформаційної взаємодії об'єктів і структуризації інформаційно-керованої мережі в сучасному інфокомунікаційному середовищі;
- особливості формування та керування трафіком в ІВС;
- дослідження моделей трафіку на базі інформаційно-керованих мереж;
- аналіз економічної ефективності проведеної розробки;
- дослідження питань безпеки життєдіяльності.

Використання запропонованої моделі подання ІК послуг та вузла мережі СКМ як системи масового обслуговування розширюють сферу застосування теорії телетрафіку та теорії масового обслуговування.

Отримані висновки можуть сприяти подальшому розвитку нових принципів побудови та роботи мереж у конвергентному середовищі.

Розроблені математичні моделі інфраструктури ІКМ та її модифікації СКМ можуть використовуватись для зменшення надлишкового трафіку та розподілу обмежених ресурсів в ІКМ, що дозволяє до 26% зменшити обсяги інформаційних потоків.

Достовірність та обґрунтованість результатів роботи підтверджуються коректним використанням положень загальної теорії зв'язку, теорії графів, теорії оптимальних процесів, застосуванням апробованих методик, а також не протиріччям результатів, одержаних у роботі, відомому з літератури.

### 3 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МКР

Робота базується на результатах звіту із переддипломної практики “Методи та засоби підвищення продуктивності та захищеності цифрових систем передачі”, який виконувався у ВНТУ у 2021/2022 н. р. Під час підготовки магістерської кваліфікаційної роботи будуть використані матеріали цього звіту.

Список використаних джерел розробки:

3.1 Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и применение / Бернард Скляр ; [пер. с англ]. – М.: Изд. Дом “Вильямс”, 2003. – 1104с.

3.2 Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Технологии и протоколы MPLS/СПб.: БХВ-Петербург, 2014. — 304 с.

3.3 Управление ИТ-сервисами и контентом. Учебное пособие / Е.В. Саломатина, В.К. Сарьян. Тирасполь: РИО ПГУ, 2015. – 92 с.

3.4 Степанов С.Н. Теория телетрафика: концепции, модели, приложения// М: Горячая линия – Телеком, 2015. – 868 с.

3.5 Телекоммуникационные системы и сети: в 3 т. Т. 2: Радиосвязь, радиовещание, телевидение: Учебное пособие / Г.П. Катуні, Г.В. Мамчев, В.И. Носов, В.П. Шувалов; под ред. В. П. Шувалова. – - М.: Горячая линия - Телеком, 2017. - 564 с.

3.6 Телекоммуникационные системы и сети: в 3 т. Т. 3: Мультисервисные сети: Учебное пособие В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, Е.В. Кокорева под ред. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия - Телеком, 2017. - 540 с.

3.7 Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. А. О. Семенов, Л. П. Громова, Т.В. Макарова, Сердюк О.В. – Вінниця: ВНТУ, 2021 – 60 с.

3.8 Кухарчук В.В., Ігнатенко О.Г., Обертюх Р.Р. Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) для студентів всіх спеціальностей.- В.: ВДТУ, 2002.

3.9 Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – В.: ВДТУ, 2003.

3.10 ДСТУ 3008-2015. Інформація та документація, звіти у сфері науки і техніки.- К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016.

3.11 Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры. Справочник. Под ред. Э.Т.Романьчевой.- М: Радио и связь, 1989.

3.12 Бортник Г.Г., Васильківський М.В. Методичні вказівки до підготовки магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка» усіх форм навчання.- Вінниця:ВНТУ, 2018.- 50 с.

#### 4 ВИКОНАВЕЦЬ

Вінницький національний технічний університет, кафедра телекомунікаційних систем та телебачення, студент групи ТКС-20 м Рубановський В.А.

#### 5 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ МКР

Пропонується виконати розробку та дослідження моделей інформаційно-керованих мереж та методів їх використання, які забезпечують підвищення ефективності використання телекомунікаційних систем.

Технічні вимоги, яким повинна відповідати розробка, наступні:

- діапазон зміни завантаженості ТКС - 0,3-0,7;
- діапазон зміни ступеню агрегування даних 0,7-0,9;
- розмір інформаційного пакету даних – 64 кБайт;

- розмір програмного пакету даних – 128 кБайт;
- підвищення продуктивності цифрової системи передачі – 21-35%;
- зменшення завантаженості контролера СКМ – 12-29%;
- тривалість передавання даних між інтелектуальними вузлами мережі – 15-50 мс;
- середня затримка завантаження даних в SCN-контролер СКМ – 114,3 мс;
- зменшення середньої затримки завантаження даних в SCN-контролер СКМ у порівнянні із телекомунікаційною системою підвищеної захищеності DTN – 26 %;
- імовірність перетворення даних при обслуговуванні в інтелектуальному вузлі ТКС – 0,3;
- відношення максимальної кількості збережених даних в інтелектуальному вузлі до загальної кількості вхідних даних – 0,6;
- діапазон зміни кількості переданих інформаційних пакетів в мережу –  $2 \times 10^6 - 8 \times 10^6$ ;
- діапазон зміни кількості отриманих інформаційних пакетів SCN-контролером ТКС -  $1 \times 10^5 - 6 \times 10^5$ .

При розробці телекомунікаційних систем слід максимально використовувати стандартні та уніфіковані деталі.

#### 6 ЕТАПИ МКР І ТЕРМІНИ ЇХ ВИКОНАННЯ

№	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Очікувані результати	Звітна документація
		початок	закінчення		
1.	Розробка технічного завдання (ТЗ)	01.09.2021р.	10.09.2021р.	Розроблене ТЗ	Додаток А

2.	Аналіз факторів лавиноподібного зростання трафіку у сучасних інфокомунікаційних мережах	11.09.2021р.	17.09.2021р.	Проведений аналіз	Вступ. Розділ 1.
3.	Модель інформаційної взаємодії об'єктів і структуризації інформаційно-керованої мережі в сучасному інфокомунікаційному середовищі	18.09.2021р.	01.10.2021р.	Проведений аналіз	Розділ 2
4.	Особливості формування та керування трафіком в ІВС	02.10.2021р.	29.10.2021р.	Розроблений метод	Розділ 3
5.	Дослідження моделей трафіку на базі інформаційно-керованих мереж	30.10.2021р.	19.11.2021р.	Розроблений алгоритм	Розділ 4
6.	Аналіз економічної ефективності	20.11.2021р.	30.11.2021р.	Економічна частина МКР	Розділ 5
7.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	01.12.2021р.	06.12.2021р.	Частина ОТ та БНС	Розділ 6
8.	Оформлення пояснювальної записки (ПЗ) та графічної частини	07.12.2021р.	13.12.2021р.	Оформлена документація	ПЗ та графічна частина
9.	Нормоконтроль, попередній захист, опонування МКР	14.12. 2021р.	17.12.2021р.	Позитивні відзиви	Відгуки
10.	Захист МКР ЕК		20.12.2021р.	Позитивний захист	Протокол ЕК

## 7 ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОРЯДОК РЕАЛІЗАЦІЇ МКР

В результаті виконання роботи будуть розроблені:

- структура сегменту мобільної мережі на основі технології перенесення ємності;
- схема транспортування потоків у мобільній мережі з передачею ємності;
- схема організації шлюзу між дуплексною мережею передачі даних та мережею мовлення цифрового ТБ;
- архітектура абонентського сегменту мультисервісної телекомунікаційної мережі;
- структурна схема інформаційно-керованої ТКС;
- структурна схема інформаційно-вимірювальної системи в ІКМ;
- комплекс засобів зв'язку в зоні НС із використанням СКМ;
- економічна частина МКР;
- розділ ОП та БНС;
- рекомендації щодо подальшого використання розробленого алгоритму.

Результати, отримані в процесі виконання даної роботи, будуть впроваджені в галузі телекомунікацій:

- Регіональний Центр експлуатації телекомунікаційної мережі України шляхом впровадження розробленої математичної моделі ІВС, що забезпечує підвищену швидкість передачі інформації та можливість досягнення оптимального значення трафіку в ІВС;

- ПАТ “Укртелеком” шляхом використання ІКМ для вирішення завдань зменшення негативного впливу лавиноподібного трафіку на якість масових послуг. Показано ефективність використання ІВС та СКМ для надання ІК послуг та індивідуалізованого керування порятунком людей у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

## 8 МАТЕРІАЛИ, ЯКІ ПОДАЮТЬ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ ТА ПІД ЧАС ЕТАПІВ

За результатами виконання МКР до ЕК подаються пояснювальна записка, графічна частина МКР, відзив і рецензія.

## 9 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ МКР ТА ЇЇ ЕТАПІВ

Поетапно результати виконання МКР розглядаються керівником роботи та обговорюються на засіданні кафедри.

Захист магістерської кваліфікаційної роботи відбувається на відкритому засіданні ЕК.

## 10 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Документація, що розробляється в процесі виконання досліджень повинна містити:

- техніко-економічне обґрунтування розробки;
- структуру сегменту мобільної мережі на основі технології перенесення ємності;
- схему транспортування потоків у мобільній мережі з передачею ємності;
- схему організації шлюзу між дуплексною мережею передачі даних та мережею мовлення цифрового ТБ;
- архітектуру абонентського сегменту мультисервісної телекомунікаційної мережі;
- структурну схему інформаційно-керованої ТКС;
- структурну схему інформаційно-вимірювальної системи в ІКМ;
- комплекс засобів зв'язку в зоні НС із використанням СКМ;
- економічну частину та розділ БЖД і ЦЗ;
- рекомендації щодо подальшого використання алгоритму.

## 11 ВИМОГИ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ

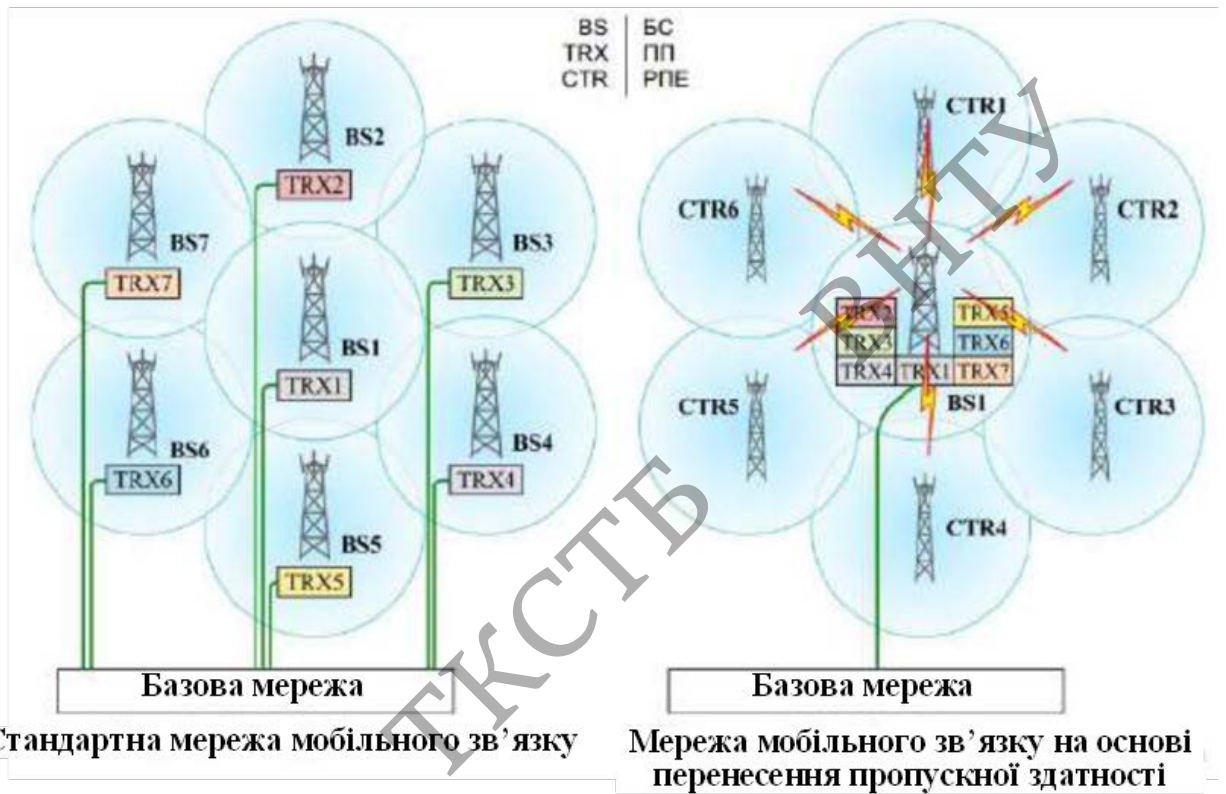
У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.

ФІРЕН

ТКСТБ

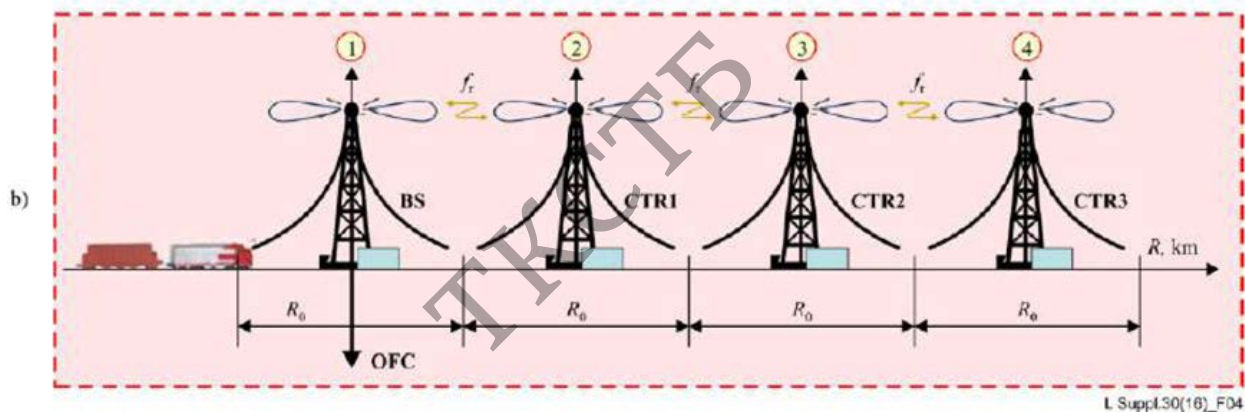
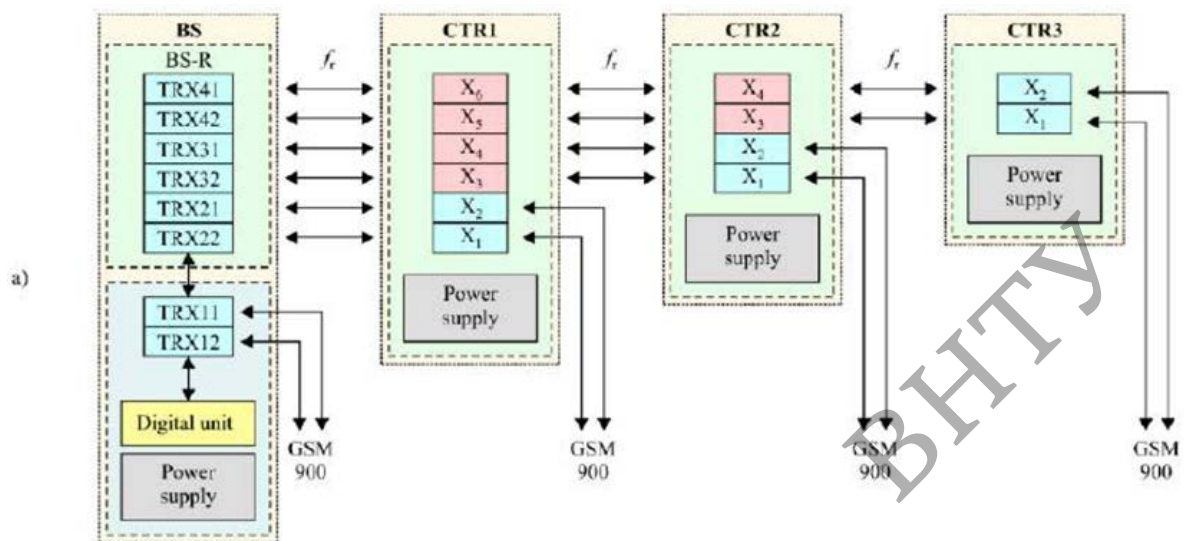
ВНТУ





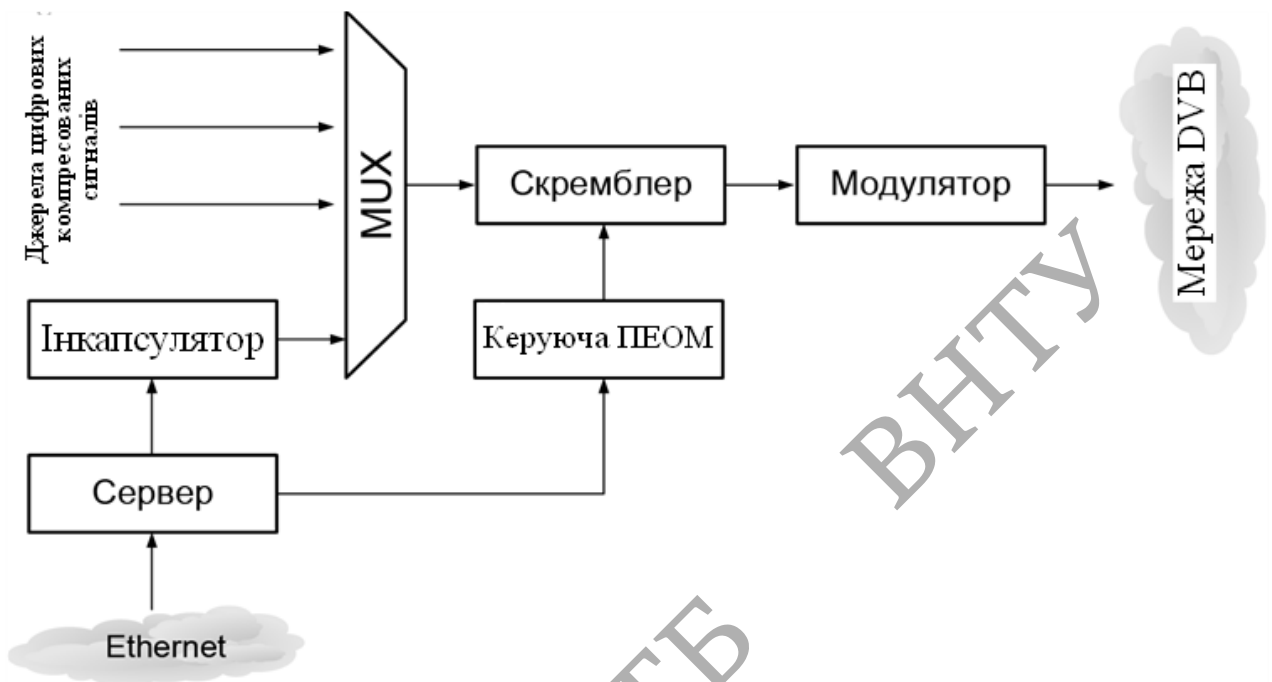
ФІРЕН

					08-34. МКР.010.00.000 Е8		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Рубановський В.А.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кичак В.М.				1	1
Реценз.					ВНТУ, гр. ТКС-20м		
Н. Контр.		Кичак В.М.					
Затверд.		Кичак В.М.					
Структура сегменту мобільної мережі на основі технології перенесення ємності							



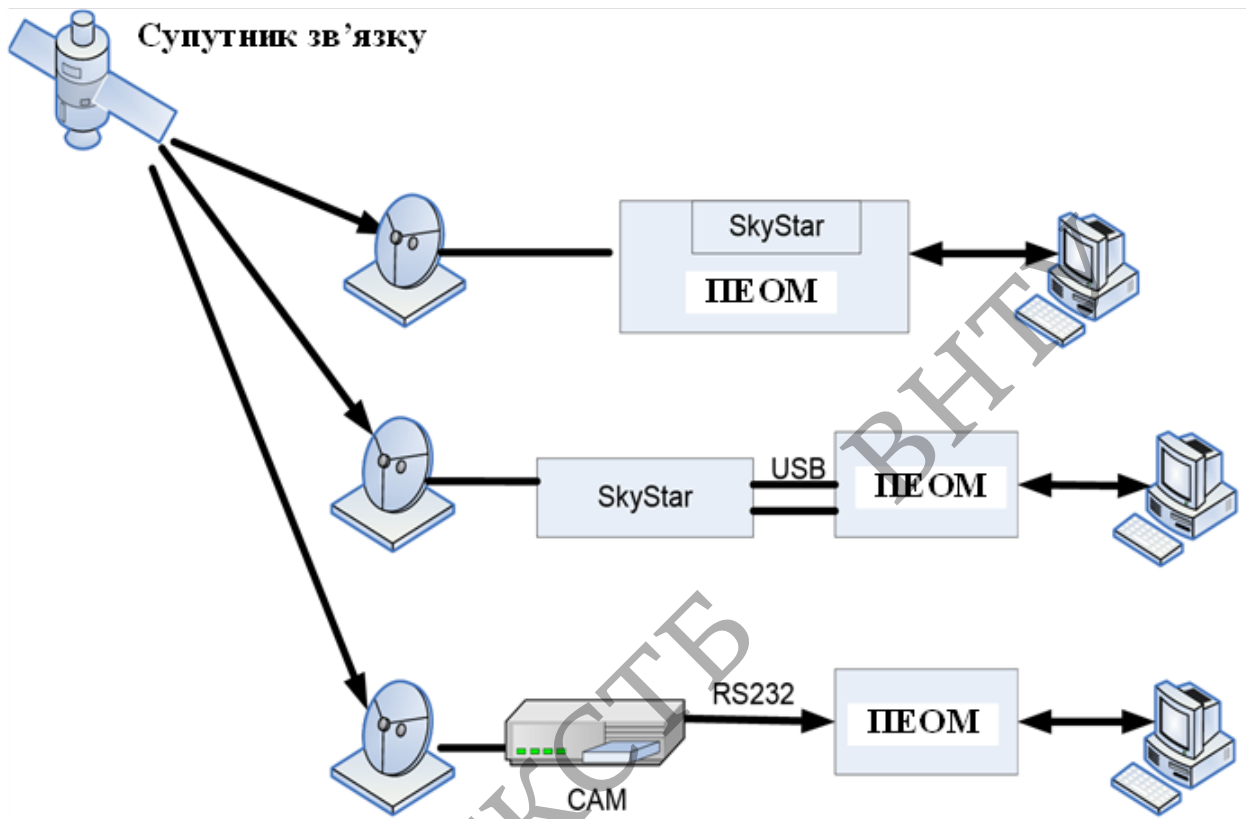
ФІРЕН

					08-34. МКР.010.00.000 Е8			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рубановський В.А.			Схема транспортування потоків у мобільній мережі з передачею ємності	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кичак В.М.					1	1
Реценз.						ВНТУ, гр. ТКС-20м		
Н. Контр.		Кичак В.М.						
Затверд.		Кичак В.М.						



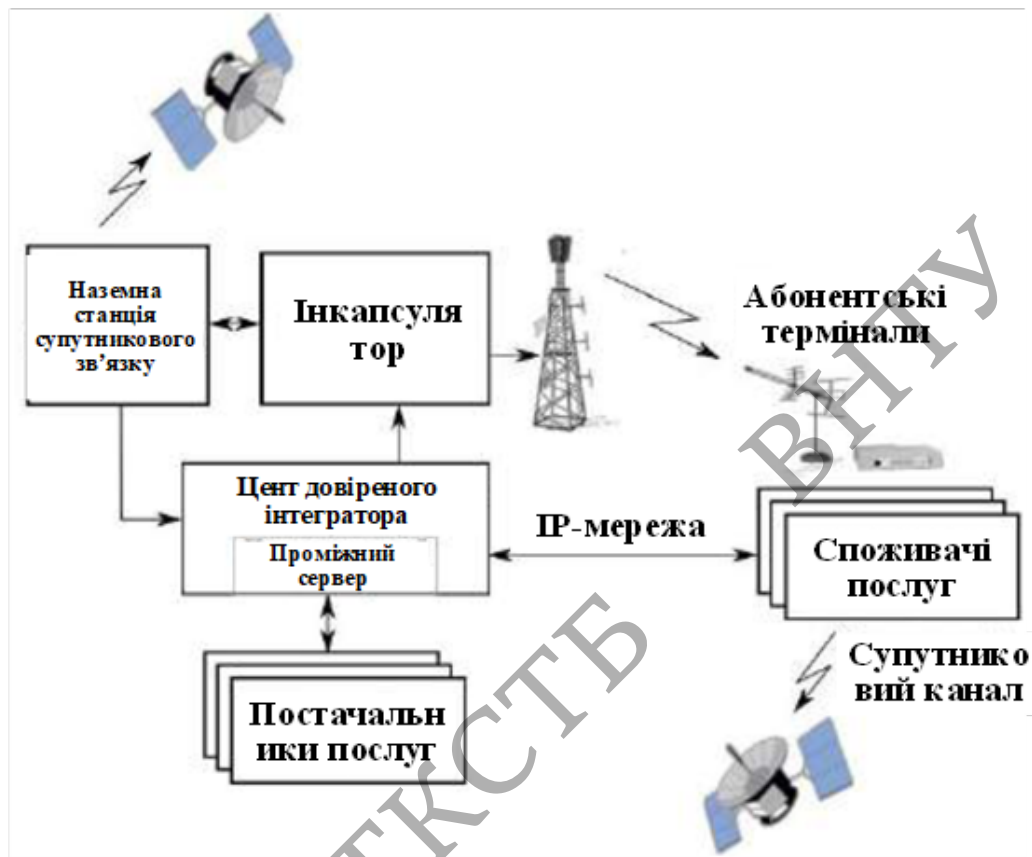
ФІРЕН ТУСТБ ВНТУ

					08-34. МКР.010.00.000 Е8			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рубановський В.А.			Схема організації шлюзу між дуплексною мережею передачі даних та мережею мовлення цифрового ТБ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кичак В.М.					1	1
Реценз.						ВНТУ, гр. ТКС-20м		
Н. Контр.		Кичак В.М.						
Затверд.		Кичак В.М.						



ФІРЕН

					08-34. МКР.010.00.000 Е8			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Архітектура абонентського сегменту мультисервісної телекомунікаційної мережі	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Рубановський В.А.					1	1
Перевір.		Кичак В.М.				ВНТУ, гр. ТКС-20м		
Реценз.								
Н. Контр.		Кичак В.М.						
Затверд.		Кичак В.М.						

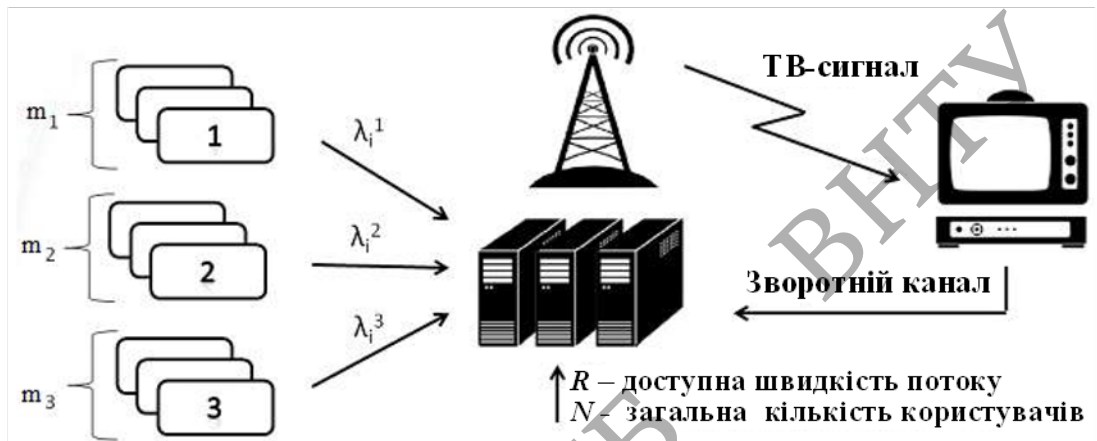


ФІРЕН

ТКС

ВНТУ

					08-34. МКР.010.00.000 Е8					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Структурна схема інформаційно-керованої ТКС					
Розроб.		Рубановський В.А.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кичак В.М.							1	1
Реценз.								ВНТУ, гр. ТКС-20м		
Н. Контр.		Кичак В.М.								
Затверд.		Кичак В.М.								

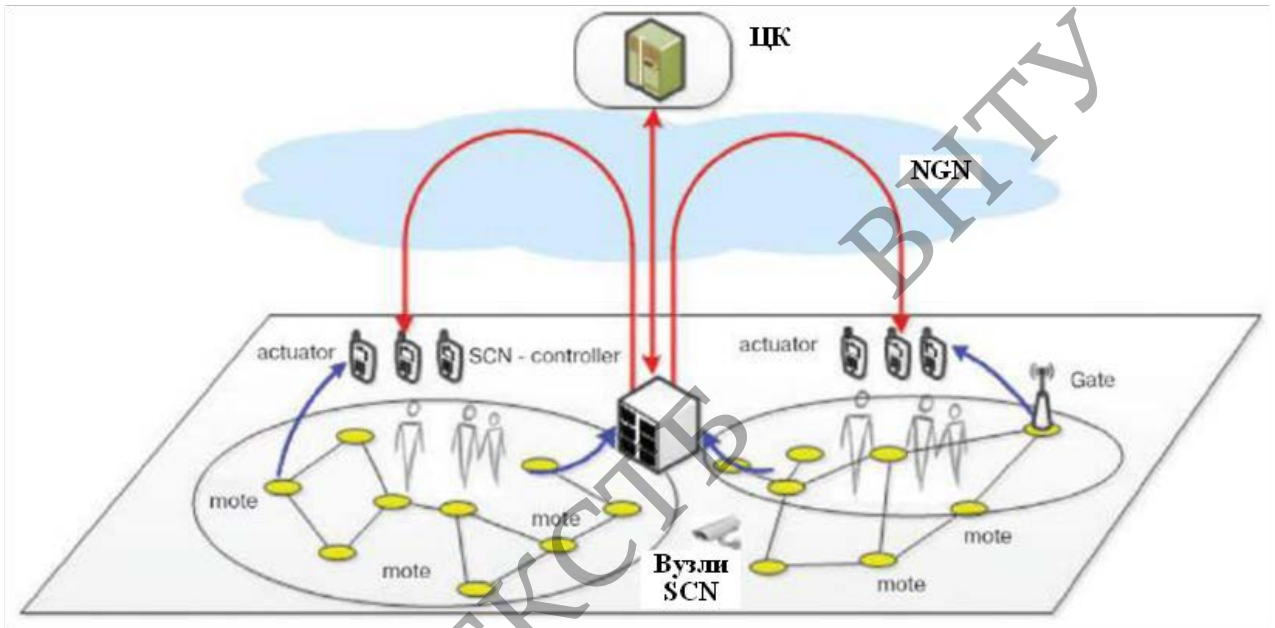


ФІРЕН

ТКСТВ

ВНТУ

					08-34. МКР.010.00.000 Е8			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рубановський В.А.			Структурна схема інформаційно- вимірювальної системи в ІКМ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кичак В.М.					1	1
Реценз.						ВНТУ, гр. ТКС-20м		
Н. Контр.		Кичак В.М.						
Затверд.		Кичак В.М.						



ФІРЕН

					08-34. МКР.010.00.000 Е8					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Комплекс засобів зв'язку в зоні НС із використанням СКМ					
Розроб.		Рубановський В.А.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кичак В.М.							1	1
Реценз.								ВНТУ, гр. ТКС-20м		
Н. Контр.		Кичак В.М.								
Затверд.		Кичак В.М.								