

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Навчально-науковий центр заочної форми навчання
(повна назва)

Кафедра Інформаційно-мережної інженерії
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Розробка інтегральної бізнес- моделі надання інфокомунікаційних послуг

(тема)

Виконав:
Студент 2 курсу, групи ІМІзм-20-1
Крамчанінов А.Ю.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 172 Телекомунікації і радіотехніка

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційно-мережна інженерія

Керівник доцент Золотарьов В.А.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(підпис)

Безрук В.М.

(прізвище, ініціали)

2022 р.

Не містить відомостей заборонених до відкритого публікування

Студент _____ /Крамчанінов А.Ю./

Керівник _____ /Золотарьов В.А./

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Навчально-науковий центр заочної форми навчання

Кафедра Інформаційно-мережної інженерії

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

(код і повна назва)

Тип програми Освітньо-наукова

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційно-мережна інженерія

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

«25» березня 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Крамчанінову Артуру Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка інтегральної бізнес-моделі надання інфокомунікаційних послуг

затверджена наказом університету від 25 березня 2022 р. № 34 Стз

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 20 травня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Проаналізувати процеси виробництва та використання ІКП з огляду на можливості їх оптимізації за процедурою QoS. Запропонувати формулювання задачі оптимізації за процедурою QoS у вигляді, придатному для розв'язання методами безумовної оптимізації. Проаналізувати можливість прикладного застосування методів безумовної оптимізації за процедурою QoS при виробництві і споживанні інфокомунікаційних послуг. Надати пропозиції щодо застосування методів безумовної оптимізації за процедурою QoS при виробництві і споживанні інфокомунікаційних послуг

4. Перелік умовних скорочень. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану інформаційно-комунікаційних послуг і можливість їх оптимізації за процедурою QoS. 2. Спроби розв'язання задачі оптимізації при забезпеченні QoS мультисервісних мереж. 3. Застосування методів безумовної оптимізації за процедурою QoS при виробництві і споживанні інфокомунікаційних послуг. Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Слайди у форматі Power Point: мета та завдання дослідження; інтегральна модель конвергентного виробництва і реалізації інформаційно-комунікаційних послуг; наукова новизна одержаних результатів; практичне значення одержаних результатів

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Ознайомлення із завданням. Уточнення ТЗ.</i>	26.03.2022	
2	<i>Аналіз завдання та літературних джерел.</i>	01.04.2022	
3	<i>Написання першого розділу</i>	08.04.2022.	
4	<i>Написання другого розділу</i>	15.04.2022	
5	<i>Написання третього розділу</i>	28.04.2022	
6	<i>Написання вступу та висновків</i>	11.05.2022	
7	<i>Оформлення презентаційного матеріалу та підготовка до захисту у ДЕК</i>	12.05.2022	

Дата видачі завдання 25 березня 2022 р.

Студент _____ Крамчанинов А.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ к.т.н., доц. Золотарьов В.А.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Звіт про кваліфікаційну роботу: 68 с. 5 рис., 2 табл., 16 джерел.

Об'єкт дослідження – процеси виробництва і надання інформаційно-комунікаційних послуг в мультисервісних мережах.

Мета кваліфікаційної роботи – дослідження процесу обробки інформації в мультисервісних мережах та виділення класу задач управління якістю виробництва і споживання інфокомунікаційних послуг, які могли б бути розв'язків пов'язані методами безумовної оптимізації функції декількох змінних.

Методи дослідження – загальнонаукові та спеціальні методи наукового пізнання.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у формулюванні задачі оптимізації при забезпеченні QoS мультисервісних мереж як задачі безумовної оптимізації функції двох змінних.

Практичне значення одержаних результатів:

1. На основі аналізу процесів виробництва і використання інфокомунікаційних послуг у різних сегментах ринку послуг визначені та можливості оптимізації інфокомунікаційних послуг за процедурою QoS.

2. Задача оптимізації при забезпеченні QoS мультисервісних мереж бути сформульована як задача безумовної оптимізації функції двох змінних.

3. Розглянута можливість прикладного застосування методів безумовної оптимізації за процедурою QoS на прикладі інтегральної бізнес-моделі конвергентного виробництва і реалізації інфокомунікаційних послуг.

ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ, QOS, МУЛЬТИСЕРВІСНІ МЕРЕЖІ, ЧИСЛЕНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ, ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ ПОСЛУГИ

ABSTRACT

Explanatory note: 68 pp., 5 fig., 16 reference, 2 app.

The subject matter of the study is information processing in the production and consumption of info-communication services in multiservice networks. The goal of the study is to investigate the process of information processing in multiservice networks and to identify the quality class management tasks of infocommunication services production and consumption could be connected by methods of the several variable functions unconditional optimization.

The tasks to be solved are: to analyze the processes of production and use of infocommunication technologies, taking into account the possibility of their optimization according to the QoS procedure; to propose a formulation of the QoS procedure optimization problem in a form suitable for solving by unconstrained optimization methods; to investigate the unconditional optimization application possibility of the methods according to the QoS procedure in the production and consumption of infocommunication services.

General scientific and special methods of scientific knowledge are used. The following results were obtained: On the basis of the analysis of production processes and use of information communication services in different segments of the service market the possibilities of infocommunication services optimizing for QoS procedures were identified. The problem of optimization in multiservice networks providing QoS to be formulated as a problem of unconditional optimization of the two variables function. The possibility of applied use of methods of crazy optimization of QoS procedure is shown on the application of integral business model of convergent production and implementation of information communication services.

Conclusions. The production and use of infocommunication services today is convergent. The definition of a single variable for the coordination of processes in the entire chain of production and consumption of infocommunication services on a unified criterion will support QoS convergent production and implementation of infocommunication services. Really, the analytical method is practically not implemented in multiservice networks, as it is difficult to approximate the second derivative. If a simple approximation of the first derivative is possible, use gradient methods. The simplest to implement method is considered to be the method of fragmentation of the step. The definition of optimization paths by the QoS procedure will provide in the multi-service networks in the field of state regulation the necessary reliability, security and efficiency, in particular by optimizing the time of packets.

QUALITY OF SERVICE, QOS, MULTISERVICE NETWORKS, NUMERICAL OPTIMIZATION METHODS, INFOCOMMUNICATION SERVICES.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОСИЛАНЬ

ВСТУП

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ПОСЛУГ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇХ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗА ПРОЦЕДУРОЮ QOS

- 1.1 Вимоги до якості послуг сучасних інфокомунікаційних мереж
- 1.2 Класифікація мереж інфокомунікаційних послуг
- 1.3 Переваги та недоліки мультисервісних комунікаційних мереж
- 1.4 Проектування мультисервісних мереж
- 1.5 Можливості оптимізації процесів ІКП за процедурою QoS
- 1.6 Аналіз останніх досліджень і публікацій
- 1.7 Висновки по першому розділу

2 СПОСОБИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ QOS МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ

- 2.1 Оптимізація та математичне моделювання мереж ІКП
- 2.2 Аналітичне розв'язання задачі оптимізації
- 2.3 Алгоритм розв'язання задачі для двох змінних у загальному вигляді
- 2.4 Градієнтний метод із дробленням кроку
- 2.5 Висновки по другому розділу

3 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ БЕЗУМОВНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕДУРОЮ QOS ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ ПОСЛУГ

- 3.1 Посилення частки сервісного компонента в бізнес-моделі інфокомунікацій
- 3.2 Застосування методів безумовної оптимізації при розробці інтегральної бізнес-моделі виробництва і споживання інфокомунікаційних послуг
- 3.3 Інтегральна модель конвергентного виробництва і реалізації інфокомунікаційних послуг
- 3.4 Шляхи практичної реалізації інтегральних інфокомунікаційних послуг за умови оптимізації за критерієм QoS
- 3.5 Висновки по третьому розділу

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

ДОДАТОК А

ДОДАТОК Б

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ІКП – інфокомунікаційні послуги;

QoS –Quality of Service, якості послуг зв'язку;

LAN – Local area network, локальна обчислювальна мережа;

PAN– Personal Area Network, персональна мережа;

MAN –Metropolitan Area Network, міська мережа;

WAN – Wide Area Network, глобальна мережа;

MCTM – мультисервісна телекомунікаційна мережа;

ISDN – цифрова мережа інтегрованих послуг;

FR – Frame Relay, протокол каналного рівня;

ATM – Asynchronous Transfer Mode, технологія асинхронної передачі;

MTP – Message Transfer Part, передача повідомлень сигналізації;

TUP – Telephone User Part - підсистема користувача;

ISUP – Integrated Services User Part, підсистема підтримки користувача;

ТмЗК –телефонна мережа загального користування;

ETSI – European Telecommunications Standards Institute, Європейський інститут із стандартизації у галузі телекомунікацій.

ВСТУП

Функціонування різних видів економічної діяльності інфокомунікацій розрізняється організаційними структурами, бізнес-процесами, закономірностями розвитку і викликає необхідність застосування різних методів підвищення якості виробництва і споживання інфокомунікаційних послуг. (ІКП). Поява нових учасників в даному сегменті ринку послуг, виділення сервісної сфери інфокомунікацій і підвищення ролі диктують необхідність вироблення нових науко обґрунтованих підходів для створення бізнес-моделей з урахуванням витрат і результатів усіх учасників ринку.

В умовах заміщення традиційних послуг зв'язку новими мультисервісними, і жорсткої конкуренції з боку рухомого зв'язку ІКП, виникає суперечність між зростаючими потребами в передачі інформації і скорочуються можливостями операторів зв'язку. Одночасне надання доступу до різних служб (стандартна телефонія, IP-телефонія, WEB-сервіси, організація віртуальних приватних мереж) вимагають розробки методів забезпечення наскрізного гарантованої якості послуг зв'язку (Quality of Service, QoS) для передачі різних типів трафіку через взаємодіючі мережі різних операторів. З урахуванням різноманіття алгоритмів маршрутизації з забезпеченням QoS і архітектур QoS виникає необхідність узгодження (гармонізації) останніх.

Актуальність дослідження обумовлюється необхідністю розробки бізнес-процесів, методів, технологічних процедур і алгоритмів, оптимальних по одному або декільком критеріям для сумісності існуючих і перспективних засобів забезпечення QoS мультисервісних мереж.

Мета дослідження – дослідження процесу обробки інформації в мультисервісних мережах та виділення класу задач управління якістю виробництва і споживання інфокомунікаційних послуг, які могли б бути розв'язків пов'язані методами безумовної оптимізації функції декількох змінних.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати процеси виробництва та використання ІКП з огляду на можливість їх оптимізації за процедурою QoS.
2. Запропонувати формулювання задачі оптимізації за процедурою QoS у

вигляді, придатному для розв'язання методами безумовної оптимізації.

3. Проаналізувати можливість прикладного застосування методів безумовної оптимізації за процедурою QoS при виробництві і споживанні інфокомунікаційних послуг

4. Надати пропозиції щодо застосування методів безумовної оптимізації за процедурою QoS при виробництві і споживанні інфокомунікаційних послуг

Об'єкт дослідження – процеси виробництва і надання інформаційно-комунікаційних послуг.

Методологічною основою роботи стали загальнонаукові та спеціальні методи наукового пізнання.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у формулюванні задачі оптимізації при забезпеченні QoS мультисервісних мереж як задачі безумовної оптимізації функції двох змінних

Практичне значення одержаних результатів:

1. На основі аналізу процесів виробництва і використання інфокомунікаційних послуг у різних сегментах ринку послуг визначені та можливі оптимізації інфокомунікаційних послуг за процедурою QoS.

2. Задача оптимізації при забезпеченні QoS мультисервісних мереж бути сформульована як задача безумовної оптимізації функції двох змінних.

3. Розглянута можливість прикладного застосування методів безумовної оптимізації за процедурою QoS на прикладі інтегральної бізнес-моделі конвергентного виробництва і реалізації інфокомунікаційних послуг.

Апробація результатів магістерської роботи. Результати роботи були оприлюднені у одному фаховому виданні України та на двох міжнародних науково-практичних конференціях.

Кількість власних публікацій за темою магістерської роботи – 3.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ПОСЛУГ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇХ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗА ПРОЦЕДУРОЮ QOS

1.1 Вимоги до якості послуг сучасних інформаційно- комунікаційних мереж

Основним механізмом, що регулює якість послуг, є угода про рівень обслуговування між постачальником і користувачем послуг. У загальному випадку угода про рівень обслуговування включає організаційно- економічні параметри, а також параметри продуктивності мережі (швидкості передачі даних користувача, розрізняють постійну і змінну швидкість передачі), надійності зв'язку і якості обслуговування трафіка, які вимірюються оператором шляхом тестування [1].

Основні вимоги, що пред'являються до телекомунікаційних мереж:

- продуктивність – час реакції, пропускна здатність і затримка передачі;
- можливість розширення – можливість легкого додавання окремих елементів мережі (користувачів, комп'ютерів, додатків, сервісів);
- масштабованість – можливість розширення мережі без втрати продуктивності;
- надійність, збереження інформації та захист від спотворень - дублювання окремих елементів, створення копій і ін.;
- безпека передачі інформації – спеціальні програмні і апаратні засоби.

У табл 1.1 представлені основні вимоги до якості послуг мультисервісних мереж зв'язку.

Таблиця 1.1 - Вимоги до якості послуг, що надаються мультисервісними мережами зв'язку

Тип інформації	Назва послуги	Тип передачі	Необхідна швидкість передачі / обсяг переданих даних	Параметри якості послуг		
				Затримка, мс	Джиттер, мс	Імовірність втрати інформації, %
Аудіо	Телефонія	Дуплекс	4-64 кбіт/с	< 150 мс (відмінна якість); < 400 мс (допустима якість)	< 1 мс	< 3 %
	Передача голосових повідомлень	Симплекс	4-32 кбіт/с	< 1 с (для відтворення); < 2 с (для запису)	< 1 мс	< 3 %
	Звукове мовлення	Симплекс	16-128 кбіт/с	< 10 с	<< 1 мс	< 1 %
Відео	Відеоконференція	Дуплекс	> 384 кбіт/с	< 150 мс (відмінна якість); < 400 мс (допустима якість)	НН	< 1 %
Дані	Доступ в Інтернет (перегляд WEB-сторінок)	В цілому симплекс	~ 10кБ	< 2 с / стор. (відмінна якість); < 4 с (допустима якість)	НН	0
	Передача файлів великого обсягу	В цілому симплекс	10 кБ – 10 МБ	< 15 с (відмінна якість); < 60 с (допустима якість)	НН	0
	Передача нерухомих зображень	Симплекс	100 кБ	< 15 с (відмінна якість); < 60 с (допустима якість)	НН	0
	Доступ до сервера електронної пошти	В цілому симплекс	< 10 кБ	< 2 с (відмінна якість); < 4 с (допустима якість)	НН	0
	Факс	В цілому симплекс	~ 10 кБ	< 30 с / стор.	НН	< 10 ⁻⁶ BER

1.2 Класифікація мереж інфокомунікаційних послуг

Сучасні телекомунікаційні системи об'єднуються за кількома основними ознаками. Перш за все мережі класифікують за відстанню поширення (Табл. 1.2) до складу яких входять персональна, локальна, міська та глобальна мережі.

Персональна мережа з'єднує електронні пристрої в безпосередній зоні користувача. Розмір PAN становить від декількох сантиметрів до декількох метрів. Одним з найпоширеніших реальних прикладів PAN є зв'язок між динаміком Bluetooth та смартфоном. PAN також можуть підключати ноутбуки, планшети, принтери, клавіатури та інші комп'ютеризовані пристрої але лише комп'ютер може підключатися безпосередньо до Інтернету.

LAN означає локальну мережу. Більшість локальних мереж підключаються до Інтернету в центральній точці: маршрутизаторі.

Локальні мережі майже завжди використовують Ethernet, WiFi або те й інше для підключення пристроїв усередині мережі.

Міська мережа - це мережа, яка з'єднує пристрої в межах міста. Як і глобальні мережі, MAN складається з взаємопов'язаних локальних мереж. Більшість MAN використовують волоконно-оптичні кабелі для формування зв'язків між локальними мережами. Часто MAN працює на "темному волокні" - раніше невикористаних волоконно-оптичних кабелях, здатних переносити трафік

Глобальна мережа - це велика мережа, яка з'єднує групи пристроїв на великі відстані. WAN часто використовуються великим бізнесом для підключення своїх офісних мереж; кожен офіс зазвичай має власну локальну мережу або локальну мережу, і ці локальні мережі підключаються через глобальну мережу. Технічно будь-яка велика мережа, що поширюється на широкій географічній території, є глобальною мережею. Сам Інтернет вважається глобальною мережею.

Таблиця 1.2 - Класифікація мереж за територіальної поширеністю

Тип мережі	Діапазон мережі	Характерні риси
PAN (персональна мережа)	Дуже маленька смуга близько 5 метрів	Складається з з'єднаних з одним пристроїв, таких як принтер або сканер.
LAN (локальна мережа)	Високошвидкісна лінія передачі в невеликому просторі	Швидкість передачі даних вище, ніж у WAN, мережа належить одній установі.
MAN (міська мережа)	Проміжна ланка між LAN і WAN	Передача відбувається по оптичному кабелю, об'єднує пристрої в межах одного міста
WAN (глобальна мережа)	Пов'язують комп'ютери, розсерджені на відстані сотні і тисяч кілометрів	З'єднання відбувається між пов'язаними локальними мережами через широкосмугову мережу

Дротові і бездротові мережі можна класифікувати за способом зв'язку на три основні типи (Табл. 1.3):

симплекс - це односпрямоване спілкування. У симплексному режимі відправник може надсилати дані, але цей відправник не може їх отримати. Симплексний режим забезпечує меншу продуктивність, ніж напівдуплексний та повний дуплексний. Прикладом симплексного режиму є: Клавіатура та монітор;

напівдуплексний режим - це двостороння напрямлена комунікація, але одна за одною. У напівдуплексному режимі відправник може надсилати дані, а також може отримувати дані, але по одній. Прикладом напівдуплексного режиму є: радіопередавач;

повнодуплексний режим - це односторонній напрямлений зв'язок одночасно. У повнодуплексному режимі відправник може надсилати дані, а також отримувати дані одночасно. Повний дуплекс забезпечує кращу продуктивність, ніж симплексний та напівдуплексний режим. Прикладом повнодуплексного режиму є: телефон.

Таблиця. 1.3 - Класифікація мереж за способом передачі даних

Односторонній зв'язок (Симплекс)	<p>Взаємодіє тільки від «від користувача А до Б»</p> 
Напівдуплекс	<p>Дані можуть передаватись друг другу, але одночасна передача неможлива, тому використовується одна смуга</p> 
Повний дуплекс	<p>Передача, яка може відправляти та отримувати дані друг другу в будь який час</p> 

Структурне зображення того, як пристрої з'єднані між собою, відоме як топологія. Існує п'ять типів топології - ієрархічна, шина, зірка, кільце та повнозв'язна (Рис. 1.1) [2].

Ієрархічна топологія - це особливий тип структури, де безліч з'єднаних елементів розташовані подібно гілкам дерева. Наприклад, деревоподібні топології часто використовуються для організації комп'ютерів у корпоративній мережі або інформації в базі даних.

У топології дерева може бути лише один зв'язок між будь-якими двома зв'язаними вузлами. Оскільки будь-які два вузли можуть мати лише один взаємний зв'язок, топології дерев створюють природну батьківську та дочірню ієрархію.

У топології шини є основний кабель, і всі пристрої підключені до цього основного кабелю через випадаючі лінії. Існує пристрій під назвою кран, який з'єднує випускні лінії з основним кабелем. Оскільки всі дані передаються по основному кабелю, існує обмеження кількості прямих ліній і довжину, яку може мати основний кабель.

У топології зірка кожен пристрій у мережі підключений до центрального пристрою, який називається мережевим концентратором. Зірка не дозволяє здійснювати прямий зв'язок між пристроями, пристрій повинен здійснювати зв'язок через мережевий концентратор. Якщо один пристрій хоче надіслати дані на інший пристрій, він повинен спочатку надіслати дані до концентратора, а потім мережевий концентратор передає ці дані до призначеного пристрою.

У кільцевій топології кожен пристрій пов'язаний з двома пристроями по обидва боки від нього. Є два виділені послання "точка-точка", які пристрій має з пристроями по обидва боки від нього. Ця структура утворює кільце, тому вона відома як кільцева топологія. Якщо пристрій хоче надіслати дані на інший пристрій, тоді він надсилає дані в одному напрямку, кожен пристрій у топології кільця має ретранслятор, якщо отримані дані призначені для іншого пристрою, то ретранслятор пересилає ці дані, поки призначений пристрій їх не отримає.

У повнозв'язній топології кожен пристрій підключається до кожного іншого пристрою в мережі за допомогою виділеної лінії "точка-точка". Це означає, що послання несе дані лише для двох підключених пристроїв. Наприклад в мережі n пристроїв, тоді кожен пристрій повинен бути підключений до $(n-1)$ пристроїв мережі [3].

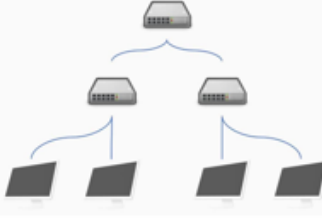

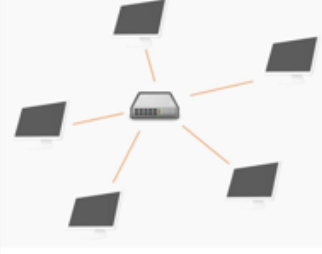


Ієрархічна топологія (Дерево)		<p>Переваги:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Просте керування мережею • Висока надійність мережі <p>Недоліки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • У разі відмови верхнього вузла зв'язок з верхньої мережі неможливий
Топологія шина		<p>Переваги:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Низька вартість установки і відмінна надійність проста структура • Легко додавати нові вузли <p>Недоліки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • У разі помилки вся мережа паралізується
Топологія зірка		<p>Переваги:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Підходить для високошвидкісних мереж • Відсутність впливу на мережу навіть в разі помилки окремого каналу <p>Недоліки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Коли центральний вузол виходить з ладу вся мережа порушується
Топологія кільце		<p>Переваги:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Доступна конфігурація мережі • Без збоїв <p>Недоліки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • У разі збою зв'язку вся мережа не працює <p>Характерна риса</p> <p>Використовується техніка передачі з токенів</p>
Повнозв'язна топологія		<p>Переваги:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Стійкий до перешкод • Немає проблем при обробці великих обсягів даних <p>Недоліки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Дуже дорого в будівництві і експлуатації

Рисунок 1.1 - Класифікація за топологією мережі

1.3 Переваги та недоліки мультисервісних комунікаційних мереж

Мультисервісні комунікаційні мережі можливо застосовувати у багатьох сферах життя. Ці послуги можливо поділити на чотири основні групи (рис. 1.2.).

За типом переданої інформації послуги поділяються на такі типи:

послуги передачі даних;

послуги інфраструктури (консультаційні послуги).

послуги телефонії та відеотелефонії;

послуги виділених каналів
(послуги, які байдужі до типу переданої інформації).

Залежно від способу доступу послуги поділяються на такі типи:

комутовані телефонні канали або ISDN-канали;

SDH-канали;

канали FR;

канали ATM;

канали HDLC;

Ethernet-канали;

технологія xDSL;

гібридні мережі на основі коаксіальних кабелів та оптичних волокон;

мережі бездротового доступу.

Залежно від типу обміну інформацією послуги поділяються на:

такі, що забезпечують доступ до мережевих ресурсів.

двосторонній обмін;

центр обміну інформацією.

Залежно від типу клієнта, послуги поділяються на такі типи[4]:

послуги, що надаються іншим операторами зв'язку;

послуги для корпоративних клієнтів;

послуги для окремих користувачів.

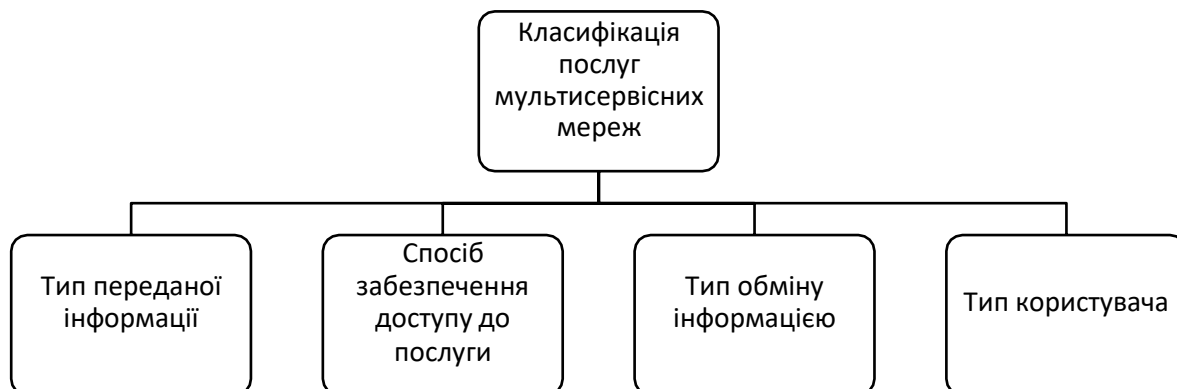


Рисунок 1.2 - Класифікаційні ознаки послуг мультисервісних мереж

Мультисервісна мережа – це інфраструктура, яка використовує єдиний канал зв'язку для перенесення різних видів трафіку. МСТМ дозволяє провайдерам:

- зменшити різноманітність типів пристроїв;
- уніфікувати стандартну однокабельну систему, що застосовується;
- централізовано керувати комунікаційним середовищем;
- розширити сфери послуг;
- збільшити прибутковість своєї мережі;
- знизити загальну вартість роботи мережі.

Для споживачів (абонентів) використання мультисервісних мереж означає:

- можливість працювати з одним постачальником;
- отримання різноманітних послуг;
- зручне керування різними послугами;
- інтегровані служби технічної підтримки;
- єдиний рахунок для оплати послуг.

Хоча мультисервісна мережа має величезні переваги та застосування, має деякі основні недоліки:

складність міграції;

не всі застарілі послуги можна замінити новими альтернативами;

нормативні обмеження для критично важливих служб.

Недоліком мережі на основі MNS можна вважати додаткову надмірність, особливо критичну на низькошвидкісних каналах, а також підвищені вимоги до обладнання і кваліфікації обслуговуючого персоналу. Що стосується проектування мережі, то мультисервісні мережі вимагають зовсім іншого підходу. Доставка відео і голосу повинна здійснюватися в реальному часі – з необхідністю пріоритетності в разі перевантажень транспортної мережі.

Мультисервісні мережі це сукупність засобів і рішень, що виникли на стику телефонії, відеоконференцзв'язку, локальних мереж і телекомунікацій. Завдання мультисервісної мережі – спростити і/або здешевити надання різних послуг зв'язку, а в перспективі – зробити їх більш ефективними і зручними не лише для служб, що експлуатують мережу, а й для кожного користувача. Остаточна структура мультисервісної мережі визначається її відповідністю запитам користувача і тим, скільки коштує її створення і експлуатація [5].

1.4 Проектування мультисервісних мереж

Побудова мультисервісної телекомунікаційної мережі (МСТМ), в яку інтегровані різні послуги, є одним з найбільш перспективних напрямків розвитку телекомунікаційних мереж, що може вирішити проблему конвергенції інформаційно-комунікаційних технологій. Основним завданням МСТМ є забезпечення співіснування та взаємодії різнорідних підсистем зв'язку в єдиному транспортному середовищі при використанні

єдиної інфраструктури для передачі загального трафіку (даних) та трафіку в режимі реального часу (голосу та відео).

Під час проектування МСТМ слід враховувати декілька найголовніших аспектів:

по-перше, характер діяльності оператора полягає в неможливості збереження інвестицій та відмови від існуючої телекомунікаційної інфраструктури для нових середовищ та технологій. Іншими словами, нові мультисервісні технології повинні легко адаптуватися до існуючої інфраструктури операторів або забезпечувати можливість поступової модернізації або переходу на нову інфраструктуру;

по-друге, під час укладення договору з абонентом оператор несе певні зобов'язання щодо забезпечення узгодженої якості зв'язку та наданих послуг. Це означає, що оператори повинні надавати певну якість обслуговування. Однак, оскільки неоднорідний трафік в мультисервісних мережах має різні вимоги до якості обслуговування, мережа оператора повинна підтримувати кілька рівнів QoS, кожен із набором нормалізованих параметрів;

по-третє, проблема, яку необхідно вирішити при впровадженні МСТМ, неоднорідність середовища передачі даних. Абоненти повинні отримувати замовлені послуги з певною якістю, незалежно від їх розташування та технології (xDSL, Ethernet, WLAN тощо), що здійснює доступ до мережіпровайдера.

Взаємопроникнення мереж різного призначення за допомогою загальних компонентів та поєднання виконуваних функцій має досить тривалу історію, і деякі проблеми, з якими стикаються дизайнери МСТМ, вже були вирішені. Серед існуючих технологій, здатних інтегрувати неоднорідний трафік в єдину комунікаційну інфраструктуру минулого, варто зазначити, зокрема, цифрові мережі інтегрованих послуг (ISDN), Frame Relay (FR) та технології асинхронної передачі (ATM). Хоча зараз ці методи можна вважати морально застарілими, більшість основних

принципів і технічних

рішень, які вперше використовувались, залишаються актуальними. Поверх цього побудовані сучасні мультисервісні мережі.

Впровадження сучасної мультисервісної мережі вимагає абсолютно нової інфраструктури, що складається з мереж доступу, мереж агрегації, транспортних мереж (магістралей), головних станцій, кінцевих пристроїв (клієнтів) та спеціалізованого програмного забезпечення [6].

1.5 Можливості оптимізації процесів ІКП за процедурою QoS

Виробництво і використання інфокомунікаційних послуг (ІКП) сьогодні носить конвергентний характер. Сучасний користувач ІКП споживає та послуги зв'язку, і інформаційний сервіс у вигляді контенту і додатків, виробники і постачальники при цьому послуг можуть бути абсолютно різними як за видами зв'язку, так і по пропонованих послуг. При цьому бізнес, пов'язаний з терміналами, контентом і додатками, а також з безпосереднім обслуговуванням клієнтів (договору, оплата, сервіс), може бути самостійним ланкою ланцюжка виробництва і споживання ІКП.

Різні прояви конвергенції дозволяють стверджувати, що зближення різних мереж зв'язку відбувається у функціональному плані для цілей надання клієнтові всього спектра послуг в одному місці з різних терміналів і точок доступу.

Реалізація таких цілей можлива в рамках інтегральної бізнес-моделі, яка б поєднувала та усі процеси ІКТ та оптимізувала їх за визначеною процедурою QoS.

Зазвичай при передачі даних у мультисервісних мережах якість обслуговування оцінюється за такими ключовими параметрами:

Bandwidth — смуга пропускання, характеризує ширину каналу;

Delay – рівень затримки при відправленні пакета;

Jitter – коливання затримки при відправленні пакетів;

Packet Loss – втрати пакетів, характеризує число пакетів, які відкидаються мережею передачі.

Якість контролю цих параметрів обмежена можливостями мережевого обладнання. Підтримка QoS – це механізм, який виділяє для інформації задану смугу пропускання, знижує рівень джиттера і затримки, захищає важливі пакети від втрати. [7].

В процесі обробки і передачі даних у вузлах мультисервісних мереж, в загальному випадку, розглядається досить великий набір оптимізаційних задач. Такий набір завдань формується, як правило, мережевим, транспортним і сеансовим рівнями еталонної моделі взаємодії відкритих систем (OSI), наприклад, при маршрутизації, управління трафіком, обробці даних і т. д.

Зауважимо, що розв'язання оптимізаційної задачі передбачає наявності аналітичної функції та пошуку її мінімуму або максимуму, тобто визначення змінної, яка б відповідала кількісному значенню параметра якості обслуговування. У найпростішому варіанті це може бути час або кількість пакетів або час здійснення певної операції, наприклад, проходження пакету за визначеним маршрутом.

Така формалізація дозволить проводити оптимізацію якості обслуговування в мультисервісних мережах за допомогою математичного апарату дослідження функцій у межах диференційного числення.

Тобто, визначення єдиної змінної для узгодження процесів в усьому ланцюзі виробництва і споживання ІКП за єдиним критерієм дозволить здійснювати підтримку QoS конвергентного виробництва і реалізації інфокомунікаційних послуг. Це вельми можливо, оскільки більшість ІКП досить глибоко стандартизовані і взаємозамінні. Наприклад, канали зв'язку або пропуску IP-трафіку організовані в різних системах передачі і тому можуть бути взаємозамінними

Так, до такого класу задач може бути віднесена оцінка часу одиночного проходження пакета по обраному маршруту в мультисервісної мережі інтегральної моделі бізнесу інфокомунікацій.

Однак, далеко не всі задачі оптимізації, що виникають у процесі обробки інформації в МСС, зводяться до знаходження екстремумів функцій однієї змінної.

На практиці досліджувані системні характеристики зазвичай залежать від двох і більше параметрів, тобто задача оптимізації зводиться до знаходження екстремуму функції з кількома змінними.

Задача такого класу в будь-якому випадку має значну обчислювальну складність і тому основний акцент при виборі методів її розв'язання доцільно робити саме на час знаходження розв'язання, зазвичай навіть на шкоду точності отриманого результату. Тим не менш, математичний апарат дослідження функцій, зокрема безумовної оптимізації функції декількох змінних на ґрунті диференційного числення, можливо використовувати для рішення задач такого класу [7].

Так, при розгляді реальних задач маршрутизації, для аналізу часу проходження пакета, недостатньо одного параметра, зазвичай аналізується кілька параметрів різної розмірності, між якими не встановлюються вагові коефіцієнти.

1.6 Аналіз останніх досліджень і публікацій

Засвідчує актуальність дослідження. В архітектурі eTOM (electronic Telecom Operation Map) гармонізація здійснюється через єдині схеми процесів і функцій в різних системах експлуатаційної підтримки операторів зв'язку [7]. Цей підхід не повністю відповідає цілям забезпечення наскрізного QoS, оскільки наявність однакових функцій не гарантує сумісність механізмів реалізації даних функцій, наприклад на рівні сумісності переліків характеристик QoS.

Аналіз у джерелі [8] дозволяє зробити висновок про відсутність в даний час універсального алгоритму маршрутизації з QoS. З урахуванням технічної і структурної складності існуючих мереж зв'язку розробка універсального алгоритму є завданням, важким для формалізації. Запропоноване в [8] поняття метрики якості дає деяку формалізацію оцінки якості передачі трафіку за кількома параметрами (затримка, джиттер затримки, вартість пропуску навантаження), але не в повній мірі розкрито механізми її оптимізації.

1.7. Висновки по першому розділу

Виробництво і споживання інфокомунікаційних послуг сьогодні носить конвергентний характер.

Основні вимоги, що пред'являються до інфокомунікаційних послуг стосовно управління якістю їх виробництва і споживання, вимагають дослідження процесу обробки інформації в мультисервісних мережах та виділення класу задач управління якістю виробництва і споживанням інфокомунікаційних послуг, які могли б бути розв'язків пов'язані методами оптимізації.

2 СПОСОБИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ QOS МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ

2.1 Оптимізація та математичне моделювання мереж ІКП

Для доставки повідомлень споживачам за певними маршрутами. Більше того, для великої кількості додатків, а також обмежених фізичних можливостей комутаційних систем та каналів зв'язку (ліній) існують різні способи обслуговування додатків на комутаційних вузлах: з втратами (коли програма отримує відмову в сервісі), з очікуванням (коли програма чекає випуску лінії або перемикання пристрою), з обмеженим очікуванням (коли кількість програм, що очікують, або час очікування обмежена). Таким чином, для математичного опису мереж зв'язку використовується інший математичний апарат порівняно з описом простих систем зв'язку; у згаданій структурі мережі часто використовуються для з'єднання різних вузлів [20].

Отже, QoS є основними в будь-якій інформаційно-телекомунікаційній системі. При проектуванні мережі можна поставити ряд проблем оптимізації, рішення яких дають мережі, які в якомусь сенсі оптимально розроблені. З цього випливає, що, Доцільно формулювання задачі оптимізації за процедурою QoS у вигляді, придатному для розв'язання методами безумовної оптимізації.

Розглянемо особливості математичного опису моделі ІКП. В цьому випадку, в якості моделі використовується граф

$$G = (X, A),$$

де $X = \{x_{ij}\}$ – набір вершин графа, які відображаються в точках мережі (кінцеві точки, комутаційні вузли);

а $A = \{a_{ij}\}$ – набір ребер графа, які відображаються на лінії, канали зв'язку.

Відповідно до того, що канали зв'язку можуть бути односпрямованими і двоспрямованими, краї графа може бути орієнтованими і неорієнтованими.

Таким чином, орієнтовані, неорієнтовані, змішані графи, а також мультиграфи можуть бути використані як модель телекомунікаційної мережі. Мережеві моделі широко застосовуються на практиці при проектуванні телекомунікаційних систем, систем космічного та радіозв'язку, ширококомовних мереж, комп'ютерних систем, транспортних мереж.

Мережевий аналіз відіграє дедалі більшу роль, оскільки за допомогою графів досить просто побудувати модель не тільки мереж зв'язку, а й інших складних систем.

Розширення сфери використання мережевої моделі зумовлене тим, що методи мережевого аналізу дозволяють: будувати модель складної системи як сукупність простих підсистем; розробити формальну процедуру для визначення якісних та кількісних характеристик системи; показати механізм взаємодії компонентів системи з метою опису останніх з точки зору її основних характеристик; визначити, які дані необхідні для вивчення системи.

2.2 Аналітичне розв'язання задачі оптимізації

Розглянемо найбільш простий випадок – залежність часу проходження пакета від двох параметрів x_1 і x_2 .

Аналіз часу проходження пакету в мультисервісній мережі показав, що він залежить від двох параметрів (x_1 і x_2), що утворюють вектор параметрів \bar{x} і може бути зведений до наступного аналітичного виразу:

$$T = f(\bar{x}) \quad (2.1)$$

Тоді задача оптимізації при забезпеченні QoS мультисервісних мереж може бути сформульована таким чином:

знайти f^* , таку що забезпечує оцінку мінімального часу проходження пакету

$$T = f(x_1, x_2) \rightarrow \min$$

та відповідні значення параметрів

$$\bar{x}^* = (x_1^*, x_2^*) \quad . \quad (2.2)$$

У разі, якщо оптимізуемая функція може бути задана в аналітичному вигляді, і існують її другі похідні по всім аргументам, то оптимальне рішення можна знайти, використовуючи стандартні методи математичного аналізу функції декількох змінних.

2.3 Алгоритм розв'язання задачі для двох змінних у загальному вигляді.

Якщо $f(\bar{x})$ двічі диференційовних по всім аргументам, то f^* і \bar{x}^* можна знайти, використовуючи наступний алгоритм:

Знаходимо стаціонарні точки функції, прирівнявши до нуля її градієнт:

$$\left(\frac{df}{dx_1}, \frac{df}{dx_2} \right) = 0,$$

що є необхідною умовою існування локального екстремуму.

Для визначення типу стаціонарної точки (достатня умова існування локального екстремуму) необхідно побудувати її гессе (матрицю всіх

приватних похідних функції):

$$G(\bar{x}) = \begin{pmatrix} \frac{d^2f}{dx_1 dx_1} & \frac{d^2f}{dx_1 dx_2} \\ \frac{d^2f}{dx_2 dx_1} & \frac{d^2f}{dx_2 dx_2} \end{pmatrix}.$$

Розраховуються власні значення гессиана наступним чином:

$$\det(G(\bar{x}) - \bar{\lambda}I) = 0 \quad (\bar{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2)).$$

Якщо всі власні числа гессиана позитивні ($\lambda > 0$), то стаціонарна точка є локальним мінімумом досліджуваної функції.

Якщо всі власні числа гессиана негативні ($\lambda < 0$), то стаціонарна точка є локальним максимумом досліджуваної функції. У разі, якщо власні числа гессиана мають різні знаки (або існують нульові значення), то стаціонарна точка – сідлова точка (для двох змінних – це сідлова точка поверхні, що характеризує досліджувану функцію).

2.4 Градієнтний метод із дробленням кроку

На практиці в мультисервісних мережах аналітичний метод практично не реалізують, оскільки важко апроксимувати другу похідну. Однак, якщо можлива проста апроксимація першої похідної, використовують градієнтні методи (більш точні, ніж сканування, але і більш витратні), наприклад:

- метод із дробленням кроку;
- метод найшвидшого спуску;
- метод Ньютона та ін.

2.4.1. Метод із дробленням кроку

В цьому варіанті градієнтного методу величина кроку на кожній ітерації вибирається із умови виконання нерівності:

$$f(x^{n+1}) = f(x^n - \alpha^n f'(x^n)) \leq f(x^n) - \varepsilon \alpha^n \|f'(x^n)\|^2, \quad (2.3)$$

де $\varepsilon \in (0, 1)$ – деяка вибрана константа.

Процедуру знаходження α^n зазвичай здійснюють наступним чином: обирається число $\delta \in (0, 1)$ і деякий початковий крок α^0 .

Тепер для кожного n покладають $\alpha^n = \alpha^0$ і здійснюють крок градієнтного методу. Якщо з таким α^n умова (2.3) виконується, то множать α^n на δ («дроблять крок») і повторюють цю процедуру до тих пір, поки нерівність (2.3) не буде виконуватися.

В умовах теореми про умовну збіжність градієнтного методу з постійним кроком, ця процедура для кожного n за скінченну кількість кроків приведе до потрібного α^n .

2.4.2. Метод найшвидшого спуску

Це ітераційний алгоритм оптимізації першого порядку, в якому для знаходження локального мінімуму функції здійснюються кроки, пропорційні протилежному значенню градієнту (або наближеного градієнту) функції в поточній точці. Якщо натомість здійснюються кроки пропорційно самому значенню градієнту, то відбувається наближення до локального максимуму цієї функції; і ця процедура тоді відома як градієнтний підйом (англ. gradient ascent).

Градієнтний спуск відомий також як найшвидший спуск (англ. steepest descent), або метод найшвидшого спуску (англ. method of steepest

descent).

Гradientний спуск не слід плутати з методом перевалу[en] для наближення інтегралів.

2.4.3 Метод Ньютона

Основна ідея методу Ньютона полягає в ітеративному використанні квадратичної апроксимації цільової функції в поточній точці пошуку і мінімізації цієї апроксимації. Розкладемо двічі дифференціюємо цільову функцію $f(\mathbf{x})$ в ряд Тейлора у фіксованій точці \mathbf{x} при довільному прирості аргумента $\Delta\mathbf{x}$, обмежуючись доданками другого порядку малості,

$$f(\mathbf{x} + \Delta\mathbf{x}) = f(\mathbf{x}) + \nabla f(\mathbf{x})^T \Delta\mathbf{x} + \frac{1}{2} \Delta\mathbf{x}^T \nabla^2 f(\mathbf{x}) \Delta\mathbf{x} + o(\|\Delta\mathbf{x}\|^2).$$

Нехтуючи доданками вище другого порядку малості и позначаючи прирості аргументу $\mathbf{s} = \Delta\mathbf{x}$, градієнт

$$\mathbf{g}(\mathbf{x}) = \nabla f(\mathbf{x}),$$

матрицу Гессе

$$\mathbf{H}(\mathbf{x}) = \nabla^2 f(\mathbf{x}),$$

отримаємо квадратичну функцію

$$q(\mathbf{s}) = f(\mathbf{x}) + \mathbf{g}(\mathbf{x})^T \mathbf{s} + \frac{1}{2} \mathbf{s}^T \mathbf{H}(\mathbf{x}) \mathbf{s}.$$

Виразуємо значення аргументу \mathbf{s} , яке мінімізує цю функцію. Використовуючи формули векторного дифференціювання

$$\nabla(a^T x) = a, \quad \nabla(x^T Ax) = 2Ax,$$

запишемо градієнт квадратичної функції

$$\nabla q(s) = g(x) + H(x)s$$

Враховуючи необхідну умови мінімуму

$$\nabla q(s) = \mathbf{0},$$

отримаємо систему лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР)

$$\mathbf{H}(x)s = -g(x). \quad (2.4)$$

Обчислюючи цю систему відносно вектора s , знайдемо вектор переміщення в точку мінімуму квадратичної функції

$$s = -H(x)^{-1}g(x). \quad (2.5)$$

Метод мінімізації функції, заснований на формулах (2.4) або (2.5), називається *методом Ньютона*. Формули (2.4) и (2.5) можна представити у вигляді:

$$\nabla^2 f(x)\Delta x = -\nabla f(x), \quad \Delta x = -\nabla^2 f(x)^{-1}\nabla f(x).$$

Метод Ньютона мінімізує позитивно визначену квадратичну функцію за один крок із будь-якої початкової точки x_0

$$x^* = x_0 - H(x_0)^{-1}g(x_0).$$

В разі ж мінімізації функції загального вигляду метод Ньютона використовується ітераційно. Позначаючи у поточній точці пошуку x_k значення градієнта

$$g_k = \nabla f(x_k)$$

і матриці Гессе

$$H_k = \nabla^2 f(x_k).$$

Отримаємо на підставі рівності (2.4) ітераційні формули методу Ньютона

2.5. Висновки по другому розділу

1. QoS є основними в будь-якій інформаційно-телекомунікаційній системі. Отже, при проектуванні мережі можна поставити ряд проблем оптимізації, рішення яких дають мережі, які в якомусь сенсі оптимально розроблені.

Доцільно формулювання задачі оптимізації за процедурою QoS у вигляді, придатному для розв'язання методами безумовної оптимізації.

2. Визначення єдиної змінної для узгодження процесів в усьому ланцюзі виробництва і споживання інфокомунікаційних послуг за єдиним критерієм дозволить здійснювати підтримку QoS конвергентного виробництва і споживання інфокомунікаційних послуг.

3. Визначення шляхів оптимізації за процедурою QoS надасть змогу забезпечити в мультисервісних мережах сфері державного регулювання необхідну надійність, захищеність та оперативність, зокрема шляхом оптимізації часу проходження пакетів.

4. Оскільки застосування аналітичного методу передбачає апроксимацію другої похідної, що, своєю чергою, викликає ряд практичних труднощів, у мультисервісних мережах його застосування є ефективним.

3 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ БЕЗУМОВНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗА ПРОЦЕДУРОЮ QOS ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ ПОСЛУГ

3.1 Посилення частки сервісного компонента в моделі бізнесу інфокомунікацій

Ще в недалекому минулому проблема надання телекомунікаційних послуг вирішувалася шляхом створення окремих мереж електрозв'язку (телефонних, телеграфних, телевізійного мовлення, передачі даних).

Ідея мереж наступного покоління виникла в 90-х роках минулого століття як відповідь на зміну структури трафіку (обсяги переданих даних починали переважувати голосову передачу) і телекомунікаційних послуг (поширення доступу до Інтернету і все більш «важких» мультимедійних додатків). Прогрес у розвитку елементної бази та технологій передачі, поява нових можливостей, а також зростаючий відтік користувачів в інтернет-телефонію – все це висунуло нові вимоги до мереж зв'язку і до організації бізнесу телекомунікаційними компаніями. Тому загальноприйнятою стала концепція мережі, в якій всі види трафіку передаються в пакетному режимі, причому для звичайних телефонних апаратів забезпечується емуляція інтерфейсу ТмЗК (телефонна мережа загального користування). Ще одна характеристика NGN – використання стандартизованих протоколів і інтерфейсів, що – принаймні, в теорії – має гарантувати можливість взаємодії устаткування різних виробників. По суті, це концепція ISDN навпаки – замість виділення телефонних каналів, за якими можуть йти дані, організовуються логічні з'єднання для передачі даних і голосу.

Технологія «голос поверх IP» (VoIP) дозволяє передавати голосові виклики по мережах IP, обходячи традиційні телефонні мережі загального доступу з комутацією каналів. У мережі VoIP відбувається компресія оцифрованого голосу, який далі передається в пакетах по IP-каналах. Мережа

VoIP передає голос більш економічно, оскільки технологія IP-телефонії дозволяє більш ефективно використовувати доступну смугу пропускання і не вимагає обов'язкового створення виділеного каналу. Перехід до пакетних або конвергентних мереж часто називається переходом до мереж нового покоління. Однак, NGN – це не просто вбудовування голосу в пакети IP. Це не просто «розбивка» монолітних комутаторів TDM на рівні і компоненти і перехід на протоколи H.323/SIP. Це фундаментальний перехід від примітивних пристроїв, що працюють в “розумній” мережі, до “розумних” пристроїв, інтегрованим в удосконалені мережі. Такий підхід означає повсюдне поширення сучасних мобільних послуг, що не залежать від пристроїв доступу і географічного положення абонента. У результаті перед нами відкривається новий світ послуг, що надаються поверх недорогої та ефективної інфраструктури. Тут треба зазначити, що назва «Мережі наступного покоління» само по собі є оманлива, оскільки має на увазі щось зовсім нове, відмінне від того, що існувало до теперішнього часу. Будь-яку нову технологію (а їх з часу “винаходу” NGN з'явилося чимало) теж слід було б вважати “новим поколінням”.

Крім того, в останні кілька років вже і саме позначення NGN потроху відходить, більше говорять про IMS («мультимедійна IP-підсистема»), послуги нового покоління, мобільні мережі 4G і т.д. Хоча основні принципи у всіх цих мереж однакові. Крім того, різні компанії, що мають справу з NGN, по різному розуміють, що це, власне, таке. Для одних це IP з'єднання для передачі міжміського трафіку, для інших – спосіб привернути абонентів новими послугами або впоратися з відтоком абонентів в мобільний зв'язок або до більш ефективних провайдерів.

Крім того, від цих мереж чекають підтримки нових послуг з доданою вартістю, привабливих як для абонентів, так і для операторів. Нові мережі включають до свого складу всі компоненти, необхідні для задоволення самих різних потреб кінцевих користувачів.

Мережа NGN ефективно долає розділення між різними рівнями

традиційної мережевої інфраструктури. У результаті всі ці рівні отримують можливість користуватися загальними засобами управління і доставки послуг, що різко скорочує середню вартість послуги. Традиційні комутатори є “монолітними” пристроями, які, як правило, використовують закриті протоколи для встановлення зв'язку між підсистемами. Мережі нового покоління відкривають ці протоколи. Розподілений підхід до комутації NGN дозволяє операторам будувати свої мережі з найкращих продуктів різних постачальників. В результаті виникає мультивендорне середовище з більш широкою функціональністю і меншою вартістю.

Технологія NGN має такі переваги:

- знижуються капітальні та експлуатаційні витрати;
- збільшується прибутковість мережі;
- відкриваються перспективи для існуючих мереж;
- скорочуються потреби в додатковому АТМ і ІР обладнанні в ядрі мережі;
- заощаджується площа і енерговитрати;
- забезпечується значна економія ємності абонентських ліній;
- підвищуються можливості масштабування ІР платформ і систем сервісного управління;
- зменшуються витрати з утримання мережі;
- забезпечується легкий і плавний перехід до передачі голосу, відео і даних.

Таким чином, можна сформулювати основні вимоги до мережі майбутнього:

- створювана мережа повинна мати можливість плавного переходу до нових технологій з комутацією пакетів і переростання в перспективну мережу NGN;
- масштабованість мережі при її розвитку та реконструкції;
- мінімальний вплив ринку послуг на етапність розвитку мережі;
- забезпечення міжмережної взаємодії на різних рівнях мережі з

приєднаними мережами інших операторів;

– забезпечення транспортування трафіку, мультимедійних послуг в межах можливостей гарантованої якості.

У мережі нового покоління функції створення та надання послуг і додатків відокремлюються від функцій управління викликом і ресурсами комутації, а також створюються стандартизовані інтерфейси між рівнями, які виконують ці функції. До складу NGN входять мережі доступу і транспортна мережа. Мережа доступу (Access Network) це частина загальної мережі електрозв'язку, розташованої між користувачем мережі і вузлом надання послуг.

Як бачимо, технологія NGN, є багаторівневою і тому при її побудові необхідно враховувати вимоги до її інфраструктури управління та політики безпеки.

Основні вимоги до інфраструктури управління. Сучасні великі розподілені системи, з урахуванням умов їх експлуатації, а також постійно виникаючих проблем їх функціонування, висувають серйозні вимоги до забезпечення безпеки. По-перше, ці системи повинні «витримувати» радикальні зміни напрямків розвитку. По-друге, вони повинні бути досить гнучкими і допускати контроль своєї поведінки в складних умовах експлуатації. Навіть якщо відбудеться зміна концепції інформаційної системи (що буває нерідко), комплекс інформаційної безпеки повинен працювати надійно і без збоїв.

Вимоги до гнучкості. У корпоративних мережах зі складною конфігурацією значно підвищуються вимоги, пропоновані до гнучкості продуктів безпеки та систем управління. Навіть дуже добре працююча система інформаційної безпеки (навіть комерційна) може не мати достатніх конфігураційних можливостей. На жаль, багато продукти не володіють необхідною гнучкістю і не можуть без проблем інтегруватися в мережі зі складною конфігурацією.

Неминучість послідовних змін. Відмінною особливістю великих систем

є те, що неможливо проводити які-небудь зміни і модернізації, відключивши при цьому всю мережу. При проведенні робіт з модернізації або обслуговування систем безпеки, тим самим, не уникнути послідовних змін. Будь-які зміни повинні проводитися по черзі в окремих сегментах мережі, просуваючись крок за кроком, з урахуванням, описаних вище складнощів. Ідея повного відключення інформаційної системи навряд чи знайде шанувальників серед користувачів інформаційних ресурсів. Крім того, планові послідовні зміни є необхідною вимогою розподілу зон відповідальності.

Розподіл зон відповідальності. Розмивання зон відповідальності у великих мережах призводить до необхідності забезпечення високого ступеня координації управління системами безпеки і сегментами великої мережі, що знаходяться в різних частинах. При цьому ми завжди маємо обмежену кількість ресурсів управління і фахівців. Враховуючи те, що за окремі ділянки системи відповідають різні люди, необхідно чітко планувати і розподіляти відповідальність при впровадженні та управлінні коштами інформаційної безпеки у великих мережах.

Можливість відкату змін. Завжди при виконанні змін існує ймовірність, що новий стан буде гірше колишнього. Виною цьому можуть бути: помилки, що проявилися в даній конфігурації, невраховані особливості, людський фактор, підвищені вимоги до продуктивності платформи у новій версії і т.д. Тому необхідно планувати варіанти відмови від змін, збирати і узагальнювати досвід уникнення подібного в майбутньому.

Надійність системи. У великих мережах, як, втім, і в будь-яких інших, завжди пред'являються дуже високі вимоги до надійності функціонування системи та доступності даних. Це обмежує дії з управління засобами та системами безпеки. Часто немає можливості, наприклад, зупинити функціонування системи серверів, щоб провести профілактичну роботу. І навпаки, якщо відбувається зупинка якогось сегмента мережі, то система безпеки повинна бути готова до таких подій. Забезпечення систем управління

безпекою, пов'язане з сервером по цьому каналу, повинно вмiти обробляти випадки, коли пропадає зв'язок на якому-небудь транзитній дiлянцi. При роботi в розподiленому мережевому оточеннi завжди треба враховувати потенцiйну ймовiрнiсть вiдмов обладнання i вживати заходiв до мiнiмiзацiї їх впливу.

Перехiднi ситуацiї. Надiйнiсть системи має на увазi, крiм усього iншого, готовнiсть системи безпеки до можливої перехiдної ситуацiї, коли змiни в iнфраструктурi виробленi ще не повнiстю. При цьому функцiонування органiзацiї i безпека iнформацiйної iнфраструктури повиннi забезпечуватися безперервно, незалежно вiд того, закинчено роботи чи нi.

Вiдмова в обслуговуваннi. Коли ми говоримо про надiйнiсть i доступностi, ми також повиннi враховувати можливі ситуацiї, коли система безпеки не може з якихось причин виконати поставленi перед нею завдання. У цьому випадку система повинна їх чiтко визначати, а самi дiї здiйснювати або пiзніше, або обгрунтовано вiдкидати їх виконання, оскiльки на поточний момент система до цього не готова.

Обмеженi ресурси. Обслуговування систем повинно виконуватися обмеженими ресурсами по часу i чисельностi персоналу. Добре спланована i реалiзована, пiдкрiплена документацiєю система не вимагає для експлуатацiї великої кiлькостi співробітників, але пред'являє високi вимоги до якостi обслуговування.

Таким чином, в умовах заміщення традицiйних послуг зв'язку новими мультисервісними, i жорсткої конкуренцiї з боку рухомого зв'язку IКП, виникає суперечнiсть мiж зростаючими потребами в передачi iнформацiї i скорочуються можливостями операторiв зв'язку. Одночасне надання доступу до рiзних служб (стандартна телефонiя, IP-телефонiя, WEB-сервіси, органiзацiя вiртуальних приватних мереж) вимагають розробки методiв забезпечення наскрiзного гарантованої якостi послуг зв'язку (Quality of Service, QoS) для передачi рiзних типiв трафіку через взаємодiючi мережi рiзних операторiв. З урахуванням рiзноманiття алгоритмiв маршрутизацiї з

забезпеченням QoS і архітектур QoS виникає необхідність узгодження

(гармонізації) останніх.

При необхідності на стиках між мережами зв'язку, що підтримують різні алгоритми QoS, можуть вирішуватися задачі формування та планування пропуску трафіку, що частково дозволяє адаптувати діючий алгоритм маршрутизації с QoS до алгоритмів маршрутизації кореспондуючої сторони. Сюди відносяться, наприклад, методи зниження впливів перевантажень, агрегування однорідних потоків трафіку на найкращих маршрутах, пере маршрутизація трафіку в разі відмови обладнання зв'язку, тощо.

В моделі бізнесу інфокомунікацій посилення частки сервісного компонента можливо на основі формування системи продажів і сервісного обслуговування через надання клієнтові всього спектра послуг в одному місці за єдиним договором.

3.2 Застосування методів безумовної оптимізації при розробці інтегральної бізнес - моделі виробництва і споживання інфокомунікаційних послуг

Практична реалізація такої ідеї передбачає доступ до ІКП не тільки з різних терміналів і точок доступу, але і з єдиного терміналу за рахунок вдосконалення тарифної політики.

Так, при розгляді реальних задач маршрутизації, для аналізу часу проходження пакета, недостатньо одного параметра, зазвичай аналізується кілька параметрів різної розмірності, між якими не встановлюються вагові коефіцієнти. Винятком є послуги, які перебувають у сфері державного регулювання.

Зауважимо, що розширення запропонованих методів оптимізації при виробництві і споживанні інфокомунікаційних послуг може бути ефективним, оскільки інтегральна модель конвергентного виробництва і реалізації ІКП притаманна сфері державного регулювання з точність до тарифної політики.

Більш того, визначення шляхів оптимізації за процедурою QoS надасть

змогу забезпечити в мультисервісних мережах сфері державного регулювання необхідну надійність та оперативність, зокрема шляхом оптимізації часу проходження пакетів.

3.3 Інтегральна модель конвергентного виробництва і реалізації інфокомунікаційних послуг

У роботі пропонується Інтегральна модель конвергентного виробництва і реалізації інфокомунікаційних послуг.

Елементами бізнес-моделі пропонується вважати:

- Термінали;
- Засоби, що реалізують процес передачі інформації;
- Додатки та безпосередній контент;
- Засоби обслуговування клієнтів.

Для технічній реалізації елементами пропонується застосування у якості терміналів:

- Телефонних апаратів;
- Мобільних апаратів;
- ПК, ноутбуків.

У якості засобів, що реалізують процес передачі інформації, пропонується:

- Мобільний зв'язок;
- Інтернет;
- Телебачення:

У якості додатків та контенту слід використовувати:

- Мобільний зв'язок;
- Інтернет;
- Телебачення.

У якості засобів обслуговування клієнтів:

- Фіксований зв'язок;

- Рухливий зв'язок;
- Інтернет;
- Телебачення.

Схематично ця ідея проілюстрована на рис. 3.1

3.4 Шляхи практичної реалізації інтегральної інфокомунікаційних послуг за умови оптимізації за критерієм QoS

Для практична реалізації інтегральної інфокомунікаційних послуг за умови оптимізації за критерієм QoS пропонується ґрунтувати на сучасних технологіях і створюються частково на базі обладнання і каналів існуючих ІК мереж загального користування. Технологія ISDN з'явилася майже 20 років тому. Основоположні специфікації містяться в рекомендаціях I.122 Міжнародного консультативного комітету з телефонії і телеграфії (ССТТ; сучасна назва цього комітету - Міжнародний союз електрозв'язку, або ІТУ). Пізніше з'явилися й інші регламентуючі документи. Завдяки зусиллям з боку ETSI (European Telecommunications Standards Institute) фактичним стандартом в Європі стає EuroISDN, який підтримують більшість європейських телекомунікаційних провайдерів і виробників обладнання.

Області застосування мереж ISDN Стандартне підключення ліній ISDN здійснюється по інтерфейсів BRI (Basic Rate Interface) або PRI (Primary Rate Interface). Перший з них підтримує два дуплексних В-каналу по 64 Кбіт / с кожен. Причому в якості лінії ISDN BRI телефонна компанія частіше використовує мідний кабель телефонної мережі загального користування (ТМЗК), за рахунок чого знижується остаточна вартість ISDN-лінії. Кожному В-каналу надається номер, аналогічний телефонному.

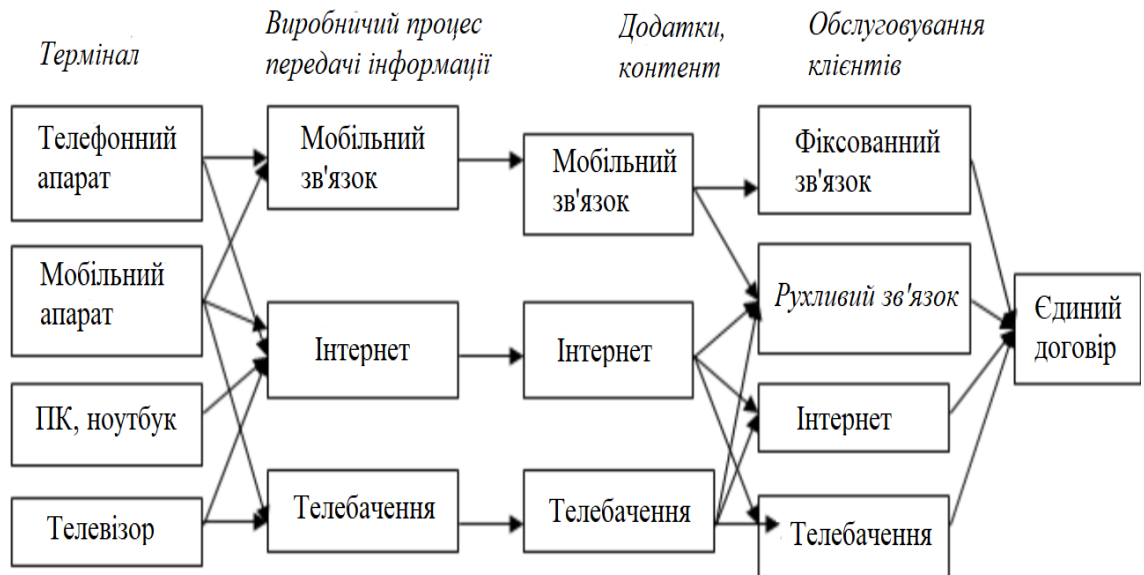


Рисунок 3.1 – Інтегральна модель конвергентного виробництва і реалізації інфокомунікаційних послуг

При підключенні великих організацій для забезпечення більш високих швидкостей передачі або для одночасного під'єднання до центрального офісу декількох віддалених філій застосовується PRI-інтерфейс. В Європі його сумарна пропускна здатність дорівнює 2,048 Мбіт / с. Він містить 30 В-каналів для передачі інформації і спеціальний службовий D-канал з пропускною спроможністю 64 Кбіт / с. Крім того, PRI часто використовується для підключення відомчих АТС до цифрової телефонної мережі. Цифрові мережі з інтеграцією послуг ISDN можна використовувати для вирішення широкого класу задач по передачі інформації в різних областях, зокрема: телефонія; передача даних; об'єднання віддалених LAN; доступ до глобальних комп'ютерних мереж (Internet); передача трафіку, чутливого до затримок (відео, звук); інтеграція різних видів трафіку. Кінцевим пристроєм мережі ISDN можуть бути: цифровий телефонний апарат, окремий комп'ютер з встановленим ISDN-адаптером, файловий або спеціалізований сервер, міст або маршрутизатор LAN, термінальний адаптер

з голосовими інтерфейсами (для підключення звичайного аналогового телефону або факсу), або з послідовними інтерфейсами (для передачі даних). терміни ISDN Канал "B" (Bearer) - канал для передачі голосу, даних, відео с пропускною спроможністю 64 Кбіт / с. Він надається "чистим", тобто вся його смуга пропускання доступна для передачі інформації, а виклики, сигналізація і інша системна інформація передається по D-каналу. Канал "D" (Delta) - службовий канал для передачі керуючих сигналів з пропускною спроможністю 16 (BRI) або 64 (PRI) Кбіт / с. Один канал типу "D" обслуговує 2 або 30 (Європа) По-каналів і забезпечує можливість швидкої генерації і скидання викликів, а також передачу інформації про вступників викликах. BRI (Basic Rate Interface) - стандартний базовий інтерфейс з пропускною спроможністю 144 Кбіт / с (EuroISDN); він об'єднує два каналу "B" і один канал "D". До інтерфейсу BRI можна підключити до восьми різних ISDN-пристроїв. При цьому кожному пристрою виділяється свій індивідуальний номер (multiple subscriber numbers). Дуже важлива особливість ISDN полягає в тому, що для установки BRI-розетки оператору звичайно не потрібно прокладати нову телефонну пару - використовується звичайна лінія ТМЗК.

Фізичним рівнем інтерфейсу BRI, що визначає правила взаємодії кінцевих користувачів і комутатора ISDN, служить звичайна вита пара, яка працює в дуплексному режимі передачі даних (U-інтерфейс). Всередині будівель використовується кабель з двох кручених пар (S / T- інтерфейс), що дозволяє підключати до восьми кінцевих ISDN-пристроїв. Тому для під'єднання внутрішньої проводки до зовнішньої лінії необхідний спеціальний пристрій (одне на кожен BRI-інтерфейс). PRI (Primary Rate Interface) - цей інтерфейс об'єднує кілька B-каналів (в Європі - 30 B-каналів із загальною пропускною здатністю 2,048 Мбіт / с). На відміну від BRI, він може підтримувати лише одну термінал. Проте, підключивши, наприклад, локальну АТС або маршрутизатор с підтримкою ISDN, можна розбити PRI на безліч BRI-інтерфейсів. В даний час для надання офісам PRI-сервісу широко використовується абонентська цифрова лінія на одній (SDSL) або двох

(HDSL) телефонних парах.

SS7 - система Загальною каналної сигналізації номер 7. Вона була розроблена і стандартизована ССІТТ (або ІТУ) для збільшення можливостей по інтеграції мови та даних, ефективного використання в телефонії комп'ютерних систем, швидкої установки з'єднань та якісної маршрутизації викликів, використання єдиних інформаційних баз даних, інтеграції і повної сумісності різних видів зв'язку (телефонія, стільниковий зв'язок, передача даних) незалежно від країни або регіону і, в підсумку, отримання якісно нового рівня сервісу. SS7 охоплює три нижніх рівні семиуровневої моделі інформаційних мереж ІСО і складається з двох підсистем: Message Transfer Part (МТР) відповідає за передачу повідомлень сигналізації, здійснює функції виявлення та виправлення помилок і ряд додаткових функцій; UP (User Part) - підсистема вищого рівня - відповідає за підтримку користувача і включає в себе частину ІSUP (Integrated Services User Part), що відповідає за ІSDN-мережі, частина ТUP (Telephone User Part), що відповідає за телефонію, і ряд інших.

Ефективність використання ІSDN При об'єднанні віддалених LAN, при доступі в корпоративну LAN, Internet чи інтерактивні послуги по каналах ІSDN часто використовується підключення з погодинною оплатою. У цьому випадку найбільший інтерес представляє устаткування, що дозволяє здійснювати стиснення переданих даних і, отже, зменшувати час використання лінії на одиницю переданої інформації. До того ж, компресія переданих даних є додатковим захистом, знижуючи ймовірність розшифровки інформації при несанкціонованому підключенні до лінії. Коефіцієнт компресії сильно залежить від типу переданих по лінії даних. Найгірше піддається стисненню попередньо заархівована інформація. Добре стискаються бази даних і файли, що містять графічну інформацію. Важливим засобом, що забезпечує ефективність використання лінії, є встановлення з'єднання на вимогу (Connect on demand) - тільки на час сеансу передачі даних. По його завершенню фізичне з'єднання розривається. Використання

каналів зв'язку на вимогу дозволяє здійснювати доступ до мережі або, навпаки, переривати зв'язок в залежності від заданих умов або що відбулися в мережі подій. Багато виробників обладнання підтримують функцію spoofing. По мережах передається велика кількість службових пакетів, якими обмінюються між собою сервери, маршрутизатори, робочі станції. Більшість таких пакетів містить інформацію, що рідко змінюється. При наявності функції spoofing службові пакети передаються по магістральному каналу тільки один раз, а відповіді на запити автоматично генеруються на кінцевих вузлах, не захаращуючи додатковою інформацією лінію зв'язку. Правда, ця функція потребує ретельного налаштуванні. Функція фільтрації протоколів дозволяє обмежити проходження через магістральну лінію певних протоколів або змінити пріоритет. Фільтрація MAC-адрес дозволяє обмежити доступ з деяких робочих станцій в віддалену мережу і, таким чином, зменшити трафік. Зазвичай мости або маршрутизатори мають таблицю телефонних номерів (ISDN). Це дозволяє, наприклад, запланувати установку з'єднання з кожним офісом на певний час або день тижня. Така схема установки з'єднань підходить для роботи з деякими додатками. Важливим є те, що можна повністю заборонити або обмежити доступ ззовні в LAN компанії по вихідним або святковим дням. Важливою функцією є і встановлення пропускнуої здатності на вимогу (Bandwidth on demand). При перевищенні смуги пропускання одного В-каналу автоматично підключається другий. Для збільшення пропускнуої спроможності по протоколу PPP, який зазвичай використовується для підключення до мережі Internet, розроблений стандарт Multilink PPP (MPPP). Він дозволяє об'єднувати кілька По-каналів і створювати один логічний канал с збільшеною пропускнуою спроможністю. Переваги мереж ISDN Повністю цифрова мережа, що забезпечує високу надійність передачі інформації. Висока швидкість передачі інтегрованої інформації різної природи. Широкий набір функцій для телефонії, висока якість звуку. Широка доступність і поширеність в світі. Разом з тим, мережі ISDN не позбавлені і деяких

недоліків, наприклад: проблеми сумісності ISDN-обладнання різних постачальників; складність модернізації центральних комутаторів і побудови нової цифрової інфраструктури; складність замовлення сервісу; необхідність значних початкових фінансових вкладень.

3.5. Висновки по третьому розділу

1. Можливість прикладного застосування методів безумовної оптимізації за процедурою QoS показана на прикладі інтегральної бізнес-моделі конвергентного виробництва і реалізації інфокомунікаційних послуг.

2. Елементами бізнес-моделі пропонується вважати:

- Термінали;
- Засоби, що реалізують процес передачі інформації;
- Додатки та безпосередній контент;
- Засоби обслуговування клієнтів.

3. Для практичної реалізації інтегральних інфокомунікаційних послуг за умови оптимізації за критерієм QoS пропонується ґрунтувати на сучасних технологіях і створюються частково на базі обладнання і каналів існуючих ІК мереж загального користування

ВИСНОВКИ

Виробництво і споживання інфокомунікаційних послуг сьогодні носить конвергентний характер.

Основні вимоги, що пред'являються до інфокомунікаційних послуг стосовно управління якістю їх виробництва і споживання, вимагають дослідження процесу обробки інформації в мультисервісних мережах та виділення класу задач управління якістю виробництва і споживання інфокомунікаційних послуг, які могли б бути розв'язків пов'язані методами оптимізації.

QoS є основними в будь-якій інформаційно-телекомунікаційній системі. Отже, при проектуванні мережі можна поставити ряд проблем оптимізації, рішення яких дають мережі, які в якомусь сенсі оптимально розроблені.

Доцільно формулювання задачі оптимізації за процедурою QoS у вигляді, придатному для розв'язання методами безумовної оптимізації.

Визначення єдиної змінної для узгодження процесів в усьому ланцюзі виробництва і споживання інфокомунікаційних послуг за єдиним критерієм дозволить здійснювати підтримку QoS конвергентного виробництва і споживання інфокомунікаційних послуг.

Визначення шляхів оптимізації за процедурою QoS надасть змогу забезпечити в мультисервісних мережах сфері державного регулювання необхідну надійність, захищеність та оперативність, зокрема шляхом оптимізації часу проходження пакетів.

Оскільки застосування аналітичного методу передбачає апроксимацію другої похідної, що, своєю чергою, викликає ряд практичних труднощів, у мультисервісних мережах його застосування є ефективним.

На думку авторів, за найбільш простий у реалізації доцільно вважати метод із дробленням кроку.

Можливість прикладного застосування методів безумовної оптимізації за процедурою QoS показана на прикладі інтегральної бізнес-моделі

конвергентного виробництва і реалізації інфокомунікаційних послуг.

Для практичної реалізації інтегральних інфокомунікаційних послуг за умови оптимізації за критерієм QoS пропонується ґрунтувати на сучасних технологіях і створюються частково на базі обладнання і каналів існуючих ІК мереж загального користування

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Довгий С.О., Савченко О.Я., Воробієнко П.П. та ін. Сучасні телекомунікації: мережі, технології, економіка, управління, регулювання / За ред. С.О. Довгого. – К.: Український Видавничий Центр, 2002. – 520 с.
2. Тененбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. – СПб. Питер. 2005. – 992 с.
3. Рослякв А.В., Ваняшин С.В., Самсонов М.Ю. и др. Сети следующего поколения NGN / Под ред. А.В. Рослякова. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 424 с.
4. Величко В.В., Катунин Г.П., Шувалов В.П. Основы инфокоммуникационных технологий. Учебное пособие для вузов/Под ред. В.П. Шувалова. – М.:Горячая линия – Телеком, 2009. – 712 с.
5. Величко В.В., Субботин Е.А., Шувалов В.П., Ярославцев А.Ф. Телекоммуникационные сети и системы. Учебное пособие. Том 3. – Мультисервисные сети/Под ред. В.П. Шувалова. – М.:Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.
6. Иртегов Д.В. Введение в сетевые технологии. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 560 с.
7. Довгий С.А., Копейка О. В., Поленок С. П., Стрижак А. Е. Новые технологии в телекоммуникации: Планирование сервисных пакетов Интернет-услуг. Методика бизнес-планирования / Под ред. С.А. Довгого. – К.: Укртелеком, 2001. – 240 с.
8. Горностаев Ю.М. Перспективные рынки мобильной связи. – М.: Радио и бизнес, 2000.
9. Семенов А.Б. Проектирование и расчет структурированных кабельных систем и их компонентов. М.: – ДМК Прогресс; М.: Компания АйТи. 2003. – 416 с.
10. Назаров А.Н., Симонов М.В. АТМ: технология высокоскоростных сетей. – М.: Эко-Трендз, 1999. – 252 с.
11. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. – М.: Эко-Трендз, 1998. – 148 с.
12. Убайдулаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. – М.: Эко-Трендз, 1998. – 267 с.
13. Денисьева О.М., Мирошников Д.Г. Средства связи для последней мили. – М.: Эко-Трендз, 1999. – 146 с.

14. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач, - М., Радио и связь, 1988.
15. Бейко И. В., Бублик Б. Н., Зинько П. Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. – К.: Вища школа, 1983. –512 с.
16. Жиглявский А. А. Методы поиска глобального экстремума. –М.: Наука, 1991. –242 с.