

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»

на тему:

МЕТОДИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ
ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ
08-34.МКР.005.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу,
групи ТКС-18м
спеціальності 172 – Телекомунікації та
радіотехніка

_____ Козюк О.Ю.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТКСТБ

_____ Васильківський М.В.

« ____ » _____ 2019 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. БМІ

_____ Коваль Л.Г.

« ____ » _____ 2019 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра телекомунікаційних систем та телебачення
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Галузь знань 17– Електроніка та телекомунікації
(шифр і назва)
Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва)
Освітня програма Телекомунікаційні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТКСТБ
к.т.н., професор Г.Г. Бортник

“ ___ ” _____ 2019 року

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

Козюку Олексію Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами

керівник роботи Васильківський Микола Володимирович, канд. техн. наук, доцент,

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

затвердені наказом вищого навчального закладу від “02” 10 2019 року № 254

2. Строк подання студентом роботи 02 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Тип інфокомунікаційної мережі – MPLS; 2. Кількість комутаційних вузлів в LSP тунелі мережі зв'язку – 50; 3. Пропускна здатність вузла мережі – 1 пакет/с; 4. Навантаження на LSP тунель – 0,85; 5. Ймовірність втрат інформаційних даних – 0,06; 6. Довжина послідовності пакетів даних – 80; 7. Ефективність керування мережею зв'язку – 0,9.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз базових теорій, моделей, методів і систем керування телекомунікаціями; 2. Дослідження моделей керування транспортною мережею IP / MPLS; 3. Мультиагентні моделі керування та самоорганізації в NGN і пост-NGN; 4. Синтез стратегій керування бізнес-процесами нових інфокомунікаційних сервісів; 5. Когнітивні методи керування інфокомунікаціями.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Модель наскрізного QoS в мережі; 2. Структурна схема MPLS-мережі
3. Схема тунелювання MPLS; 4. Структура T-MPLS мережі з рівнем керування GMPLS; 5. Фізична модель керування телекомунікаційною мережею;
6. Мультиагентна система; 7. Архітектура інтелектуального агента.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Васильківський М.В., доцент кафедри ТКСТБ		
Економічна частина	Кавецький В.В., старший викладач		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В. к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 02 вересня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка технічного завдання	06.09.2019р.	
2.	Аналіз базових теорій, моделей, методів і систем керування телекомунікаціями	13.09.2019р.	
3.	Дослідження моделей керування транспортною мережею IP / MPLS	04.10.2019р.	
4.	Мультиагентні моделі керування та самоорганізації в NGN і пост-NGN	25.10.2019р.	
5.	Синтез стратегій керування бізнес-процесами нових інфокомунікаційних сервісів. Когнітивні методи керування інфокомунікаціями	08.11.2019р.	
6.	Аналіз економічної ефективності розробки	15.11.2019р.	
7.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	22.11.2019р.	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	29.11.2019р.	
9.	Нормоконтроль МКР	02.12.2019р.	
10.	Попередній захист МКР, рецензування МКР	06.12. 2019р.	
11.	Захист МКР ЕК	09.12. 2019р.	

Студент

(підпис)

Козюк О.Ю.

Керівник роботи

(підпис)

Васильківський М.В.

РЕФЕРАТ

УДК 621.391

Козюк О. Ю. Методи експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка» – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 162 с. На українській мові.

Рисунків 29, таблиць 9, бібліографія 67.

Проведений в роботі аналіз зсуву парадигми керування телекомунікаційними мережами і системами, що здійснюється в поточному десятилітті ХХІ століття, відкриває перспективи побудови нової теорії керування перспективними інфокомунікацій епохи пост-NGN.

Доведено, що в мережах пост- NGN в зв'язку з радикальним ускладненням керування різноманітним новим повному обсязі формалізованих інфокомунікаційних послуг і технологій та все прискорює трансформацією бізнес-моделей телекомунікаційних Операторів неможливо обійтися без розробки мережевих, організаційних та інформаційних засобів Business Intelligence на основі когнітивних методів. Обґрунтовано перехід на рівні прийняття рішень від моделей даних і інформаційних моделей до семантичним моделям, побудованим на мультиагентних системах.

Доведено, що для вирішення задач керування інфокомунікацій і, зокрема, для організації пошуку і обробки даних ВІ в розподіленому ІТ-ландшафті телекомунікаційного Оператора найбільш ефективним є використання мультиагентного підходу.

ABSTRACT

UDC 621.391

Kozyuk O. Yu. Methods of operational management of infocommunication networks. Master's qualification work in the specialty "Telecommunications and Radio Engineering" - Vinnytsia: VNTU, 2019. - 162 p. In Ukrainian language.

Figures 29, tables 9, bibliography 67.

The analysis of the shift of the paradigm of management of telecommunication networks and systems, carried out in the current decade of the XXI century, opens the prospects for constructing a new theory of management of perspective information communications of the post-NGN era.

It has been proved that in the post-NGN networks due to the radical complication of managing the diversity of new full-fledged information communications services and technologies, everything is accelerating the transformation of telecommunication operators' business models. . The transition to decision-making levels from data models and information models to semantic models built on multi-agent systems is justified.

It is proved that for the solution of problems of management of infocommunications and, in particular, for the organization of search and processing of BI data in the distributed IT-landscape of the telecommunication Operator the most effective is the use of multi-agent approach.

ЗМІСТ

1	АНАЛІЗ МЕТОДІВ І СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ.....	9
1.1	Підходи до математичного моделювання керування телекомунікаціями	9
1.2	Програмно-конфігуровані мережі і віртуалізація функціональності мереж пост-NGN	12
1.3	Висновки до розділу 1	17
2	ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖЕЮ IP / MPLS	19
2.1	Модель послідовних черг в транспортній мережі	19
2.2	Аналіз розмірів пачок в моделі IP / MPLS	27
2.3	Апроксимація довжини пачки в MPLS	28
2.4	Час перебування пакета в тунелі MPLS	32
2.5	Дослідження транспортних технологій	36
2.6	Висновки до розділу 2	39
3	МУЛЬТИАГЕНТНИЙ МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ ТА САМООРГАНІЗАЦІЇ В NGN і ПОСТ-NGN	41
3.1	Керування обслуговуванням викликів / сесій	41
3.2	Самоорганізовані мультиагентні моделі керування в мережах NGN	45
3.3	Формалізована мультиагентна модель обробки інформації керування в мережах NGN	49
3.4	Розрахунок числа джерел інформації експлуатаційного керування в мережах NGN	52
3.5	Функціонування мультиагентної моделі керування в дискретно реальному часі	56
3.6	Самоорганізація в керування мережами 4/5G	58
3.7	Висновки до розділу 3	61
4	СИНТЕЗ СТРАТЕГІЙ КЕРУВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ НОВИХ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СЕРВІСІВ	63
4.1	Порівняння наявності і відсутності LSP-тунелю	63
4.2	Алгоритм прийняття рішення про створення LSP-тунелю	68
4.3	Пошук оптимального значення часу τ в мультиагентній системі	76
4.4	Приклад розрахунку значення τ для Fulfillment в складі мультиагентної системи OSS телекомунікаційного Оператора	78
4.5	Висновки до розділу 4	81
5	КОГНІТИВНІ МЕТОДИ КЕРУВАННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЯМИ.....	83
5.1	Керування інфокомунікацій в умовах невизначеності	83
5.2	Зрушення парадигми інфокомунікаційного бізнесу	85
5.3	Висновки до розділу 5	86
6	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	88
6.1	Розрахунок витрат на проведення НДР з дослідження методу експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами.....	88
6.2	Визначення коефіцієнта наукової значимості отриманих результатів НДР	94
6.3	Внесок магістранта-дослідника в досягнення отриманих результатів НДР	96

6.4	Висновки до розділу 6	96
7	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	97
7.1	Гігієна праці та виробнича санітарія.....	97
7.1.1	Мікроклімат та склад повітря робочої зони.....	97
7.1.2	Виробниче освітлення	98
7.1.3	Виробничі віброакустичні коливання.....	99
7.1.4	Виробничі випромінювання	99
7.2	Технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження	100
7.2.1	Безпека щодо організації робочих місць	100
7.2.2	Електробезпека.....	101
7.2.3	Пожежна безпека	101
7.3	Безпека в надзвичайних ситуаціях	102
7.3.1	Дослідження стійкості роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій (Код НС 10900).....	102
7.3.2	Дослідження стійкості роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	104
7.4	Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	106
7.5	Висновки до розділу 7	107
	ВИСНОВКИ.....	109
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	113
	ДОДАТКИ.....	118
	Додаток А Технічне завдання	119
	Додаток Б Площини керування інфокомунікаціями	120
	Додаток В Прогнози розвитку і ускладнення телекомунікацій в 2020-х і 2030-х роках	121
	Додаток Г Еволюції систем керування телекомунікаціями.....	122
	Додаток Д Спрощена модель наскрізного QoS в мережі.....	123
	Додаток Е Приклад MPLS-мережі.....	124
	Додаток Є Структура T-MPLS мережі з рівнем керування GMPLS.....	125
	Додаток Ж Два підходи до керування сучасними інфокомунікаціями	126
	Додаток З Фізична модель керування телекомунікаційною мережею.....	127
	Додаток Е ІТ інфраструктура без Fulfillment шару	128
	Додаток Л Еволюція транспортних технологій	129
	Додаток М Мультиагентна система	130
	Додаток Н ІТ інфраструктура при наявності Fulfillment шару	131
	Додаток П Архітектура інтелектуального агента	132
	Додаток Р Допустимі значення виробничих факторів	133

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні інфокомунікацій базуються на перетині трьох глобальних мегатрендів:

- Конвергенція різних мереж електрозв'язку, створених в минулому столітті і стає сьогодні єдиної мультисервісної інфокомунікаційної мережею наступного покоління NGN (Next Generation Network);

- Забезпечення повсюдної мобільності і всеосяжності надання інфокомунікаційних послуг в будь-якій точці планети, в будь-який зручний користувачеві час і з будь-яким потрібним йому якістю;

- Персоналізація мережевих сервісів і клієнтоорієнтована модель їх надання з урахуванням інформації з баз знань абонентських профілів.

Ці три мегатренду вже визначають найближчі перспективи інфокомунікаційної галузі, яка обслуговує різноманітних користувачів, морського (мобільного та фіксованого зв'язку) і неживих (M2M комунікації, Інтернет речей). Сьогоднішні інфокомунікаційні мережі використовуються не стільки для передачі мови, скільки для забезпечення мобільності абонентів, звернення до баз знань в режимі on-line, перегляду відео, прослуховування музики, організації мультимедійної конференц-зв'язку, машина-машина комунікації (M2M), Інтернету речей (IoT), організації мережевих ігор і інших додатків індустрії розваг в реальному масштабі часу.

Все це радикально змінює архітектуру сучасних інформаційно-комунікаційних мереж та принципи керування ними. Це дозволяло будувати теорію керування певним чином, найбільш близьким до формальних підходів моделі TMN (Telecommunications Management Network).

З початку нинішнього століття з'являються інфокомунікаційні мережі іншої природи з новими особливостями, що вимагають автоматизації керування ними на основі постійно накопичуються знань і постійно мінливого функціонального опису керованої мережі, зміни внутрішньої структури її зв'язків в процесі функціонування в залежності від коливання трафіку до тих чи інших послуг і переміщення джерел цього трафіку. До того ж і самі мережеві технології, методи організації викликів / сесій, побудови транспортної мережі, мережеві протоколи, склад переданого трафіку і ін. дуже змінилися за останні роки.

У цих умовах, і з урахуванням різко прискорилося в XXI столітті технічного прогресу потрібні нові моделі, і методи керування перспективними інфокомунікацій, що є надзвичайно актуальним і важливим науковим напрямком.

Аналіз останніх досліджень. Наукові проблеми і інженерні аспекти керування новими інфокомунікаційними мережами зв'язку наступного покоління в тій чи іншій мірі сформульовані в роботах міжнародних інститутів ITU (International Telecommunication Union), ETSI (European Telecommunications Standards Institute), IETF (Internet Engineering Task Force), TMForum (TeleManagement Forum), а також в працях вітчизняних і зарубіжних вчених Г.Г. Яновського, Л.Є. Варакина, А.Е. Кучерявого, К.Е. Самуйлова, Г.П. Башарина, Н.А. Соколова, В.А. Нетеса, Т.І. Алієва, В.М. Вишневського, А.В. Рослякова, С.Н. Степанова, А.Н. Назарова, М.А. Шнепса, І.І. Цитович, А.П. Пшеничникова, L. Kleinrock, E. Gelenbe, P.J. Kuhn, H. Takagi, V.V. Iversen, M. Langenbach-Beltz[1-6]. Як слід з цих робіт, одним з найважливіших наукових і технічних напрямків дослідження побудови телекомунікаційних мереж, в якому працює значна більшість учасників сучасного інфокомунікаційного ринку, є проблема керування цими мережами.

Сьогоднішні інфокомунікаційні мережі використовуються не стільки для передачі мови, скільки для забезпечення мобільності абонентів, звернення до баз знань в режимі on-line, перегляду відео, прослуховування музики, організації мультимедійної конференц-зв'язку, машина-машина комунікації (M2M), Інтернету речей (IoT), організації мережевих ігор і інших додатків індустрії розваг в реальному масштабі часу, а також багатьох інших послуг сучасних мультисервісних мереж. Все це радикально змінює архітектуру сучасних інформаційно-комунікаційних мереж та принципи керування ними. У цих умовах і з урахуванням різко прискорилося в ХХІ столітті технічного прогресу потрібні нові моделі і методи керування перспективними інфокомунікаціями, що є надзвичайно актуальним і важливим новим науковим напрямком.

Мета та постановка завдання. Метою даної кваліфікаційної роботи є: вирішення наступних основних завдань, що ґрунтуються на декомпозиції предмета дослідження - моделей і методів керування інфокомунікаційних мережами - відповідно до трьох площин;

Об'єктом дослідження - системи керування телекомунікаційними мережами NGN і пост-NGN.

Предмет дослідження - комплекс методів, моделей і алгоритмів організації керування в перспективних інфокомунікаційних мережах.

Дослідження процесів керування транспортною площиною IP / MPLS, аналіз BBX, розглянута математичної моделі механізму тунелювання в транспортній мережі та дослідження ефектів зчеплення пакетів в пачки і фрагментації пачок пакетів в тунелі і порівняльний аналіз BBX пакета в

мережі MPLS з організацією тунелю і без використання механізму тунелювання і розробка алгоритму ефективної організації тунелю в мережі MPLS;

Дослідження мультиагентної моделі керування інфокомунікаційної мережею для організації і самоорганізації операційної підтримки керування обслуговуванням викликів / сесій в мережах NGN / IMS і дослідження BBX процесів прийняття управлінських рішень в мультиагентній системі керування мережею на базі системи технічного обліку мережевих ресурсів і інших підсистем експлуатаційного керування інфокомунікацій (OSS);

Синтез алгоритмів керування політиками обслуговування користувачів на основі бізнес-аналітики та абонентських профілів з відповідним розрахунком BBX процесів збору і обробки інформації для прийняття управлінських рішень з урахуванням аналізу зсуву парадигми інфокомунікаційного бізнесу і розробка моделі керування клієнтоорієнтовані бізнес-процесами телекомунікаційного Оператора;

Експериментальна перевірка теоретичних досліджень МКР в системах керування телекомунікаційних Операторів мобільного та фіксованого зв'язку мереж NGN та пост-NGN, а також проведення імітаційного моделювання для аналізу достовірності результатів, отриманих на математичних моделях.

Вирішення цих завдань має істотне значення для галузевої науки, освіти та економіки в плані розвитку теорії керування сучасними інфокомунікаційними мережами. Наукова задача - дослідження теоретичних, математичних моделей і методів керування інфокомунікаційними мережами NGN і пост-NGN.

Методи дослідження. Складність навіть спрощеного математичного опису сформульованих завдань не дозволяє вирішувати завдання дослідження в рамках одного аналітичного апарату. Основним математичним апаратом при створенні моделей всіх трьох рівнів керування, включаючи модель послідовних черг для механізму тунелювання, є спільне використання теорії масового обслуговування, теорії телетрафіка і мультиагентних систем.

У дослідженнях, представлених в МКР, використані також методи теорії ймовірності, математичної статистики, оптимізації, моделювання випадкових процесів, мереж зв'язку. Для перевірки деяких теоретичних положень застосовувався метод імітаційного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Аналізі концепції та оригінальних математичних моделей для нового наукового напрямку - керування інфокомунікацій, що з'явився всього кілька років тому під впливом трьох вищевказаних мегатрендів з початком будівництва мереж NGN / IMS і осмисленням нових архітектур SDN / NFV

для мереж пост- NGN. У певному сенсі наукова новизна полягає і в самій галузі дослідження, радикально відрізняється від традиційних завдань експлуатаційного керування, що склалися за перші 100 років існування телефонних мереж зв'язку загального користування. У МКР були отримані наступні нові наукові результати:

2. Запропоновано метод і алгоритм пошуку ефективної стратегії керування на транспортному рівні, в якому прийняття рішень про організацію тунелів в мережі IP / MPLS, на відміну від відомих, робиться на підставі розробленої в МКР математичної моделі і в реальному часі.

3. Розроблено Мультиагентний консенсусний метод збору і обробки інформації в ВІ, який на відміну від існуючих, забезпечує релевантність зібраної мультиагентної системою від різних модулів OSS / BSS інформації. При цьому отримані нові вирази для математичного очікування і дисперсії тривалості обробки даних в системах ВІ для здійснюваних ними бізнес-процесах, а також для визначення допустимого кількості агентів при заданій якості збору інформації для прийняття рішень.

4. Запропоновано метод розрахунку ефективного числа задіяних в тому чи іншому бізнес-процесі числа систем OSS / BSS при заданій інтенсивності вхідного потоку відповідей на запити, а також стратегії агентів в дискретно реальному часі, які визначаються безліччю подій і множинами дій агентів мультиагентної системи в попередні дискретні моменти часу, що відрізняється тим, що планування дій агента ґрунтується на аналізі можливих сценаріїв майбутнього розвитку ситуацій.

5. Отримані нові аналітичні залежності загального числа агентів ресурсів в системі від інтенсивностей надходження і обслуговування запитів, від ймовірності перекладу агентів ресурсів з першого типу в другій при різних значеннях ймовірностей достатності ресурсів і можливостей збереження ресурсів після обслуговування запиту.

6. Сформульовано нові підходи до роботи систем Business Intelligence на основі когнітивних мультиагентних методів і моделей керування, що відрізняються їх застосовність до перспективних, в повному обсязі формалізуються інфокомунікаційних послуг і технологіями мереж SDN / NFV і забезпечують виконання завдань і критеріїв керування при все прискорює трансформації бізнес-моделей телекомунікаційних Операторів пост-NGN.

Практичне значення. У роботі зроблено вклад в теоретичні основи методів керування новими телекомунікаційними мережами NGN і пост-NGN у вигляді комплексу моделей систем масового обслуговування і математичної теорії телетрафіка, а також моделей мультиагентних систем,

призначених для аналізу, розрахунку та проектування систем керування мережами зв'язку.

Теоретичні дослідження, виконані в роботі, доведені до інженерних рішень, для чого розроблені відповідні архітектурні рішення, алгоритми і програмні засоби. Основні результати роботи впроваджені при побудові систем технічного обліку та експлуатаційного керування, в системних проектах мережі наступного покоління NGN.

Апробація результатів роботи. Основні ідеї роботи доповідались і обговорювались на науково-технічній конференції і на всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції ВНТУ у 2019/20 році.

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ І СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

1.1 Підходи до математичного моделювання керування телекомунікаціями

Математичні моделі, що застосовуються для дослідження систем керування в сучасних телекомунікаційних мережах, можна розділити на два класи.

Перший клас таких моделей, найбільш численний і глибоко пророблений, базується на результатах теорії мереж масового обслуговування (теорії черг). Цей апарат активно використовується в цій роботі, де пропонуються як нові моделі на основі класичної теорії масового обслуговування (моделі зчеплення запитів в тунелі IP / MPLS в розділах 2 і 4, моделі вирівнювання результатів опитувань у фіксованому інтервалі τ в розділах 3 і 5 і ін.), так і моделі на основі новітньої теорії так званих G-мереж масового обслуговування (про які докладніше в розділі 5). До цього класу моделей приєднуються і мережі Петрі. У термінах мереж Петрі вельми зручно представляти багато моделей керування телекомунікаціями, що згадуються в його роботі.

Другий клас моделей базується на мультиагентних системах - більш нової порівняно з попереднім класом області аналізу і моделювання процесів керування телекомунікаціями і набуває все більшого значення в міру різкого ускладнення сучасних інфокомунікацій і збільшення числа параметрів в моделях керування. Моделі таких мультиагентних систем, складених колективами взаємодіючих між собою автономних агентів, вже згадувалися в попередньому розділі, а детально розглядаються нижче в розділах 3, 4 і 5.

Тут же запропонований деякий порівняльний опис задіяних в МКР підходів до математичного моделювання цих двох класів. Причому тут це опис і саме порівняння буде проведено для дослідження гранично спрощеної схеми керування телекомунікаціями, в зв'язку з чим матеріал даного параграфа можна розглядати, як введення до більш глибокого дослідження більш складних схем керування телекомунікаційною мережею, представлених у всіх наступних розділах МКР.

Для цієї гранично спрощеної схеми керування досліджується тільки одне питання: як результати обслуговування запитів на телекомунікаційні послуги залежать від стратегій керування ресурсами телекомунікаційної мережі.

Ймовірно-тимчасові характеристики обслуговування запитів на різноманітні телекомунікаційні сервіси розраховуються з урахуванням

імовірнісного характеру надаються мережею в кожен момент часу t різноманітних телекомунікаційних ресурсів. Вихідними даними моделей будуть чисельні значення деякого узагальненого показника якості обслуговування QoS (Quality of Service) при заданих ВВХ запитів на телекомунікаційні послуги та звільняються на час їх надходження телекомунікаційні ресурси для обслуговування.

У моделях розглядаються два сценарії: з негайним рекрутуванням в реальному часі знову звільняються ресурсів для обслуговування запитів, що надходять (що покращує коефіцієнт використання ресурсів і тим самим покращує якість обслуговування, але ускладнює і уповільнює сам процес керування і тим самим погіршує якість обслуговування) і без такого оперативного рекрутування (що спрощує і прискорює процес керування і тим самим покращує якість обслуговування, але знижує коефіцієнт використання ресурсів і тим самим погіршує якість обслуговування).

Нагадаємо, що мова йде про граничні спрощення цієї, в загальному вигляді досить складного завдання, але формульованій в цьому розділі виключно для порівняльного опису підходів до математичного моделювання задач керування телекомунікаціями.

Отже, загальною опис поставленої таким чином завдання можна сформулювати наступним чином. Запити на ту, чи іншу телекомунікаційну послугу надходять в систему керування випадковим чином, утворюючи пуассоновський потік з інтенсивністю λ . Пройшовши чергу на вході системи керування запит потрапляє в один з двох приладів обслуговування. Один (нижній, прилад А) - для запитів, обслуговування яких не вимагає попереднього аналізу ресурсів (і прийняття відповідних управлінських рішень).

Прикладами такого обслуговування можуть бути відповіді на запити про якусь інформацію типу тієї, що міститься в особистому кабінеті абонента, або на звернення до його особистої мовної пошти і т.д. Зрозуміло, і для цих запитів може в даний момент не вистачати ресурсу пам'яті або пропускну здатності сервісної платформи, але простота сценаріїв, як правило, не вимагає скільки-небудь глибокого дослідження. Потім ці запити надходять на прилад С, в якому і починається ініціювання відповідних бізнес-процесів 1, 2, ..., N для обслуговування запиту.

На інший прилад У надходять запити, що вимагають аналізу і мобілізації ресурсів (і прийняття відповідних управлінських рішень). Такими є, наприклад, запити на розширення смуги доступу в Інтернет, на послуги IPTV і т.п. Вони також потрапляють на той же прилад С, але також і в відповідну чергу до приладу D, куди також надходять звільняються ресурси з

інтенсивністю λ_2 . Прилад D, фактично виконує функції ВІ (Business Intelligence), направляє результати своєї роботи до відповідних бізнес-процесів з періодом τ (наприклад, режим планування та перепланування) або негайно, тобто з $\tau = 0$ (режим оперативного керування).

Такий опис в термінах теорії мереж масового обслуговування можна зобразити схемою на рис. 1.1, а формули для розрахунку ВВХ таких систем бузуються на основі результатів цієї теорії, викладених в фундаментальних монографіях [15] та ін.

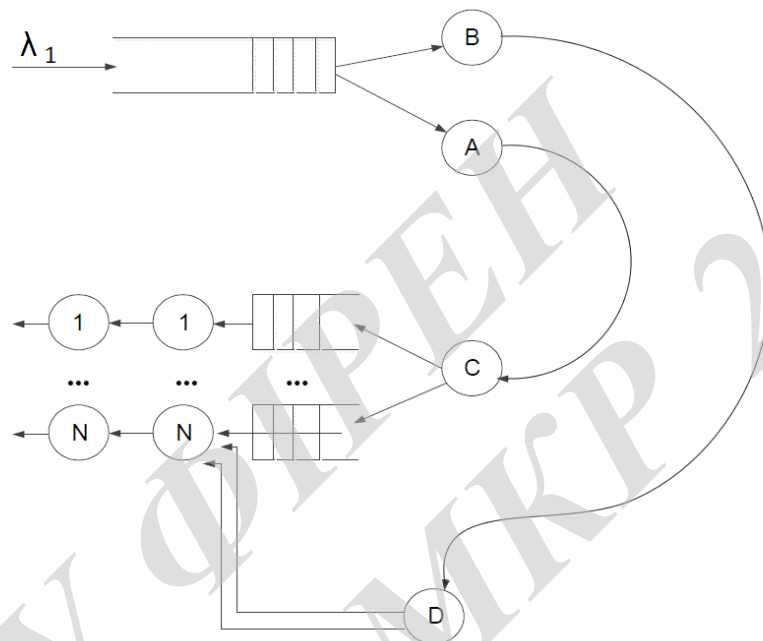


Рисунок 1.1 - Підхід до дослідження за допомогою теорії мереж масового обслуговування

У мультиагентній системі модель складається з описів агентів, їх поведінки і їх початкових станів. Поведінка агента може бути описано в досить простій формі, наприклад, у вигляді кінцевого автомата. Але з урахуванням контексту дослідження тут основний упор робиться на дослідження ВВХ, в зв'язку з чим динаміка поведінки агента також має імовірнісний характер. На рис. 1.2 показано поведінку агента у вигляді спрощеної UML схеми.

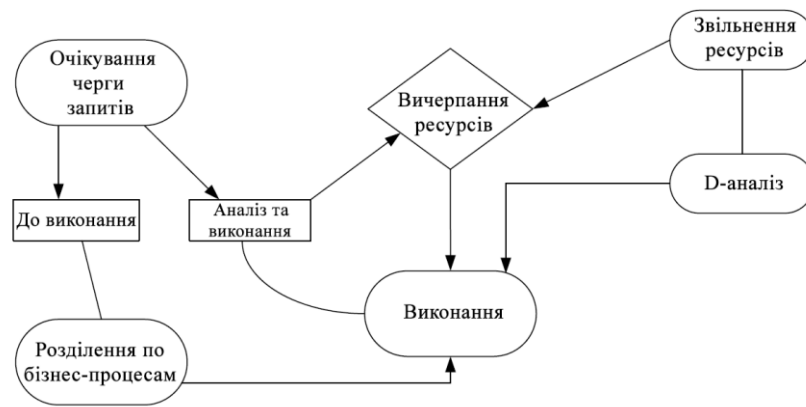


Рисунок 1.2 - Підхід до дослідження за допомогою теорії мультиагентної системи

Хоча з таким поданням не вистачає лаконічності рис.1.5, але воно містить набагато більше неформальної інформації, пов'язаної з взаємодією агентів-запитів на телекомунікаційні послуги та агентів-ресурсів. У наступних розділах МКР буде показано, як ці два підходи успішно доповнюють один одного в процесі дослідження все ускладнення процесів керування інфокомунікацій.

1.2 Програмно-конфігуровані мережі і віртуалізація функціональності мереж пост-NGN

Заявленим в МКР предметом дослідження є системи керування телекомунікаційними мережами NGN і пост-NGN. У цьому розділі зосередимося на проблемах керування перспективних мережних архітектур пост-NGN. Головним кандидатом для таких перспективних мереж з новим рівнем керування є підхід програмно-конфігуруються мереж SDN (Software-Defined Networks).

Оригінальні дослідження зі створення концепції SDN були розпочаті в університетах Стенфорда і Берклі в середині 2000-х років. Перше визначення SDN дано одним з творців концепції Мартіном Касадо (Стенфорд): "SDN це мережева архітектура, в якій рівень керування відділений від рівня передачі даних, а мережеві пристрої забезпечують більшу функціональність і відкритість до інтелектуального, автоматизованому і уніфікованого керування в порівнянні з «традиційними рішеннями».

І хоча досягнутий сьогодні рівень розвитку транспортних технологій сімейства MPLS / GMPLS в якості основи побудови мереж з різними принципами передачі даних: пакети, тайм-слоти, довгі хвилі і т.д. дає

можливість використання цих протоколів для інтелектуального, автоматизованого і уніфікованого керування транспортним рівнем, дослідження даної МКР не обмежується результатами розділу 2, орієнтованими, перш за все, на транспортний рівень мереж NGN та пост-NGN, а поширюються на всі представлені на додатку Б площині і їх подальшу еволюцію до мереж SDN.

Архітектурно існують два незалежних підходи до побудови SDN. Один з них розвивається консорціумом Open Network Foundation, інший розвивається IETF. Ці підходи отримали назви OpenFlow і PCE, відповідно. ONF визначає OpenFlow, як інтерфейс між рівнями керування і передачі даних. Весь потенціал SDN повинен бути розкритий завдяки протоколу по суті переносить таблиці (правила) дій з рівня керування на рівень передачі даних. OF не говорить, як організувати рівень керування, як приймати рішення для створення тих самих правил і таблиць керування. OF відкриває інтерфейс між двома ідеологічними стовпами в архітектурі SDN.

Слід зазначити, що IETF показує PCE, як еволюційний розвиток мережевого керування, здатного привести до всіх благ SDN. У своїх доповідях, присвячених порівнянню з іншими підходами, IETF зазначає, що OpenFlow відкриває лише можливості для створення програмованого рівня керування для комутації потоків даних.

Цікаво зрозуміти, в чому суть підходу пропонованого IETF. PCE це - елемент архітектури мережі SDN, відповідальний за обчислення маршрутів LSP. Елемент може бути реалізований як роутер, частина OSS системи або, як віртуальний елемент піднятий в хмарному середовищі. Принцип роботи підходу IETF полягає в тому, що мережевий транспортний вузол при прокладанні маршруту звертається до PCE, той знаючи всю мережеву топологію і статус мережі, обчислює оптимальний маршрут. Обчисливши маршрут, PCE повертає вузлу (Explicit Route Object) дані для LSP, які передаються далі по мережі за допомогою сигнального протоколу RSVP.

На рис. 1.3 видно, що підходи по своїй функціональній архітектурі реалізують головні принципи SDN: поділ рівнів і функцій передачі даних від керування. Очевидне відмінність у тому, що OF забирає всі функції керування і завдання прийняття рішення з мережевих пристроїв і переносить на рівень керування. У той час як, PCE відставляє частина функцій прийняття рішень самим мережевих пристроїв.

На момент проведення дослідження залишається відкритим питання, який з підходів в SDN створить єдиний рівень керування в транспортних мережах.



Рисунок 1.3 - Порівняння підходів PCE і OF в архітектурі SDN

Забігаючи наперед відзначимо, що для обох підходів надзвичайно важлива і актуальна проблема керування якістю обслуговування QoS (Quality of Services) та мінімізації затримок в транспортній мережі IP / MPLS в тому числі і в першу чергу при організації тунелів через транспортну мережу, про що докладніше йдеться в наступному розділі. Але для успішного використання цих моделей архіважливо заздалегідь забезпечити їх придатність для обох можливих стратегій розвитку SDN, для чого продовжимо їх порівняння. Але перш згадаємо, як працює GMPLS і його рівень керування. Керування розподілений по мережі і реалізується на кожному мережевому елементі незалежно. GMPLS дозволяє розділити рівень передачі даних від рівня керування.

Модуль HAL використовує SNMP для конфігурації мережевих елементів. За допомогою OSPF-TE роутер-GMPLS збирає дані про з'єднання на мережі і їх атрибути для бази даних трафік інжинірингу (TE Database). За допомогою функції path computation реалізується розрахунок маршруту LSP, а RSVP-TE реалізує резервування ресурсів для LSP. З цього робимо проміжний висновок, про те, що GMPLS не підходить з причин закритого рівня керування та локалізації інтелекту на мережевих елементах. Очевидно можливість розвитку нових функцій, рівно як і послуг відсутня. Тому цей підхід виключимо з моделі розділу 2, хоча і відзначимо, що при необхідності ця ж сама модель без будь-яких змін може бути покладена і на керування GMPLS.

Перейдемо до реалізації за допомогою підходу OpenFlow. Реалізація через протокол OpenFlow матиме такий вигляд (рис. 1.4). Всі функції прийняття рішень з керування винесені на рівень централізованого контролера і пов'язані з рівнем передачі даних через інтерфейс OpenFlow. Зазначимо, що функції з керування можуть бути не тільки представлені в самому контролері, але можуть бути винесені в окремий додаток або компонент OSS.

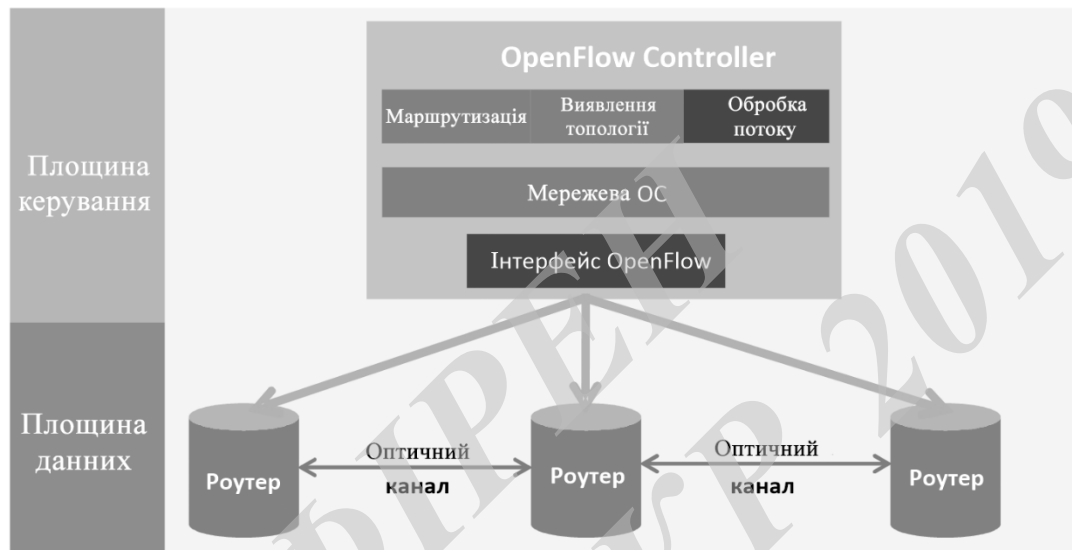


Рисунок 1.4 - Керування OpenFlow

Таким чином, OpenFlow розділяє рівень передачі даних від централізованого контролю. Функції Discovery збирають інформацію про топологію мережі, її статус, а так само про зв'язності мережевих елементів. Функція Routing виконує завдання обчислення маршрутів для потоків даних. Flow processor - створює нові записи про потоках проходять даних, формує для них правила які далі будуть передані через OpenFlow на мережеві елементи рівня передачі даних.

OpenFlow, як і очікувалося, відкриває реальні можливості для створення додатків керування мережі і появи нового функціоналу. Питання полягає в тому, на скільки просто розробити реально успішні програми SDN для керування транспортними мережами. Реальний успіх на ринку рішень SDN завойовують рішення в галузі керування IP / Ethernet мережами кампусів, центрів обробки даних і подібних локальних мережах. Окремо пов'язують успіх SDN на мережах доступу сервіс провайдера, де використовуються технології віртуалізації втратити зв'язок із мережею NFV.

Зрозуміло, не можна не враховувати, що за SDN OpenFlow стоїть великий капітал. Популярність протоколу надзвичайно велика, кількість ресурсів залучених до досліджень величезна. По суті, серед провідних університетів світу не можна назвати хоча б один, де не велися дослідження в області OpenFlow, що створює величезний ринок для інвестицій і появи інноваційних рішень SDN.

Всі провідні виробники мережевого обладнання мають комерційні рішення SDN на основі OpenFlow. Тому можна зробити висновок, що в боротьбі за право бути головною реалізацією SDN лідує OpenFlow. Як складеться подальше, залежить тільки від зусиль розробників рішень - якщо OpenFlow зможе довести реальну ефективність в бойових умовах, то ніякий інший підхід не зможе його подолати. На жаль, про IETF PCE можна таких же слів щодо масштабу досліджень і комерційної підтримки.

Справжня робота не належить до цих комерційно підтриманих дослідженням, а її автор не є стовідсотковим прихильником жодного з варіантів, а пропонує якийсь компромісний варіант, який можна вважати еволюційним варіантом керування за допомогою революційної архітектури, що взяла краще від OF і PCE. Аргументація тут наступна.

Однією з ключових особливостей PCE є можливість працювати в різних доменах. Припустимо у нас є два провайдера один з них зміг поставити рішення OF для створення єдиного керування своїм транспортним ділянкою. А його сусід вирішив залишити GMPLS без змін. Очевидно, що тут втрачається автономність керування і створення LSP. Так як використовуються різні підходи до керування рівня передачі даних.

А якби один з поставив гібридне рішення і зберіг можливості OF і дозволив працювати протоколам PCE і RSVP, то проблема забезпечення сумісності пропала б сама собою. Об'єднавши функції від PCE і OpenFlow на рівні керування і зберігши можливість взаємодії з GMPLS, ми отримуємо варіант більш життєздатний ніж окремо працюють підходи поза контекстом реальної мережі Оператора зв'язку. Саме для цього гібридного варіанту ми прорахуємо графіки в розділі 4 МКР.

Зрозуміло, на додаток до технічних аспектів проблеми єдиного рівня керування слід зазначити, що пошук єдиного рішення як зазвичай лежить в формалізації реальних вимог експлуатації і адекватної відповіді з боку розробників мережевих рішень. Проте допустимо, що передове людство створило бойове втілення SDN у вигляді одного з цих двох підходів або їх гібрида. Що отримає Оператор в керування транспортними мережами? Для пояснення наведемо таб. 1.1.

Таблиця 1.1 - Можливості та переваги

Нові можливості	Переваги нових можливостей
Єдиний рівень керування мережами комутації пакетів і каналів.	Централізоване та автоматизоване керування мережею.
Real-time зміни маршрутів потоків даних	Динамічна зміна маршрутів для потоків даних на мережі оператора.
Real-time облік мережевих ресурсів	Облік пропускної здатності мережі в реальному масштабі часу. Планування і підключення послуг відповідно з реальною можливістю мережі.
Відкриті інтерфейси керування	Розширення бізнес-процесів до мережевих елементів і інфраструктури, в контексті сучасних послуг типу XaaS і т.д.
Інструменти планування мережі та тестування сервісів	Віртуалізація мережі і / або окремих фрагментів. Тестування нових послуг і налаштувань на віртуальній мережі без загроз існуючих сервісів і конфігурацій.
Програмована мережа	Масштабований функціонал мережі, скорочення витрат на закупівлю мережевого обладнання. Інновації через розвиток програмного забезпечення.

У висновку параграфа нагадаємо, що сама технологія MPLS свого часу з'явилася на стику IP і ATM, поховавши ATM. За аналогією можна припустити, що зовсім скоро ми побачимо, як SDN змінить підходи до розробки послуг і їх реалізації, а також до керування мережами пост-NGN. Скромний внесок автора в цей процес міститься в наступних розділах.

1.3 Висновки до розділу 1

1. Проаналізовано тенденції побудови мереж наступного покоління NGN і мереж пост-NGN. Показана актуальність дослідження нових підходів до керування інфокомунікацій.

2. Вказані основні етапи еволюції телекомунікацій як об'єкта керування. Намічено відповідні цієї еволюції проблеми і підходи до їх вирішення. Запропоновано прогнози розвитку і ускладнення телекомунікацій в 2010-х, 2020-х і 2030-х роках.

3. Аналіз керування інфокомунікацій як технічної системи включає порівняння різних структур від простих типу менеджер-агент до складних розподілених структур.

4. Самоорганізація та мультиагентні системи розглядаються в рамках аналізу керування телекомунікаціями, як наукової дисципліни. Формалізовано поняття правильності стратегії керування в якісь моменти часу і завжди, тобто в усі моменти часу розглянутого періоду.

5. Зіставлені підходи до математичного моделювання керування телекомунікаціями.

6. Доведено актуальність розробки нових методів розрахунку вірогідно-тимчасових характеристик (ВВХ) керування в реальному часі мережами зв'язку NGN і пост-NGN

7. Запропоновано шляхи розвитку магістерського дослідження на програмно-конфігуровані мережі і віртуалізацію функціональності мереж пост-NGN.

ВНТУ ФІРЕНТ
ТКСТЬ МКР 2019

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖЕЮ IP / MPLS

2.1 Модель послідовних черг в транспортній мережі

Як вже зазначалося вище, при використанні механізму тунелювання многопротокольної комутації по мітках IP-пакети переміщуються від одного вузла до іншого за заздалегідь визначеним єдиним маршрутом, проходячи через кілька послідовних вузлів, як це показано на рис. 2.1. Причому керування проходженням пакета по мережі відбувається без специфіцирования в явному вигляді проміжних вузлів (маршрутизаторів), а шляхом створення на основі мітки тунелів через ці проміжні вузли. Таким чином, для пакетів з однаковими тегами, які перетинають мережу MPLS всередині одного і того ж тунелю, мережа поводить себе як ланцюжок послідовних черг, представлених на рис. 2.1.

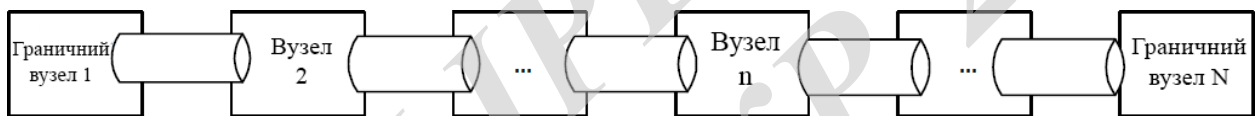


Рисунок 2.1 - Модель послідовних черг

Оцінюваними параметрами є середній час обслуговування без перерви (період зайнятості) і середній час очікування пакета на n-му вузлі.

Обслуговуються за період зайнятості (тобто безперервно, без звільнення вузла-маршрутизатора) пакети об'єднуються в групу на виході вузла і називаються пачкою. Середня довжина такої пачки, що виражається числом пакетів, і визначає середню тривалість безперервного обслуговування.

На вхід граничного вузла 1 надходить пуассоновський потік пакетів з інтенсивністю вхідного потоку γ і середнім часом обслуговування $1/\mu$. У 1956 р була опублікована теорема Бурке [19], згідно з якою вихідний потік заявок в системі $M / M / m$ в стаціонарних умовах (при $\rho = \alpha / (\mu m) - 1$) є також пуассоновским з тією ж інтенсивністю α .

Тобто:

$$\rho_{\hat{a}} = p_n = \frac{\gamma^n / n!}{\sum_{j=0}^n \gamma^j / j!} \quad (2.1)$$

Де: p_n – ймовірність заняття всіх n обслуговуючих приладів,
 p_v – ймовірність втрат за викликами,
 u – інтенсивність надходить навантаження,
 n – число обслуговуючих приладів.

Але при послідовно з'єднаних чергах ми не можемо розглядати кожен вузол незалежно від інших, навіть в умовах, коли виконується теорема Бурке. Якщо ми розглядаємо два наступних один за іншим пакета на вузлі n ($n > 2$), інтервал часу між надходженням цих двох пакетів залежить від часів їх надходження і обслуговування на попередніх вузлах, як показано ще в першій книзі Л. Клейнрока [20]. Там, зокрема, показано, що пакети, згруповані в пачку на вузлі n ($n \geq 2$), залишаються згрупованими і на наступних вузлах $n + 1, n + 2 \dots$

Розглянемо ймовірнісно-часові характеристики обслуговування пакетів в довільному n -му вузлі, де $n > 2$.

Специфічну поведінку першого вузла ($n = 1$) очевидно і пов'язано з тим, що пакети надходять безпосередньо, не проходячи через який-небудь вузел.

Специфіка режиму роботи другого вузла ($n = 2$) вперше досліджена ще в роботах Ле Галля [21], де показано, що цей другий вузол може розглядатися як реальне джерело пачок пакетів. Це ж явище на базі робіт Ле Галля досліджували фіч і Вейлард в роботі [22], чий підхід близький до формулювання ряду тверджень, доказуваних далі в цьому розділі.

Втім, специфіка другого вузла ясна і інтуїтивно, без вивчення вищезгаданих робіт. Складність поведінки пакетів в ньому обумовлена двома явищами: зчепленням пачок, що виходять від першого вузла, і фрагментацією цих же пачок.

Перше явище зчеплення відноситься не тільки до другого, але і до будь-якого не першому вузлу n ($n \neq 1$) і пов'язане з тим, що перший пакет k -ї пачки наздоганяє на цьому вузлі останній пакет $(k-1)$ -ї пачки, і обидві пачки - k -я і $(k-1)$ -я - відповідним чином зчіплюються, як це показано на рис.2.5-а.

Друге явище фрагментації, яке ілюструє рис. 2.5-б, не настільки очевидно і має місце тільки в другому вузлі, але теж цілком наочно. Нехай в першому вузлі обслуговується пакет номер j з пачки k і в цей момент на той же перший вузол надходить наступний пакет номер $j + 1$, час обслуговування якого перевищує час обслуговування пакета j . Нехай на наступному другому вузлі в цей момент немає черги, і пакет j обслуговується, як тільки воно надходить на вузол 2, пакети $j + 1$ і j починають обслуговуватися одночасно на вузлах 1 і 2, відповідно. Коли пакет j потім залишає вузол 2, пакет $j + 1$ все

ще продовжує оброблятися на вузлі 1, оскільки час його обслуговування довше.

Для подальшого дослідження ймовірно-часових характеристик у всіх n -х вузлах, доведемо три твердження, що характеризують розглянутий вище механізм тунелювання в MPLS. Всі три твердження мають ясну фізичну інтерпретацію. Почнемо з першого.

Твердження 1. Для представленої на рис.2.4 моделі тунелювання MPLS будь-який пакет, що належить пачці номер k на виході вузла n при $n > 2$, має час обслуговування, яке менше або дорівнює часу обслуговування першого пакету цієї пачки

Розглянемо пачку k , сформовану на виході вузла n , де $n \geq 2$.

Якщо ця пачка складається з єдиного пакета, то твердження доводиться автоматично. В іншому випадку, розглянемо пакет номер j з цієї пачки, час обслуговування якого на вузлі n позначимо через $t_n^k(j)$.

На рисунку 2.7 відмічені наступні моменти часу: $T1_{n-1}^k$ - час, коли перший пакет пакунку k починає обслуговуватися вузлом $n-1$, а $T1_n^k$ - час, коли перший пакунок пачки k починає обслуговуватися вузлом n .

Часи завершення обслуговування пакунку номер $j-1$ із пакунку k вузлами $n-1$, n , $n+1$ відповідно, $T2_{n-1}^k$, $T2_n^k$ та $E2_{n+1}^k$, а моменти завершення обслуговування останніх пакетів пачки k вузлами $n-1$ і n через $T3_{n-1}^k$ та $T3_n^k$ відповідно. З тієї частини рис. 2.7, яка відноситься до вузла n , видно, що:

$$T2_{n-1}^k + t_n^k(j-1) \leq T2_n^k. \quad (2.2)$$

З тієї частини рис. 2.7, яка відноситься до вузла $n-1$, також видно, що:

$$T1_{n-1}^k + \sum_{j=1}^{j-1} t_n^k(i) \leq T2_n^k. \quad (2.3)$$

Перший пакет k -ї пачки обслуговується, як тільки він надходить на вузол n , а часи обслуговування одного і того ж пакету на різних вузлах однакові. Тоді ми маємо:

$$T1_{n-1}^k + t_{n-1}^k + \sum_{i=1}^{j-1} t_n^k(i) = T2_n^k. \quad (2.4)$$

З рівнянь (2.2) - (2.4) виводиться наступне відношення:
 $T2_n^k - T2_{n-1}^k \leq t_n^k(i) = t_n^k(1)$, що й треба було довести.

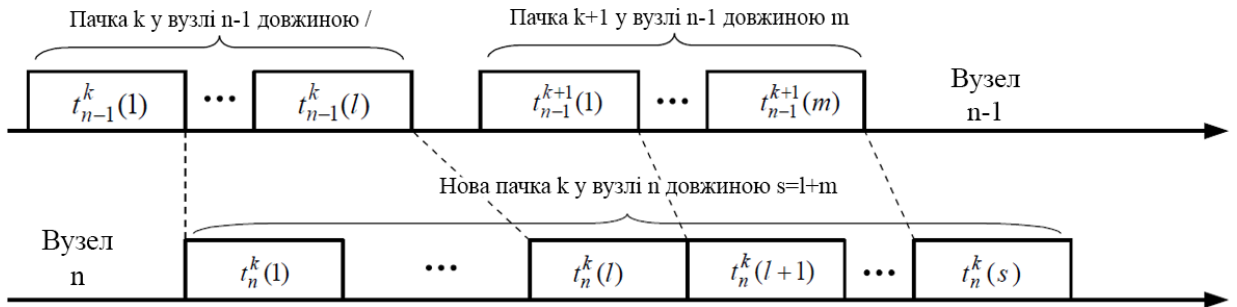


Рисунок 2.2 - Фрагментація пачки

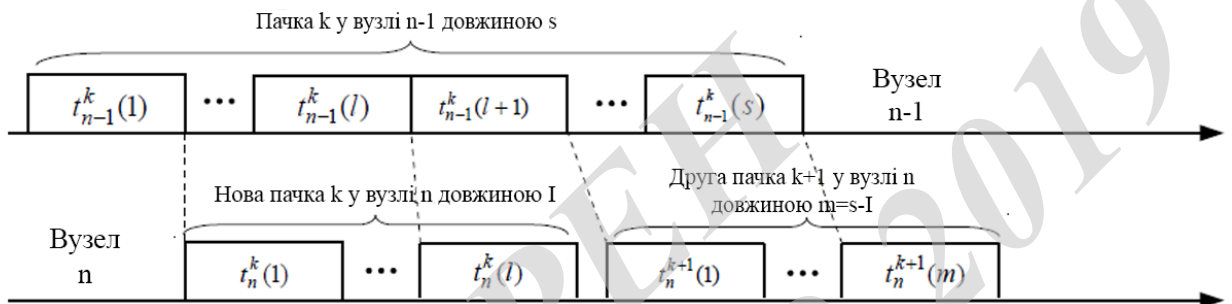


Рисунок 2.2 - б Фрагментація пачки k у вузлі n

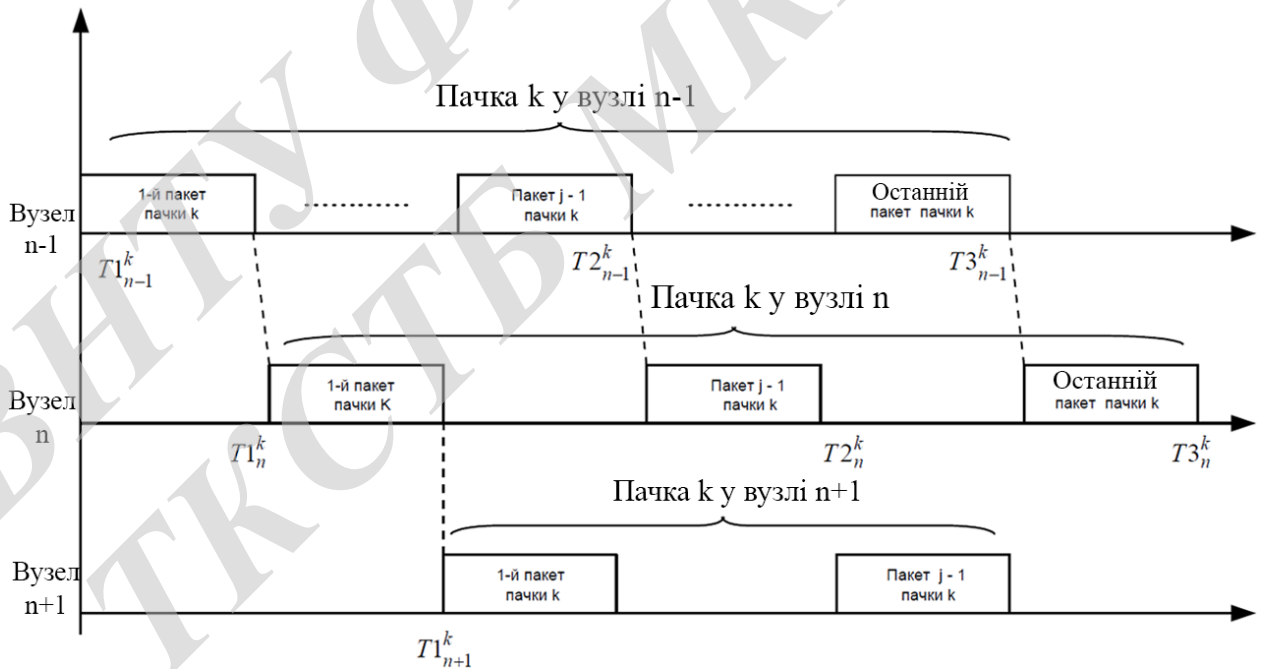


Рисунок 2.3 - час обслуговування пакетів в пачках

Твердження 2. Для представленої на рис.2.1 моделі тунелювання MPLS будь-яка пачка на виході вузла $n = 2$ і всіх подальших вузлів зберігається, тобто всі пакети в ній залишаються жорстко прив'язаними один до одного.

Покажемо, що пачка номер k на виході вузла n ($n > 2$) зберігається на виході всіх наступних вузлів, для чого покажемо, що вона зберігається на виході вузла $n + 1$.

Якщо ця пачка складається з одного-єдиного пакета, то твердження 2 доведено.

Якщо ж в пачці номер k є кілька пакетів, розглянемо пакет номер j з цієї пачки k на виході вузла n і припустимо, що, починаючи з цього пакету пачка k фрагментується на вузлі $n + 1$. Тобто проведемо доказ від протилежного.

Дана ситуація ілюструється рис. 2.4, який аналогічний рис.2.2-б з додаванням зроблених на рис. 2.3 позначень, необхідних для доведення твердження. Збережемо позначення цього пункту, тобто $T1_n^k$ означає момент часу, коли перший пакет з пачки k починає обслуговуватися вузлом n , а часи, коли пакет $j-1$ з тієї ж пачки k закінчує обслуговуватися вузлами n та $n+1$, позначені, відповідно, через $T2_n^k$ та $T1_{n+1}^k$. Очевидно, що

$$t_n^k(j-1) \leq T2_{n+1}^k - T2_n^k. \quad (2.5)$$

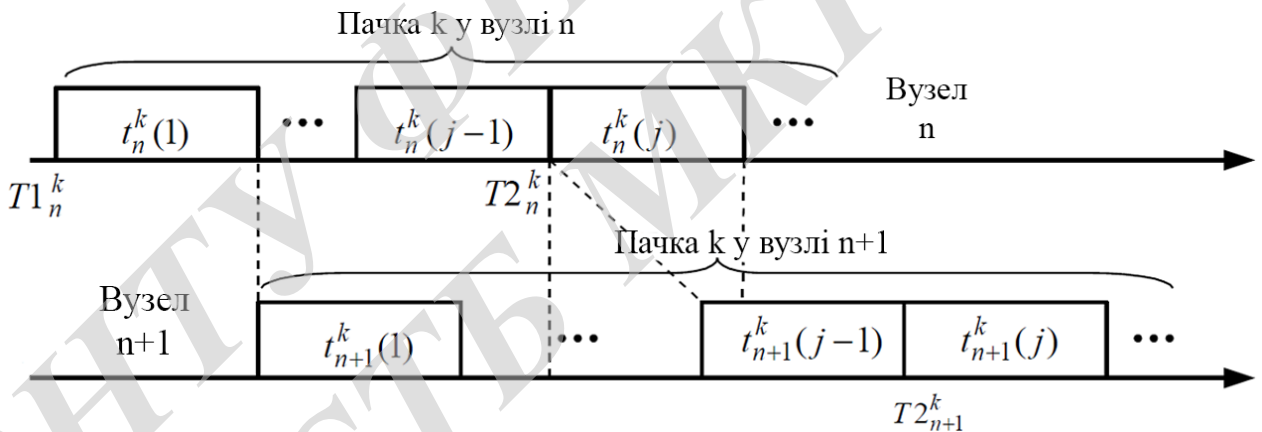


Рисунок 2.4 - Фрагментація пачки k у вузлі n ($n > 2$)

Перший пакет з пачки k на виході вузла n не обов'язково обслуговується, як тільки він надходить на вузол $n+1$. Деякі з пакетів, що передують йому, можуть перебувати в черзі на обслуговування або в вузлі $n+1$, що відбувається при зчепленні пачок. У будь-якому випадку, на вузлі $n+1$ ми маємо:

$$T1_n^k + t_{n+1}^k(1) + \sum_{i=1}^{j-1} t_n^k(i) \leq T2_{n+1}^k. \quad (2.6)$$

З урахуванням того факту, що часи обслуговування на всіх вузлах однакові,

$$t_{n+1}^k(1) = t_n^k(1),$$

з (2.5) і (2.6) виводиться наступне відношення

$$T2_{n+1}^k - T2_n^k \geq t_n^k(1). \quad (2.7)$$

Нагадаємо, що $T2_n^k$ - це не тільки момент часу завершення обслуговування пакета $j-1$ з пачки k у вузлі n , але і також час початку обслуговування j -го пакета з цієї пачки k у вузлі n - пакета, починаючи з якого (як ми тимчасово припустили) розглянута пачка буде фрагментуватися в вузлі $n+1$, що означає, що цей пакет залишає вузол n після моменту часу $T2_{n+1}^k$.

Таким чином, $t_n^k(j) > T2_{n+1}^k - T2_n^k$, відповідно,

$$t_n^k(j) > t_n^k(1). \quad (2.8)$$

тобто час обслуговування першого пакету пачки менше часу обслуговування j -го пакета з цієї ж пачки k на виході цього ж вузла n , що згідно розглянутому вище твердженню 1, неможливо.

Отже, припущення, що пачка фрагментується на вузлі $n+1$, є хибним; ця пачка, навпаки, зберігається цілої на виході вузла $n+1$, що й треба було довести.

Нагадаємо, що мова йде про довільне номері вузла $n \neq 1$. Між першим і другим вузлами така фрагментація якраз цілком можлива. Точніше кажучи, якщо фрагментація пачки в принципі можлива, то вона відбудеться на початку тунелю, до виходу пачки з вузла 2 і її подальшого проходження.

Затвердження 3. Зчеплення пачок k і $k+1$ з вузла $n-1$ у вузлі n для представленої на рис.2.4 моделі тунелювання MPLS можливо тоді і тільки тоді, коли перший пакет пачки $k+1$ залишає вузол $n-1$ до того, як пачка k закінчить обслуговуватися вузлом n протягом інтервалу, що не перевищує часу обслуговування першого пакету попередньої пачки t_{n-1}^k .

Це твердження також означає, що час обслуговування першого пакету попередньої пачки строго більше часу обслуговування першого пакету наступної пачки, - властивість, яке з фізичної точки зору можна пояснити, інакше пачка $k+1$ взагалі ніколи не змогла б наздогнати пачку k .

Розглянемо пачку k у вузлі $n-1$, сформовану з тієї ж пачки k вузла $n-2$, а також, можливо, з пачок $k+1$, $k+2$ і т.д. (Всього z пачок) вузла $n-2$, які

зчіплюються з нею на вузлі $n-1$ ($n \geq 3$). Ми припускаємо, що пачка k з вузла $n-1$ не «наздогнала» на вузлі n пачку $k-1$ з вузла $n-1$.

Нехай k' - номер пачки, утвореної пачкою k з $n-1$ і будь-якими зчепленими з нею пачками на вузлі n . Таким чином, першим пакетом пачки k в вузлі n є перший пакет пачки k з вузла $n-1$, і цей пакет обслуговується, як тільки він надходить на вузол n .

Нагадаємо, що позначення k' введено тільки для того, щоб підкреслити зміна нумерації пачок від вузла до вузла, тобто $k' \neq k$ що вже відображалося на рис.2.2-а і 2.2-б. Ця зміна може відбуватися в будь-якому вузлі, і завжди підкреслюється в даній роботі, - якщо не різницею в позначеннях k як тут, то безпосередньо в тексті зазначенням «пачка k вузла n ».

Визначимо умови, необхідні для того, щоб пачка $k+1$ з вузла $n-1$ наздогнала на вузлі n пачку k з того ж вузла $n-1$. Для цього використовуємо тільки що доведене твердження 2 про те, що будь-яка пачка на вузлі n ($n \geq 2$) зберігається на виході всіх наступних вузлів, і всі пакети в ній залишаються жорстко прив'язаними один до одного.

У вузлі $n-1$ є група з $z+1$ пачок (пачка k з вузла $n-2$ плюс z пачок), які потім утворюють пачку k у вузлі $n-1$. Нагадаємо, що при даному доведенні перша досліджувана пачка з номером k на виході вузла $n-1$ і пачка з номером k' на виході вузла n , де $k' \leq k$ внаслідок можливого зчеплення попередніх пачок на вузлі n .

Нагадаємо також, що мова йде про двох явно окремих пачках в вузлі $n-1$ незалежно від їх майбутнього можливого зчеплення у вузлі n . Це означає, що перший пакет пачки $k+1$ з $n-1$ обов'язково йде з вузла $n-1$ через якийсь ненульове час після того, як останній пакет пачки k вузла $n-1$ закінчив обслуговуватися вузлом $n-1$.

Нагадаємо, що через $T1_n^k$ позначений момент часу, коли перший пакет пачки k починає обслуговуватися вузлом n , а через $T3_n^k$ - момент завершення обслуговування останнього пакета пачки k вузлом n .

У математичній формі це відношення записується в такий спосіб:

$$T1_{n-1}^{k+1} > T3_{n-1}^k.$$

Умова зчеплення пачок виражається тим фактом, що перший пакет пачки $k+1$ залишає вузол $n-1$ до того, як вузол n закінчить обслуговувати пачку k з вузла $n-1$, тобто:

$$T1_{n-1}^{k+1} + t_{n-1}^{k+1}(1) \leq T3_{n-1}^k + \Delta; \quad (2.9)$$

Де, $T3_{n-1}^k + \Delta$ являє собою час, коли останній пакет пачки k покидає вузол $n-1$, і ми маємо $\Delta = t_{n-1}^k(1)$, як вказано нище. Оскільки часи обслуговування одних і тих же пакетів зберігаються незмінними на різних вузлах, то в вузлі $n-1$:

$$\sum_{i=1}^k t_{n-1}^k(i) + T1_{n-1}^k = T3_{n-1}^k. \quad (2.10)$$

А у вузлі n :

$$\sum_{i=1}^k t_{n-1}^k(i) + T1_n^k = T3_{n-1}^k + \Delta. \quad (2.11)$$

Крім того:

$$T1_{n-1}^k + t_{n-1}^k(1) = T1_n^k. \quad (2.12)$$

тому що пачка k з вузла $n-1$ не «наздогнала» пачку $k-1$ з того ж вузла $n-1$ при їх надходженні на вузол n , і, відповідно,

$$t_{n-1}^k(1) = t_n^k(1). \quad (2.13)$$

тому що перший пакет пачки k у вузлі n є також першим пакетом пачки k у вузлі $n-1$.

Віднімаючи (2.10) з (2.11), отримуємо: $T1_n^k - T1_{n-1}^k = \Delta$ і, нарешті, з рівнянь (2.12) і (2.13) отримуємо:

$$\Delta = t_{n-1}^k(1). \quad (2.14)$$

Значення Δ , таким чином, являє собою час обслуговування першого пакету пачки k у вузлі $n-1$.

Отже, необхідні шукані умови зчеплення пачок описуються наступними нерівностями:

$$T3_{n-1}^k < T1_{n-1}^{k+1};$$

та

$$T3_{n-1}^k \geq T1_{n-1}^{k+1} + [t_{n-1}^{k+1}(1) - t_{n-1}^k(1)].$$

З цих двох нерівностей випливає і третя:

$$t_{n-1}^{k+1}(1) < t_{n-1}^k(1). \quad (2.15)$$

яке означає, що в умовах утвердження 3 час обслуговування першого пакету пачки, прикрплюючої до попередньої пачці, має бути менше, ніж час обслуговування першого пакету що йде попереду пачки.

Затвердження 3 є ключовим для розгляд моделі тунелювання MPLS, на підставі якого спробуємо вирахувати довжину пачки (i , відповідно, період безперервного обслуговування) в довільному вузла n мережі MPLS. Для цього формулюються твердження 4 і 5.

2.2 Аналіз розмірів пачок в моделі IP / MPLS

Доведені в попередньому розділі три твердження дозволяють визначити розмір пачки в схемі тунелювання для довільного вузла мережі MPLS. Зробимо це також у вигляді твердження.

Затвердження 4. Для представленої на рис.2.4 моделі тунелювання MPLS середня довжина пачки k вузла n ($n > 2$), виражена в числі пакетів K_n визначається через середню довжину пачки в вузлі $n-1$ наступним чином

$$K_n = K_{n-1} + \frac{\rho}{1-\rho}. \quad (2.16)$$

Логіка при формулювання цього твердження базується на відомому результаті для найпростішої системи типу M/M/1, яка відповідає першому вузлу представленої на рис.2.3 системи і для якої середнє число пакетів K_1 , оброблюваних без переривання на першому вузлі, визначається згідно Клейнрока:

$$K_i = 1 + \frac{\rho}{1-\rho}. \quad (2.17)$$

Власне кажучи, додавання цього відомого результату для системи M/M/1 до міркувань, наведених при доказі твердження 3 і формули (2.14), дозволяє легко довести твердження 4, а описана при доказі твердження 3 ситуація повністю ілюструє і твердження 4. Таким чином, на кожному вузлі, починаючи з третього, середнє число додаткових пакетів, що групуються на цьому вузлі, саме $\frac{\rho}{1-\rho}$ на цю величину в середньому різняться значення числа пакетів K_n і до K_{n-1} . Звідси справедливо і твердження 5.

Затвердження 5. Для представленої на рис.2.1 моделі тунелювання MPLS середня довжина пачки k у вузлі n ($n > 2$), виражена в числі пакетів K_n , дорівнює:

$$K_n = K_2 + (n - 2) \frac{\rho}{1-p}. \quad (2.18)$$

Доведення твердження 5 здійснюється простим підсумовуванням виразу (2.16). Для $n=1$ час обслуговування визначається за допомогою відомого результату (2.17), а для всіх інших вузлів, починаючи з третього ($n > 2$), ця величина розраховується за формулою (2.18). Що ж до другого вузла $n = 2$, відзначимо, що тут застосовуються апроксимаційні методи, викладені в наступному розділі.

2.3 Апроксимація довжини пачки в MPLS

У попередньому розділі зазначалося, що складна ситуація на вузлі 2 цієї статті не дозволяє отримати точну аналітичну формулу для $n = 2$. Єдиний відомий результат для $n = 2$ отримано в роботі Боксми [23] і являє собою чисельний алгоритм, який практично неможливо використовувати для тунелю моделі IP / MPLS зі скільки-небудь великим числом вузлів N . Тому доцільно знайти апроксимацію для цього вузла 2, а заодно і для довільного вузла n . У зв'язку з чим доведемо наступне твердження 6. Утвердження 6. Для представленої на рис.2.4 моделі тунелювання MPLS середня довжина пачки k в другому вузлі ($n = 2$), виражена в числі пакетів K_2 , знаходиться в діапазоні від 1 до $1 + 2 \frac{\rho}{1-p}$ приблизно дорівнює:

$$K_2 \approx K_i + 1 + \frac{\rho}{1-p}.$$

Почнемо з кінця. Нагадаємо, що проблема на вузлі 2 полягає в тому, що пачки в цьому вузлі і фрагментуються, і зчіплюються, що і відрізняє вузол 2 від подальших, де пачки тільки зчіплюються. Перше найпростіше припущення полягає в тому, що ці два протилежних явища призводять до збереження середньої довжини пачки між вузлами 1 і 2, тобто:

$$K_2 \approx K_i + 1 + \frac{\rho}{1-p}. \quad (2.19)$$

Ясно, що ступінь достовірності (2.19) залежить насамперед від величини завантаження ρ . При дуже низькому навантаженні ρ фрагментації практично не відбуваються, і для вузла 2 може застосовуватися формула (2.16) з утвердження 4, тобто при малих ρ

$$K_2 \approx 1 + 2 \frac{\rho}{1-\rho}. \quad (2.20)$$

В цьому випадку ми отримуємо підвищену значення K_2 , тому що фрагментації очевидним чином зменшують середню довжину пачки на вузлі 2. Інший межа відповідає максимальній фрагментації, що приводить до пачок, що складається з одного пакету, тобто $K_2 \rightarrow 1$. Таким чином, значення K_2 знаходиться в діапазоні від 1 до $1 + 2 \frac{\rho}{1-\rho}$, а наближення (2.19) дає проміжне між цими двома межами значення, що доводить твердження 6. Тепер підставимо це наближення в формулу (2.18) затвердження 5 і отримаємо для будь-яких n наступне твердження.

Затвердження 7. Для представленої на рис.2.1 моделі тунелювання MPLS середня довжина пачки k в довільному вузлі n , виражена в числі пакетів K_n , приблизно дорівнює:

$$K_n \approx \begin{cases} 1 + \frac{\rho}{1-\rho}, & \text{при } n = 1 \\ 1 + (n - 1) \frac{\rho}{1-\rho}, & \text{при } n \geq 2 \end{cases}; \quad (2.21)$$

де вираз для першого вузла, тобто $n=1$, визначається відомим результатом (2.17). Для великих навантажень (при завантаженні ρ , близькою до 1)

Підставимо наближення (2.20) в формулу (2.18) затвердження 5 і отримаємо наступну формулу для будь-яких n при великих ρ :

$$K_n \approx 1 + n \frac{\rho}{1-\rho}. \quad (2.22)$$

Отримані вирази фактично визначають період зайнятості тунелю MPLS. Оскільки час обслуговування одного пакета було прийнято за 1, то число пакетів K_n в пачці k у вузлі n і являє собою період зайнятості в вузлі n . Більш детально це буде розглянуто в наступному розділі.

Але перш скористаємося вже отриманими аналітичними результатами і проведемо їх чисельний аналіз рис. 2.5.

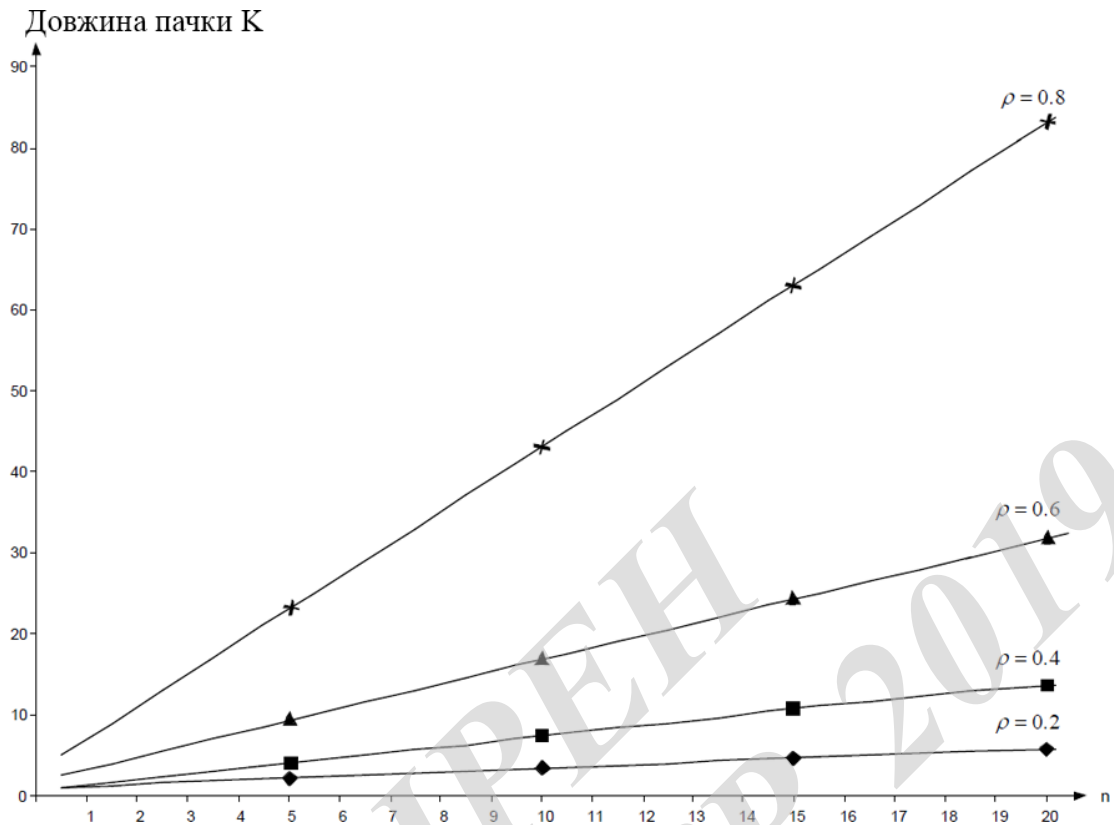


Рисунок 2.5 - Залежність середньої довжини пачки k від номера вузла n

Графіки побудовані для чотирьох значень навантаження $\rho = 0.2, 0.4, 0.6$ і 0.8 . Незалежно від навантаження, середня довжина пачки зростає зі збільшенням номера вузла, починаючи з вузла 1. Цей ріст лінійний, але тільки починаючи з вузла 3. Слід зазначити, що зростання середньої довжини пачки є несуттєвим між вузлами 1 і 3. Вище в цьому розділі дано пояснення цієї поведінки: на вузлі 2 явище зчеплення пачок (від вузла 1) доповнюється явищем фрагментації пачок.

Отже, явищем фрагментації, що належать до цього конкретного вузла, не можна нехтувати.

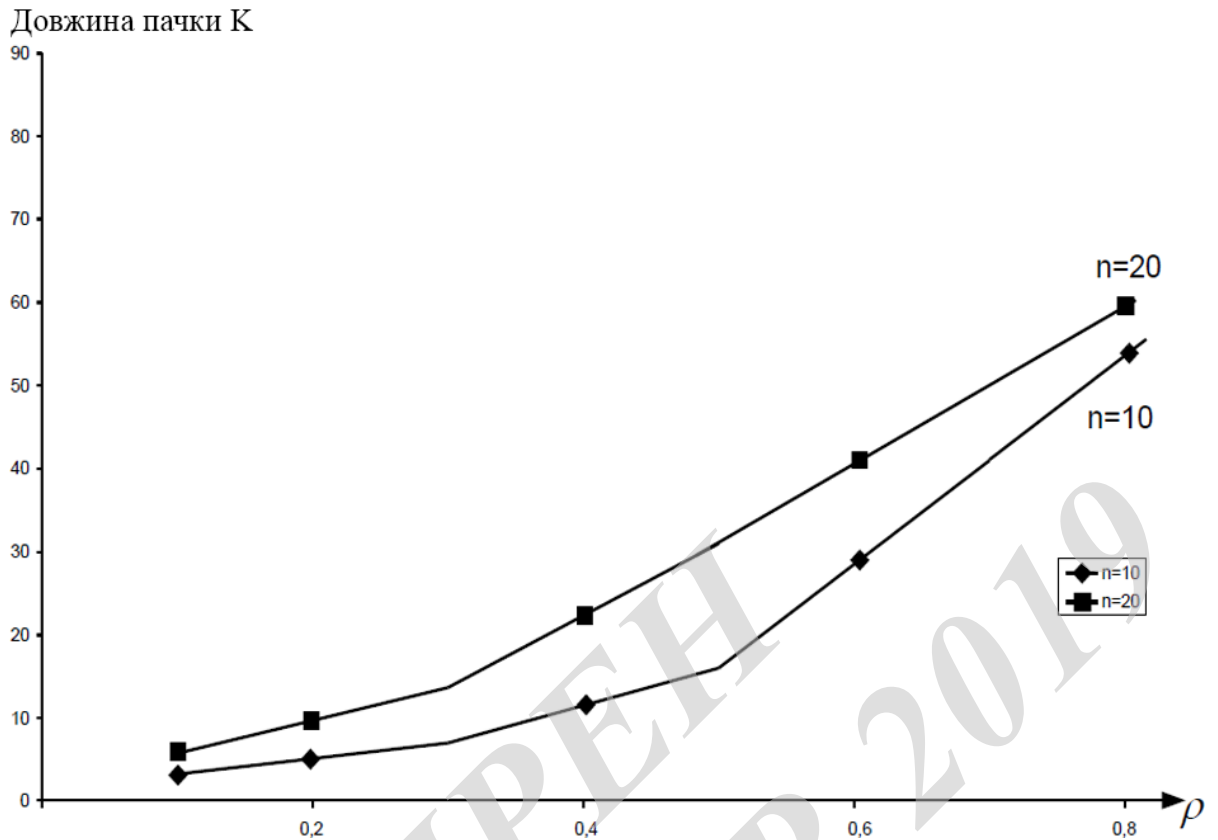


Рисунок 2.6 - Залежність середньої довжини пачки до вузла n від завантаження ρ

Нагадаємо також, що графіки на рис. 2.5 побудовані за формулою (2.21) і висловлюють практично лінійне зростання періоду зайнятості зі збільшенням номера вузла. Таким чином, зі збільшенням навантаження ρ і / або для великої кількості вузлів в тунелі n ці періоди можуть бути досить тривалими і, отже, можуть істотно впливати на характеристики переданого трафіку і на спосіб керування ним в MPLS- мережі. Особливо це важливо у відношенні потоків трафіку реального часу в вузлах, а також розмірів буферів схеми усунення тремтіння на виході з мережі.

На цих же графіках 2.5 та 2.6 представлені результати моделювання на моделі TUNEL_MPLS, показує, що теоретична формула (2.11), яку ми використовували, дає досить задовільний результат у всьому діапазоні n і для різних значень ρ .

Певна різниця між теоретичними результатами і результатами моделювання спостерігається тільки в вузлах 2 і 3 і пояснюється недостатньою точністю визначення значень на вузлі 2, що вже обговорювалося вище в цьому розділі.

2.4 Час перебування пакета в тунелі MPLS

Перехід від періоду зайнятості на часі очікування описаний в розділі 5.10 першого тому монографії Клейнрока [24]. Розглянутий там метод переходу від аналізу періоду зайнятості до обчислення часу очікування описаний також у більш ранній роботі Р.Конвея, В.Максвелла, Л.Міллера «Теорія розкладів», опублікованій російською мовою в перекладі під редакцією Г. П. Башарина в 1975 р [25]. Цей перехід описаний в двох роботах П. Ле Галля [26], які вже використовувалися деякими авторами в викладках, аналогічних нашим аналізом, і на яких будуть базуватися наведені нижче в цьому розділі розрахунки.

Отже, нехай і раніше представлена на рис.2.1 мережа складається з N вузлів. У наведених нижче формулах можуть використовуватися такі символи:

W_j^n - час очікування початку обслуговування пакета j в вузлі n ;

U_j^n - час обслуговування пакета j в вузлі n ;

V_j^n - час перебування пакета j в вузлі n : $V_j^n = W_j^n + U_j^n$.

Позначимо також через z_{j-1}^n інтервал часу між надходженням пакетів $j-1$ і j . Тоді:

$$w_j^n = \max [0, (v_j^n - z_{j-1}^n)];$$

та

$$z_{j-1}^n = u_j^{n-1} + \max [0, (z_{j-1}^{n-1} - v_{j-1}^{n-1}).$$

Ці очевидні співвідношення дозволяють перейти до рівняння для загального часу перебування пакета в тунелі. Загальний час перебування пакета j на вузлах від першого до N представляє собою суму часів перебування в кожному вузлі і визначається наступним виразом:

$$V_j(N) + \sum_{n=1}^N v_j(n). \quad (2.23)$$

Згідно з раніше показаними властивостями, час перебування у вузлі довільного пакета j всередині пачки однаково для всіх інших пакетів в цій пачці, включаючи, в тому числі, і час перебування в цьому вузлі першого пакета пачки. отже,

$$v(n) = v_j(n) \text{ для } \nabla j.$$

Наведемо наступне твердження. для Затвердження 8. У стаціонарних умовах при $\rho < 1$ функція розподілу загального часу перебування в тунелі з N вузлів і для великих значень N має наступну апроксимацію:

$$V(t; N) \cong \left(\frac{1-\rho}{1-\rho F(t)}\right)^{N+1} F(t). \quad (2.24)$$

де $F(t)$ - функція розподілу часу обслуговування в кожному вузлі.

Це твердження доводиться тут не буде, тому що воно збігається з виразом В.11 в інтегральній формі з [27], виведеним Ле Галем для функції розподілу загального часу перебування, за винятком часу перебування на першому вузлі.

Відповідна функція щільності $\frac{dV(f;N)}{dt}$ дозволяє визначити математичне очікування часу перебування довільного пакету на одному вузлі (для вузлів від другого до N), що позначає через $v(n)$, визначається таким рівнянням:

$$v(n) = \int_0^{\infty} t \frac{dV(x;n)}{dx}(t) dt.$$

Інтегруючи по частинах, ми отримаємо $v(n)$:

$$v(n) = \int_0^{\infty} [1 - V(t; n)] dt; \quad (2.25)$$

а сумарне середній час перебування довільного пакету в тунелі MPLS з N вузлів становить, отже,

$$V(N) = \sum_{n=1}^N v(n). \quad (2.26)$$

Тепер спробуємо отримати оцінки часу $v(n)$ перебування пакета в довільному вузлі n , починаючи з другого, і оцінки часу $V(N)$ перебування пакета в усьому тунелі з N вузлів. Зробимо це по аналогії з вже цитувалися роботами Фича і Вейларда [28] і Ле Галля.

У припущеннях даної розділу для $\forall t \geq 0$ функція розподілу $F(t) = 1 - e^{-t}$

Таким чином:

$$v(n) = \int_0^{\infty} \left[1 - \left(\frac{1}{1 - \left[\frac{\rho}{1-\rho}\right] e^{-t}}\right)^n (1 - e^{-t})\right] dt.$$

Нехай $x = e^{-t}$, тоді:

$$v(n) = \int_0^1 \left[\frac{1}{x} - \left(\frac{1}{1 - \left[\frac{\rho}{1-\rho} \right] x} \right)^n \left(\frac{1-x}{x} \right) \right] dx.$$

Нехай $\partial = \frac{\rho}{1-\rho} x$, тоді:

$$v(n) = \int_0^{\frac{\rho}{1-\rho}} \left[\frac{1}{\partial} - \left(\frac{1}{1-\partial} \right)^n \left(\frac{1 - \left[\frac{1-\rho}{\rho} \right] \partial}{\partial} \right) \right] d\partial.$$

Звідки:

$$v(n) = \int_0^{\frac{\rho}{1-\rho}} \frac{1}{\partial} \left(1 - \left(\frac{1}{1+\partial} \right)^n \right) d\partial + \frac{1-p}{p} \int_0^{\frac{\rho}{1-\rho}} \left(\frac{1}{1+\partial} \right)^n d\partial;$$

та

$$\int_0^{\frac{\rho}{1-\rho}} \left(\frac{1}{1+\partial} \right)^n d\partial = \frac{1}{p} [1 - (1-p)^p];$$

інтегруючи отримаємо:

$$1 - \frac{1}{(1+\partial)^n} = \sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{1}{1+\partial} \right)^i - \left(\frac{1}{1+\partial} \right)^{i+1} = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\partial}{(1+\partial)^{i+1}};$$

Кінцевий результат:

$$v(n) = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{i} [1 - (1-p)^i] + \frac{1}{n-1} \frac{1-p}{p} [1 - (1-p)^{n-1}] + \ln \left(\frac{1}{1-p} \right). \quad (2.27)$$

Формула (2.27) є найважливішою оцінкою часу перебування пакета в вузлі n , отриманої в цьому розділі. Але її застосування в інженерних розрахунках трохи важко, тому спробуємо отримати більш прийнятну апроксимацію, наведену в утвердженні 9.

Затвердження 9. У стаціонарних умовах при $p < 1$ середній час перебування пакета в довільному вузлі $n > 2$ визначається наступною формулою:

$$v(n) \cong 1 + \ln \left[(n-2) \frac{p}{1-p} \right] + \gamma. \quad (2.28)$$

де γ - постійна Ейлера ($\gamma \cong 0.577$).

Покажемо це. Відомо, що для великих значень n :

$$\sum_{i=1}^{n-2} \frac{(1-p)^i}{i} \cong \ln(p).$$

і, крім того, сума гармонійного ряду при великих n :

$$\sum_{i=1}^{n-2} \frac{1}{i} \cong \ln(n-2) + \gamma + \frac{1}{2(n-2)}.$$

де γ - постійна Ейлера ($\gamma \cong 0.577$).

Звідси справедливо наступне вираження:

$$v(n) \cong 1 + \ln \left[n - 2 \frac{p}{1-p} \right] + \gamma + \frac{1}{2(n-2)}. \quad (2.29)$$

Для дуже великих значень n можна проігнорувати Останній доданок, и з (2.29) отримуємо асимптотическое значення годині перебування $v(n)$

$$v(n) \cong 1 + \ln \left[n - 2 \frac{p}{1-p} \right] + \gamma.$$

що й потрібно було довести.

З формул (2.29) і (2.26) отримуємо останнім в цьому розділі і найбільш важливе твердження 10.

Затвердження 10. У стаціонарних умовах при $p < 1$ середній час перебування пакета в тунелі з N вузлів має наступну апроксимацію:

$$V(N) \cong \ln[(N-2)! \left(\frac{p}{1-p}\right)^N] + N(1+\gamma). \quad (2.30)$$

Нагадаємо, що мова йде про тунелі, так що, по крайній мере, $N > 2$. Доведення твердження 10 впливає з простого підсумовування визначається формулою (2.29) величини $v(n)$, яке призводить до наступного виразу:

$$V(N) \cong \ln \left[(N-2)! \left(\frac{p}{1-p}\right)^N \right] + N \left[1 + \gamma + \frac{1}{2(N-2)} \right]. \quad (2.31)$$

Апроксимація орієнтується на досить великі значення N , тому можна проігнорувати останній доданок, як це було зроблено при доказі попереднього затвердження. Тоді з (2.31) отримуємо (2.30), що й треба було довести.

На закінчення цього розділу зауважимо, що припущення про прагнення до нескінченності числа вузлів в тунелі мережі MPLS, тобто $N \rightarrow \infty$ або, що в даному випадку одне і те ж, про $n \rightarrow \infty$, свідчить про те, що всі пакети, які можуть бути зчеплені в пачки, зчіплюються. А раз так, то отримані апроксимаційні вирази для довжини K_n пачки k в довільному вузлі n і часу $v(n)$ перебування пакета в цьому вузлі, а також сумарного часу перебування V

(N) пакета в тунелі з N вузлів вимагають перевірки методами статистичного моделювання, що також зроблено в даній магістерській роботі.

2.5 Дослідження транспортних технологій

Переходячи від математичних моделей до дослідження інженерних технологій транспортної мережі слід підкреслити їх важливу особливість - більш тривалий у порівнянні з двома іншими площинами на рис. 1.1 процес їх модернізації. Оператори з набагато більшою часткою скептицизму розглядають пропозиції удосконалити існуючу транспортну інфраструктуру ніж, наприклад, оновлення експлуатованої мережі доступу або обладнання керування послугами. Зміни в транспортних мережах довгий час мали в основному кількісний характер, пов'язаний зі збільшенням числа обладнання і нарощуванням їх пропускної здатності.

Подібний екстенсивний період при технологічній стагнації не міг тривати як завгодно довго, і в якийсь момент прийшло розуміння необхідності якісних перетворень в опорних мережах для відповідності потребам NGN комунікацій. У цьому розділі ми постараємося проаналізувати-зировать розвиток технологій транспортних мереж з урахуванням математичних моделей механізму тунелювання, представлених вище в цьому розділі.

Еволюція багаторівневої транспортної архітектури телекомунікаційних мереж представлена на рис. 2.7. При повсюдно поширеною SDH-апаратурі підвищення пропускної спроможності спочатку забезпечувалося за допомогою WDM -, потім DWDM - системами мультиплексування, що дозволяють розширювати смугу пропускання без збільшення кількості оптичних волокон. Функціонал з керування трафіком реалізовувався технологією SDH, що забезпечує належний розподіл смуги пропускання, що гарантує надійність, а також надає механізми захисту і відновлення.

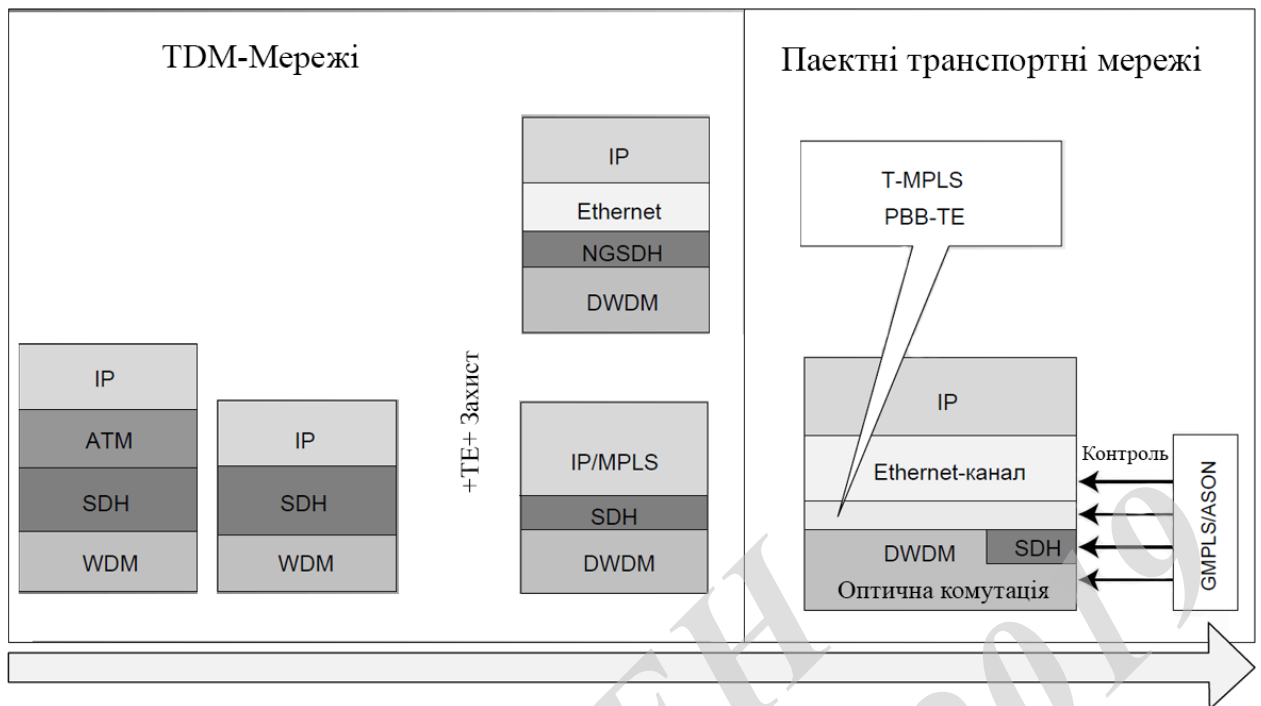


Рисунок 2.7 - Еволюція багаторівневої транспортної архітектури

Проте, з урахуванням сформульованих вище мети і завдань МКР зосередимо увагу на лівій частині рис. 2.7. Представлена там чотирирівнева структура має істотні недоліки крім керованості: проблеми на одному з технологічних рівнів можуть обмежити масштабованість всієї мережі. Для накладених мереж також характерно неефективне дублювання функцій, наприклад, захисних механізмів в SDH і технологіях оптичного мультиплексування. Такі самі проблеми приносить і Carrier Ethernet Transport (Ethernet операторського класу). Тому так актуальне принцип тунелювання, що розглядається в даній роботі, як важливий інструмент керування транспортною мережею.

Оскільки технології PTN мають більше схожості, ніж відмінностей, ми розглянемо тільки одну з них - транспортну MPLS, T-MPLS (додатку Ж). Вище вже зазначалося, що MPLS - перевірений часом, масштабований, протокол-незалежний механізм передачі даних, на базі якого реалізуються популярні послуги, наприклад, L3 / L2 VPN. Причиною появи T-MPLS було прагнення адаптувати MPLS для роботи на рівні існуючих операторських магістральних мереж.

T-MPLS - орієнтована на довготривалі з'єднання пакетна транспортна технологія, заснована на MPLS. T-MPLS надає керовані з'єднання «точка - точка» різним клієнтських мереж (наприклад, на основі Ethernet).

Щоб відповідати стандартам традиційних транспортних мереж, необхідно підтримувати відповідну надійність, засоби відновлення і забезпечення якості обслуговування. В T-MPLS це вирішено завдяки

- введення нових для MPLS засобів експлуатації, керування та підтримки OAM (Operations, Administration and Maintenance). Через спеціальні OAM-додатки виконується мережевий моніторинг, що включає контроль можливості з'єднання вузлів, виявлення і локалізацію несправностей, діагностику мережевих проблем, визначення відповідності параметрів підключення рівню SLA;

- забезпечення живучості мережі через функції захисного перемикавання: лінійного (1 + 1, 1: 1, 1: N) і кільцевого.

Одним з головних чинників, що утримують операторів від модернізації опорних мереж до IP / MPLS, - це їх складність в налаштуванні і керуванні і, як наслідок, дороге обладнання. Адже така мережа вимагає певної попередньої настройки, а потім сама «приймає рішення» по встановлюються маршрутами і т. П. Тому в T-MPLS були відкинуті «Непотрібні» функції з точки зору магістральних мереж в силу їх орієнтованості на попереднє встановлення довгострокових статичних з'єднань і централізованого ручного керування. Функціонал, пов'язаний з IP, був майже повністю виключений, а саме: протоколи маршрутизації (OSPF, IS-IS) і протоколи розподілу міток (LDP, RSVP-TE, BGP). В результаті динамічна маршрутизація і сигнальний обмін між вузлами були замінені експлуатаційним керуванням з одного центру, як це має місце в SDH-мережах.

В результаті вийшла проста, добре знайома операторам архітектура, але орієнтована на передачу пакетного трафіку.

У транспортній MPLS фактично відсутня власна площину керування (Control plane). Подібно до того, як це зроблено в SDH- і OTN- мережах, функції керування покладаються на площину експлуатаційного керування (management plane). Тобто control plane може використовуватися лише як інструмент, а вся логіка керування знаходиться в області експлуатаційних процесів, за які в сучасних мережах відповідають системи OSS. Складається цікава ситуація, коли експлуатаційні процеси і процеси керування обладнанням зливаються, а можливості по управлінню мережею визначаються функціональністю додатків OSS.

В рамках стандартизації керування T-MPLS визначено використання систем керування мережами GMPLS / ASON в якості моделі керування установленому мережевими з'єднаннями і ресурсами на всіх технологічних рівнях мережі.

T-MPLS - новий спосіб побудови опорних мереж, в яких послуги передачі даних виступають в ролі клієнта по відношенню до пакетного транспорту, причому T-MPLS інваріантна до технології клієнта. При реалізації Ethernet операторського класу буде відбуватися інкапсуляція Ethernet-трафіку в пакети T-MPLS, якщо ж надаються традиційні послуги цифрової телефонії, створюються псевдолінії PWE3, куди і поміщається TDM-трафік. Всі відомі послуги та технології другого рівня (Ethernet-сервіси, TDM, ATM, frame-relay, VPN) будуть передаватися через загальну транспортну пакетну інфраструктуру і управлятися єдиним програмними засобами. До речі, слід зауважити, що одна з перших в світі мереж T-MPLS була побудована в Росії в ВАТ “ВимпелКом”

На завершення цієї розділу слід підкреслити важливість цих залежностей для проблематики керування мережами SDN / NFV, яким були присвячені розділ 1.5 попередньої розділу, а також початок розділу 2.1.

2.6 Висновки до розділу 2

1. Проаналізовано тенденції керування транспортними мережами наступного покоління, обґрунтована актуальність додаткових коштів керування для трафіку реального часу, критичного до затримок, сформульовані вимоги забезпечення якості обслуговування для механізмів і технологій IP / MPLS.

2. Показано, що проектування транспортних мереж NGN із застосуванням технологій пакетної передачі мультимедійної інформації реального часу с допомогою механізму тунелювання MPLS вимагає аналітичного дослідження математичних моделей розрахунку ймовірнісно-часових характеристик (ВВХ) якості обслуговування трафіку реального часу в таких мережах.

3. Розроблено математичну модель механізму тунелювання в мережі многопротокольної комутації по мітках. Досліджено ефекти фрагментації і зчеплення в пачки пакетів, переданих в тунелі мережі MPLS.

4. Доведено, що пакет, що належить пачці номер k на виході довільного вузла n , $n > 2$, має час обслуговування, яке менше або дорівнює часу обслуговування першого пакету цієї пачки, а також, що будь-яка пачка на виході вузла $n = 2$ і всіх наступних вузлів зберігається, тобто всі пакети в ній залишаються жорстко прив'язаними один до одного.

5. Знайдено необхідна і достатня умова зчеплення в вузлі n пачок з номерами k і $k + 1$, що вийшли окремо з вузла $n-1$. Це покидання першого пакету пачки $k + 1$ вузла $n-1$ до того, як пачка k закінчить обслуговуватися

вузлом n протягом інтервалу, що не перевищує часу обслуговування першого пакету попередньої пачки $t_{n-1}^k(1)$.

6. Проаналізовано довжина пачки k в другому вузлі ($n = 2$), для якої не вдається знайти точну формулу, але доведено, що вона знаходиться в діапазоні від 1 до $1 + 2 \frac{p}{1-p}$.

7. Отримано апроксимаційна формула для середньої довжини пачки k в довільному вузлі n , виражена в числі пакетів K_n ,

8. Обчислена функція розподілу загального часу перебування пакета в тунелі з N вузлів.

9. Визначено середній час перебування пакета в довільному вузлі $n \geq 2$.

10. Определіть Середній сумарний час $V(N)$ перебування пакета в тунелі мережі MPLS з N вузлів.

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

3 МУЛЬТИАГЕНТНИЙ МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ ТА САМООРГАНІЗАЦІЇ В NGN і ПОСТ-NGN

3.1 Керування обслуговуванням викликів / сесій

Розглянуті в розділі 1 радикальні зміни в архітектурі і технологіях сучасних телекомунікаційних мереж дозволяють поряд зі згаданим там Мегатренд - мобільністю, мультисервісних, конвергенцією мереж і послуг зв'язку - виділити ще два нових важливих фактора в контексті даного розділу МКР:

- розподілене керування обслуговуванням викликів / сесій в мережевих елементах NGN / IMS;

- посилення локального інтелекту цих мережевих елементів NGN / IMS

І якщо проблеми маршрутизації і забезпечення якості обслуговування мультимедійного IP-трафіку на рівні транспортної площини в попередньому розділі 2 МКР вдалося вирішити шляхом дослідження ймовірно-часових характеристик традиційними методами теорії телетрафіка, то площину комутації та керування обслуговуванням викликів / сесій вимагає вже залучення механізмів самоорганізації і мультиагентних моделей для керування цією площиною.

Причому це не данина моді і аж ніяк не примха дослідника в даній роботі. Справа в тому, що вже на другому рівні на рис. 0.2 телекомунікаційна індустрія вже починає стикатися, а в самий найближчий час ще більш серйозно зіткнеться з завданнями, складність яких значно перевершує можливості існуючих сьогодні систем OSS / BSS. Цьому питанню присвячений матеріал розділу 1.1 і додатку Б даної роботи, що стосуються складності структури сучасних інфокомунікацій як об'єкта керування, мобільності компонент, великомасштабна, непередбачуваною динаміки і т.п.

У додатку 3 представлені два підходи до керування інфокомунікацій, які ми з відомою мірою умовності можемо визначити як централізоване фіксований планування і децентралізована динамічна самоорганізація. Обидва ці підходи в тій чи іншій пропорції завжди були присутні в керування мережами зв'язку та комп'ютерними мережами. Баланс між цими двома підходами, за новим досягається кожен раз на черговому етапі розвитку інфокомунікацій, показаний на додатку 3.

Сучасний етап синергії цих двох підходів до керування інфокомунікацій відображені як в документах 3GPP, присвячених самоорганізуючимся мереж SON (Self-Organized Network), так в документах TMForum. Самоорганізуються мережі SON (Self-Organization Network) - стає

сьогодні вже де факто стандартизованим підходом в зв'язку з його включенням в стандарти 3GPP починаючи з релізів 9 і 10 [29].

У МКР ці напрацювання 3GPP, розроблені для мереж мобільного зв'язку 4 покоління LTE-A / SAЕ, пов'язуються з Рекомендацією ІТУ-Т Y.2401 «Архітектура керування NGN», згідно з якою архітектура керування адаптується до архітектури NGN з урахуванням закладеного в цю архітектуру принципу декомпозиції шлюзів та інших особливостей конвергентних мереж зв'язку NGN.

Розвиток архітектури Framework якраз включає в себе опис нових вимог до керування та експлуатаційної підтримки, обумовлених зсувом парадигми бізнесу інфокомунікаційних Операторів. Експоненціально зростаюче число застосовуваних у сучасній телекомунікаційній мережі інформаційно-комунікаційних технологій, а також ускладнення логічних інтерфейсів між NGOSS і функціональними підсистемами системи бізнес-підтримки BSS, підсистемами системи керування життєвим циклом сервісів і ресурсів, підсистемами виробництва послуг на мережі, визначення основних бізнес сутностей в інформаційній моделі NGOSS на підставі SID (Shared Information / Data - общей моделі інформації / даних) і динаміки їх змін, ускладнюючися взаємозв'язок цих бізнес-сутностей з функціональними областями Framework - все це і обумовлює залучення моделей і методів самоорганізації і мультиагентних систем когнітивного керування до керування інфокомунікацій. Тренд подальшого розвитку цієї ситуації, яким він вважає автор, представлений на рис.3.1.

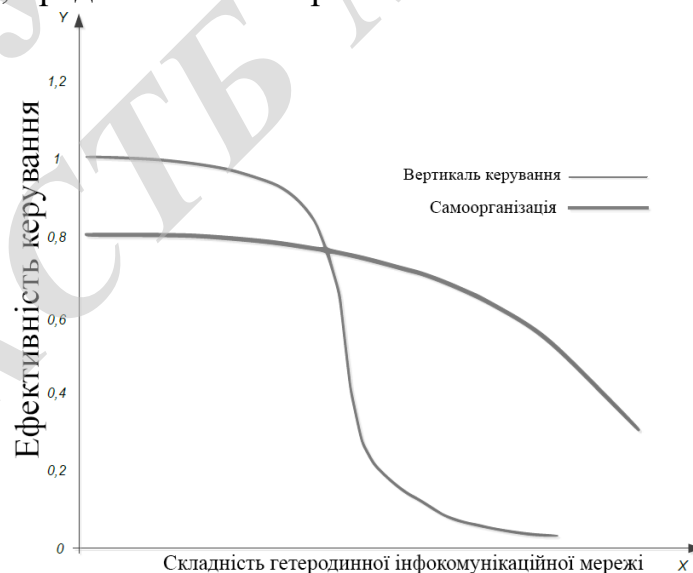


Рисунок 3.1 - Два підходу до керування сучасними інфокомунікацій

Щодо першого традиційного підходу (права сторона на рис. 3.1 і переривчаста лінія на рис. 3.1) відзначимо, що його витoki закладені ще в моделі OSI, де керовані об'єкти ідентифіковані в абстрактних виразах як МО (managed objects). Рекомендації щодо визначення керованих об'єктів GDMO (Guidelines for Definition of Managed Objects) розширюють мову абстрактних нотацій ASN.1 з рекомендацією ITU-T Z.105 якраз для того, щоб забезпечити метод для визначення керованих об'єктів. Підкреслимо, що керуючі і керовані об'єкти, названі менеджерами і агентами, відповідно, розглядаються як однорангові. Далі, при розробці стандартів Internet Network Management Standards в Робочій групі IETF отримав розвиток протокол Simple Network Management Protocol (SMNP), який через ряд проміжних розвинувся до версії 3 і визначив архітектуру для об'єктів менеджера і агента, протокол зв'язку, а також добре розроблену базу Management Information Base (MIB) з визначеннями для більшості типів елементів, що знаходяться в мережах IP.

Втім, в той час як IETF розробляла спрощену технологію керування мережами IP, телекомунікаційні компанії вже були змушені керувати великими, складними мережами мають особливі вимоги готовності з п'ятьма дев'ятками і можливістю об'єднання Операторів для представлення нових інфокомунікаційних послуг. Тому ITU-T розробила теж уже став традиційним підхід до процедур керування телекомунікаціями, який відповідав специфічним вимогам мереж зв'язку і представляв собою комплект стандартів Telecommunications Management Network (TMN), показаний на рис. 3.2.

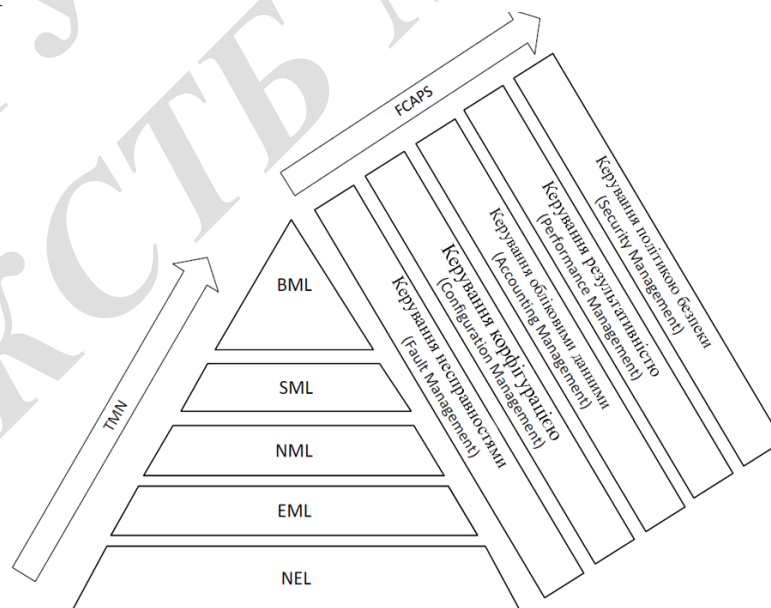


Рисунок 3.2 - Базові принципи TMN

Основна ідея TMN на рис. 3.2 зображена як піраміда з наступними п'ятьма логічними рівнями: Network Element Layer (NEL, рівень мережевого елемента) - містить частину агента менеджера мережевих елементів; Element Management Layer (EML, рівень керування елементами) - містить об'єкт керування для одиничного керованого елемента; Network Management Layer (NML, рівень керування мережею) - пов'язаний з керуванням усією мережею, яка складається з ряду елементів; Service Management Layer (SML, рівень керування службами) - складається з інтерфейсу замовника, керування обліковими записами, забезпечення обслуговування та обробки скарг, причому ніяке керування фізичними об'єктами не має місця; Business Management Layer (BML, рівень керування економічною діяльністю) - завдання планування, угод між операторами, установки, реалізації та відстеження.

Другим організаційним принципом, який також показаний на рис. 3.1, є функціональні області керування TMN, укладені в акронімам FCAPS:

- Fault management (керування несправностями) пов'язано з виявленням, виділенням і виправленням аномальних станів в мережах і елементах, охоплюючи такі операції, як: спостереження за аварійними сигналами; виявлення несправностей, виділення і керування, реєстрація; виправлення аномального поведінки; виявлення проблем, діагностика, відстеження та облік порушень.

- Configuration management (керування конфігурацією) забезпечує дані для мережевих елементів і керування ними, встановлюючи заданий режим. Функції включають: керування поданням; керування топологією; керування програмним забезпеченням; керування запасами; забезпечення і стан і керування.

- Accounting management (керування обліком) організовує вимір використання мережевих ресурсів, визначення вартості, збір даних, а також білінг.

- Performance management (керування продуктивністю) оцінює і ефективність мережі, обладнання або елементів мережі. Поведінка функцій включає: збір даних і аналіз даних; повідомлення про проблеми, їх показ, форматування; визначення ефективності ресурсів; керування трафіком і поточний контроль робочих характеристик.

- Security management (керування безпекою) включає: керування доступом клієнтів до обладнання та даними; виявлення, відстеження, повідомлення про порушення захисту і послуги збереження безпеки, наприклад, шифрування.

Іншими аспектами концепції TMN, що не показаними на рис. 3.1, є опорні точки і функції операційної системи (OSF), діють на тих же рівнях мережевих елементів, мережі, сервісів і бізнесу. До їх обговорення керування OSF ми повернемося в розділі 5, а тут лише підкреслимо, що Рекомендація ITU-T серії M, що стосуються TMN були прийняті в кінці ще минулого ХХ століття, та й Рекомендація X.700 теж прийнята в 1992 році. З того часу визначається акронімом FCAPS функціональність варто було б розширити керуванням SLA (Service Level Agreement), керуванням мобільністю і точністю позиціонування, керуванням енергетикою (для IoT, сенсорних мереж) і ін.

У міру все прискорює ускладнення мереж NGN та пост-NGN реалізація описуваних концепцією TMN функцій FCAPS і їх розширень все більш тяжіє до другого з представлених на додатку 3 і 3.1 підходу (ліва сторона у додатку 3 і суцільна лінія на рис. 3.2). Саме цей другий підхід переважно розвивається далі в цій та наступних розділах МКР.

3.2 Самоорганізовані мультиагентні моделі керування в мережах NGN

Пропонований підхід для дослідження моделей самоорганізації в керування інфокомунікацій пов'язаний із застосуванням мультиагентних систем. В основі цієї технології лежить поняття «агента» - програмного об'єкта, здатного сприймати ситуацію, приймати рішення і комунікувати з собі подібними (рис. 3.3). Ці можливості кардинально відрізняють мультиагентні системи (MAC) від традиційних для сучасних OSS / BSS «жорстко» організованих систем, забезпечуючи їм таке принципово важливе властивість як здатність до самоорганізації.

Основним поняттям в цьому розділі є агент, під яким в роботі розуміються віртуальні об'єкти в програмній середовищі OSS / BSS, які можуть тим чи іншим чином сприймати і оцінювати поточну ситуацію в телекомунікаційній мережі та відповідними способами впливати на цю мережу з метою змінювати її своїми діями. Кілька більш загальні визначення агента обговорюються в цілому ряді робіт вищезазначених авторів. Так, в монографії [30] поняття агента сходить до словника сучасної англійської мови Longman, де "агент - особа або організація, наділена юридичними повноваженнями представляти іншу особу або організацію і вести їх справи".

Точне визначення агента на сьогоднішній день відсутня. В основному використовується визначення: "Агент - це сутність, яка знаходиться в деякому середовищі, інтерпретує їх і виконує команди, які впливають на середу.

Агент може містити програмні і апаратні компоненти [31]. У цьому дослідженні застосовується виключно сформульоване вище "вузьке" визначення, яке відводить агенту роль проміжної ланки між суб'єктом і об'єктом керування телекомунікаційної мережею, як показано на рис. 3.4.

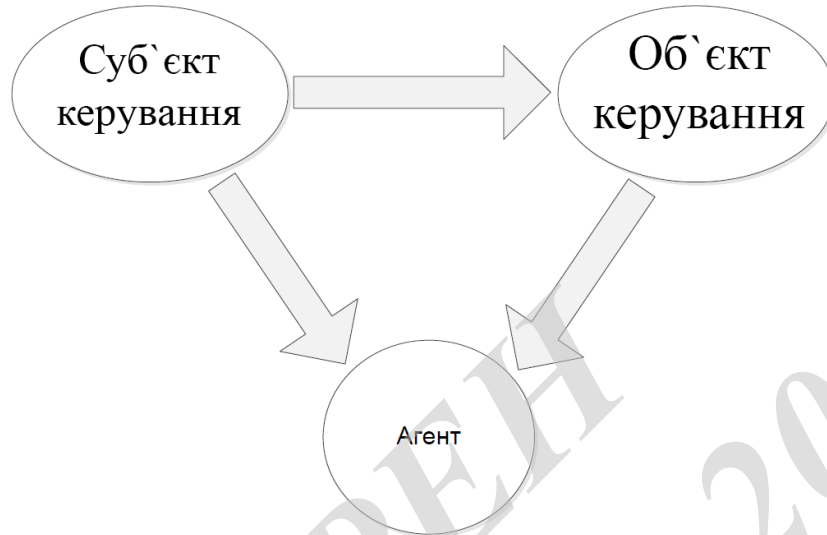


Рисунок 3.3 - Ілюстрація до визначення агента

Якщо на рис. 3.3 згідно [32] рухатися від суб'єктного полюса, то агент може розумітися як "квазісуб'єкт", здатний в певному сенсі заміщати основний суб'єкт керування, дотримуватися певних зобов'язань перед ним і діяти за його дорученням. Навпаки, від об'єктного полюса агентом вважається якийсь метаоб'єкт, здатний маніпулювати іншими об'єктами і формувати власні програми дій, спрямовані на вирішення певних завдань керування.

Доповнимо це визначення властивостями, що характеризують поняття агента і необхідними для подальшого викладу. Це автономність (агент функціонує без втручання з боку ВІ), здатність спілкування (взаємодія і комунікації з іншими агентами), реактивність (сприйняття середовища і прояв відповідної реакції на її зміни), базові знання (знання агента про себе, навколишньому середовищу, включаючи інших агентів). Спрощуючи викладене вище можна сказати, що "інтелектуальний агент = дані + методи + знання", причому методи тут - це не тільки функції роботи з даними, а й функції роботи зі знаннями і можливі методи впливу на навколишнє середовище агентом [33].

У досліджуваних в МКР моделях МАС допускаються наступні типи взаємодії: горизонтальні зв'язки - зв'язки між рівноправними агентами; вертикальні (субординаційні) зв'язку - зв'язку підпорядкування; координація -

узгоджене дію агентів, що підкоряються вищестоящому агенту-координатору. Відповідно, передбачаються наступні типи агентів: агенти-виконавці та агенти-менеджери (перші підкоряються другим); агенти-координатори, відповідальні за організацію взаємодії агентів; інтерфейсні агенти, службовці для зв'язку із зовнішнім середовищем; комутаційні агенти, що забезпечують обмін інформацією в системі.

Перш ніж перейти до дослідження конкретних моделей МАС відзначимо також, що виходячи зі ступеня розвитку внутрішнього уявлення агентів про стан телекомунікаційної мережі та способу реалізації їхньої поведінки виділяються два типи агентів - реактивні і інтелектуальні.

Реактивні агенти мають примітивну внутрішню модель зовнішнього світу. Для них характерне використання концепції стану і найпростіших механізмів поведінки типу «стимул - реакція».

Інтелектуальні агенти відрізняються від реактивних агентів наявністю у них вбудованої бази знань і розвинутого механізму планування дій, у зв'язку з чим вони часто називаються когнітивними, розмірковують, комунікативними, ресурсними. Когнітивні інтелектуальні агенти володіють добре розвиненою і поповнюється символічною моделлю телекомунікаційної мережі, що досягається завдяки наявності у них бази знань, механізмів вирішення і аналізу керуючих впливів. Близькими до когнітивним є так звані ТАК - (deliberative) або міркують агенти, які на основі символічного моделі зовнішнього середовища здатні проводити власні міркування, наприклад, використовуючи порівняння за зразками, і на їх основі приймати самостійні рішення або виконувати нікотеріе керуючі дії.

Теорія ТАК тільки починає розвиватися в даний час і ще дуже далека від інженерних рішень. Разом з тим важливо підкреслити, що у повноцінного інтелектуального агента обов'язково повинні бути присутніми в тій чи іншій мірі всі ці перераховані функції: когнітивна, яка розмірковує комунікативна і ресурсна. Детальніше до Так ми повернемося в наступному розділі, а тут спробуємо розширити традиційну ситуаційну модель поведінки мультиагентних систем потрібно динамічна ситуаційна модель, доповнена подієвим механізмом опису змін зовнішнього середовища.

Постараємося описати таку модель. Її розробка передбачає синтез ідей мультиагентних інтелектуальних систем, описаних вище. Взаємодія між агентами в такий МАС опишемо на базі математичної теорії відносин. У ній класичне n -арное ставлення визначається як підмножина декартова твори довільних n множин:

$$R \subseteq X_1 \times X_2 \dots X_n. \quad (3.1)$$

Коли ж можна вказати ступінь (градацію) прояви цього відносини, вираз (3.1) можна представити у вигляді нечіткого по Заде відносини [34]

$$\mu_R: X_1 \times X_2 \times \dots \times X_N \rightarrow [0.1]. \quad (3.2)$$

або в більш загальному контексті як:

$$R: X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n \rightarrow L. \quad (3.3)$$

де L - решітка.

Далі будемо розглядати в основному бінарні відносини на безлічі агентів A , в тому числі, звичайні:

$$R \subseteq A \times A; \quad (3.4)$$

і нечіткі відносини:

$$\mu_R: A \times A \rightarrow [0.1]. \quad (3.5)$$

Так запис aRb означає, що агент a перебуває у відношенні R з агентом b , а $\mu_R(a, b)$ розуміється як ступінь інтенсивності (сила) прояви цього відносини.

Нехай E - середнє арифметичне (діагональне) відношення, $\forall a, b \in A$

$$\mu_R(a, b) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } a = b \\ 0 \text{ в такому випадку} \end{cases}; \quad (3.6)$$

а зворотнє відношення R^{-1}

$$R^{-1}(a, b) = R(b, a), \forall a, b \in A. \quad (3.7)$$

Операція композиції нечітких відносин задається в формі:

$$R \circ R, \mu_R(a, c) = V_Y(\mu_R(a, b) \wedge \mu_R(b, c)), \forall a, b, c \in A; \quad (3.8)$$

або в загальному випадку:

$$\mu_R(a, c) = V_Y(\mu_R(a, b) \times \wedge \mu_R(b, c)) \text{ для } \forall a, b, c \in A). \quad (3.9)$$

На даному етапі дослідження сузим розгляд за рахунок виключення нечіткої логіки, а за рахунок цього запропонуємо більш формалізовану мультиагентну модель системи керування інфокомунікацій, що включає перспективні засоби ВІ (Business Intelligence), що базуються на системах обліку мережевих ресурсів NRI (Network Resources Inventory), білінгових системах наступного покоління і інших системах OSS / BSS, загальне число яких позначимо через N. Ця ж величина N визначає кількість інтелектуальних агентів {1, 2, ..., N} кожен з яких виконує відповідні заданя. Завдання надходять в мультиагентну систему в різні моменти часу і на різні вузли. У кожен момент часу t стан агента і {i = 1, ..., n} описується відповідними вероятностно-тимчасовими характеристиками (ВВХ), про які в наступних двох параграфах.

У цих параграфах, а також в двох наступних розділах автор постарається довести, що для вирішення задач керування інфокомунікацій і, зокрема, для організації пошуку і обробки даних ВІ в розподіленому ІТ-ландшафті телекомунікаційного Оператора найбільш ефективним і доцільним є використання мультиагентного підходу, в рамках якого система будується як сукупність агентів (агенти ВІ, агенти менеджера і агенти підсистем OSS / BSS). Вибір мультиагентної технології дозволяє легко поєднувати в єдиній системі як універсальні протоколи так і будь-які інші засоби роботи з конкретними типами баз даних підсистем керування інфокомунікацій.

Але перед обговоренням формалізованої математичної моделі і самим дослідженням розглянемо фізичну модель керування телекомунікаційною мережею, яка представлена на додатку І.

3.3 Формалізована мультиагентна модель обробки інформації керування в мережах NGN

Як уже згадувалося в розділі 1 і показано на додатку ІІ, базові операції ВІ (Business Intelligence) включають посилку запитів на різноманітні дані в системи технічного обліку NRI (Network Resources Inventory), білінгу, технічного обслуговування (Fulfillment), аналізу продуктивності (Performance Management), безпеки, фрод-менеджменту FM (Fraud Management), контролю якості SQM (Service Quality Management) і ін., а також збір і інтегральна обробка результатів цих запитів від N джерел, наведених на

додатку И. При цьому одержувані у відповідь на один і той же запит, але з різних систем, дані, як правило, повинні доповнювати один одного. Також можливо, що отримується з різних систем інформація буде дублюватися або відрізнятися в тій чи іншій мірі.

У міру подальшого еволюційного розвитку мереж зв'язку NGN і, створення нових сервісів, зсуву трафіку в сторону M2M, розвитку послуг, пов'язаних з позиціонуванням абонентів, різноманітності мережевих елементів і впровадження принципів самоорганізації в побудову мереж зв'язку ці проблеми в обробці інформації ВІ при керуванні надскладними мережами пост-NGN стають все більш значущими. Тому мультиагентні системи (МАС) представляються відповідною основою для вирішення зазначеної проблеми і для побудови з цією метою формалізованої моделі цих процесів, що дозволяють оцінити достовірність, продуктивність і ефективність систему керування [35].

На додаток до цієї формалізованої мультиагентній моделі в роботі пропонується і новий Мультиагентний консенсусний метод обробки інформації в ВІ, що викладається нижче.

Припустимо, що інформація для прийняття рішення D системою керування інфокомунікацій складається з N порцій:

$$D = \{D_1, D_2, \dots, D_N\}. \quad (3.10)$$

знаходяться в N входять в комплекс керування мережею системами ζ (системах технічного обліку, білінгу, технічного обслуговування, аналізу продуктивності, фрод-менеджменту, контролю якості, etc.). тобто

$$\zeta = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}. \quad (3.11)$$

При цьому має місце і цілком допускається, як було зазначено вище, деяке перекриття даних, тобто

$$D_i \cap D_j \neq \emptyset. \quad (3.12)$$

На додатку М представлена мультиагентна система з $N + 1$ агентів $M = \{M_1, M_2, \dots, M_{N+1}\}$, відповідна фізичної моделі на додатку И. Тут кожен агент реалізує свою власну стратегію Ω . Агенти мають доступ до різних систем керування і повертають інформацію у відповідь на ті чи інші запити від ВІ. На запит з індексом j агент M_i надсилає дані $D_j^{j(+)}$ з сукупності даних D_j .

Далі надіслані агентами дані об'єднуються (інтегруються) за двома параметрами: об'єднуються дані, отримані з однієї системи i , а потім дані від усіх систем $i = 1, 2, \dots$

$$\Phi^{D_L}(\Omega_{N_i}(q_i, D_L), \dots, \Omega_{N_L}(q_L, D_L)) = \bigcup_{j=1}^k \left(\bigcap_{i=1}^L D_j^{i(+)} \right) = D^+. \quad (3.13)$$

Для оцінки якості зібраної мультиагентної системи на додатку M і об'єднаної таким чином інформації D + скористаємося відомими з теорії пошуку критеріями .. По суті справи для цілей даного дослідження важливі тільки два параметри: повнота (нічого не забули з потрібного для ВІ) і точність (не надіслали нічого зайвого). Ці параметри часто позначають одним словом -релевантність (від англійського слова relevant - відповідний, що відноситься до справи). Тут релевантність - це теж відповідність відповіді запитом, але з урахуванням таких понять, як повнота і точність.

Повнотою називають відношення кількості отриманих результатів до загальної кількості існуючих в системі керування інфокомунікацій даних, релевантних даному запиту (λ зап - запиту з інтенсивністю λ).

$$P = \frac{|D^{\lambda^3} \cap D^+|}{D^{\lambda^3}}. \quad (3.14)$$

Точність - це відношення кількості релевантних результатів до загальної кількості даних, посилення на які містяться у відповіді.

$$R = \frac{|D^{\lambda^3} \cap D^+|}{D^{\lambda^3}}. \quad (3.15)$$

При оцінці ефективності пошуку інформації часто використовують і інші критерії - коефіцієнт втрат інформації та коефіцієнт пошукового шуму. У нашому дослідженні з очевидних причин вважається, що коефіцієнт втрат інформації = 0, а коефіцієнт пошукового шуму = 1. А ось точність може коливатися в діапазоні 0.1 - 1.0, та й повнота зазвичай лише наближається до значень 0.8 - 0.9.

Набагато істотніше те, що для задач даного МКР дослідження ці критерії повноти і точності необхідно застосувати в кілька ускладненому варіанті. Справа в тому, що для прийняття мультиагентною системою ефективних рішень з керування інфокомунікаційної мережею, як зазначалося вище, потрібно інтегральна обробка запитуваних даних від різних систем В / OSS.

Причому для забезпечення ефективності цих керуючих рішень потрібно не тільки точність і повнота даних від різних систем В / OSS, але і, в першу чергу, точність і повнота відповідних значень інтегральної функції ФДі. Для досягнення цього необхідна одночасна, кооперативна обробка даних, що добуваються агентами в різних системах, з відповідним «вирівнюванням» тимчасових затримок, для чого пропонується виконувати процедуру опитування джерел інформації - агентів, які представляють відповідні підсистеми експлуатаційного керування, періодично з обраним певним чином постійним періодом опитування τ згідно моделі ймовірностно-часових характеристик, представленої в наступному розділі.

3.4 Розрахунок числа джерел інформації експлуатаційного керування в мережах NGN

Запропонована аналітична модель такої мультиагентної системи дозволяє отримати оцінки, що роблять істотний вплив на архітектуру системи керування телекомунікаційною мережею в цілому. Запропонований тут же алгоритм визначення допустимого числа задіяних в тому чи іншому бізнес-процесі систем OSS / BSS при відомій інтенсивності вхідного потоку відповідей на запити інформації корисний для проектування ІТ-ландшафту компанії Оператора. Спрощена структурна схема опитування в мультиагентній системі керування показана на рис. 3.4.

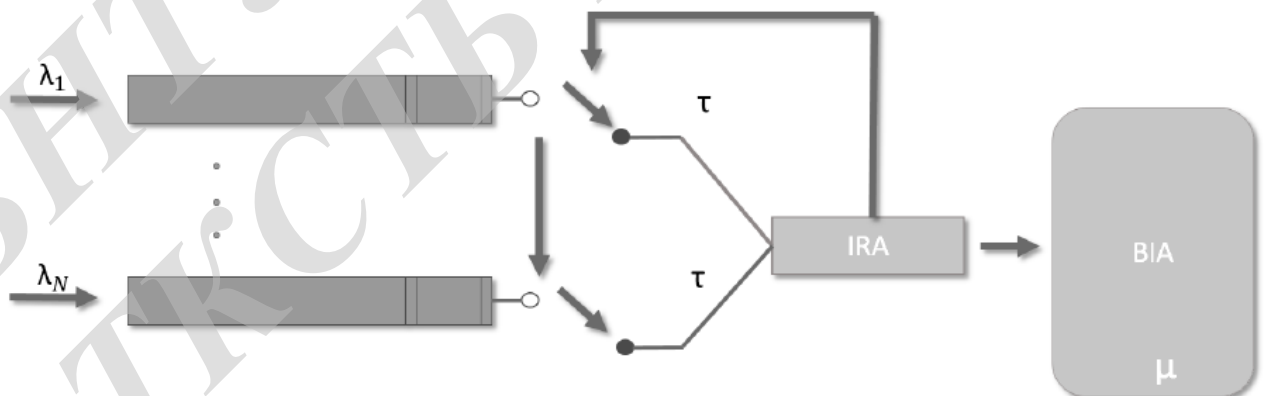


Рисунок 3.4 - Модель функціонування МАС при інтеграції інформації ВІ

Функція збору запитаної в ВІ інформації здійснюється шляхом періодичного (з періодом τ) опитування всіх агентів системи і інтегральної обробки отриманих даних. Тривалість обробки цих даних є випадковою

величиною з функцією розподілу $B(t)$ і математичним очікуванням $1/\mu$; перетворення Лапласа цієї функції позначимо через $\beta(s)$. Потік даних, що надходять в систему, створюють N агентів.

Проміжки між моментами ініціювання інформації в кожному агента мають експоненційний розподіл з математичним очікуванням $1/\lambda$, т. Е. Має місце пуассонівська навантаження другого роду [156]. Інтенсивність Λ надходження інформації в ВІ в цьому випадку залежить від поточного стану системи - від числа вже надійшли даних від агентів:

$$\Lambda = \begin{cases} \lambda(n-i), & i = 0, 1, 2, \dots, N; \\ 0, & i > N \end{cases} \quad (3.16)$$

Для даної моделі диференційно-різницевої рівняння розмноження загального типу, що описують динаміку даного імовірнісного процесу, з урахуванням (1) приймають вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_0(t)}{dt} = N\lambda P_0(t); \\ \frac{dP_k(t)}{dt} = (k-N)\lambda P_k(t) + (N-k+1)\lambda P_{k-1}(t); \\ \frac{dP_N(t)}{dt} = \lambda P_{N-1}(t) \end{array} \right\} \quad (3.17)$$

Рішенням цих рівнянь є біноміальної розподіл запитаних даних, що надійшли в інтервалі $[\tau]$, виду:

$$P_k = \binom{N}{N-k} e^{-N\lambda} (e^{\lambda\tau} - 1)^k. \quad (3.18)$$

Основною характеристикою цієї процедури є функція розподілу $\Psi(t)$ тривалості обробки даних, що надходять в інтервалі $[\tau]$, перетворення Лапласа якої має вигляд

$$\psi(S) = \sum_{k=0}^N P_k [\beta(s)]^k. \quad (3.19)$$

Вважаємо, що час виконання програм обробки цих даних має експоненціальне розподіл, тоді функція розподілу

$$\psi(S) = e^{-N\lambda\tau} \left\{ 1 + \sum_{k=1}^N \binom{N}{N-k} \times (e^{-N\lambda\tau} - 1)^k \left[1 - e^{-\mu t} \sum_{j=0}^{k-1} \frac{(\mu t)^j}{j!} \right] \right\}. \quad (3.20)$$

Використовуючи два комбінаторних співвідношення:

$$\sum_{k=1}^N \binom{N}{N-k} p^k k = Np(1+p)^{N-1}; \quad (3.21)$$

$$\sum_{k=1}^N \binom{N}{N-k} p^k k^2 = Np(1+Np)(1+p)^{N-2}. \quad (3.22)$$

і наведену вище формулу 3.19 визначаємо математичне сподівання тривалості обробки даних:

$$E[\psi(t)] = N \frac{1-e^{-\lambda\tau}}{\mu}. \quad (3.23)$$

І дисперсію цієї випадкової величини:

$$D[\psi(t)] = N \frac{1-e^{-2\lambda\tau}}{\mu^2}. \quad (3.24)$$

На рис. 3.5 представлені графіки функції розподілу $\Psi(t)$, розраховані за формулою (3.20) при постійних сумарною інтенсивності даних, що надходять $N\lambda = 2$ запит / с, $\tau = 10$ с, $\mu = 5$ запитів / с і різних значеннях числа агентів $N = 4$ (крива 1), $N = 8$ (крива 2), $N = 16$ (крива 3), $N = 32$ (крива 4), $N = 64$ (крива 5). Штрихова крива 6 побудована за формулою, опублікованій в [36] і відповідає пуассонівській навантаженні першого роду від нескінченного числа джерел з тієї ж сумарної інтенсивністю.

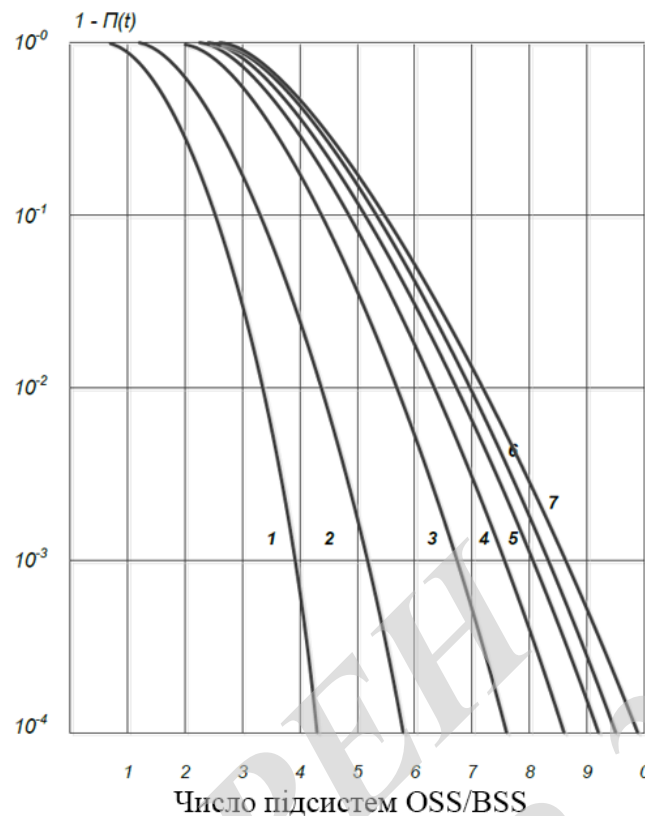


Рисунок 3.5 - Функція розподілу $\Psi(t)$

Отримані вирази дозволяють визначити допустиму кількість агентів при заданій якості прийняття рішення, що задовольняє умові $\Psi(tc) > 1 - \xi$, де значення ймовірності втрат даних ξ задаються зазвичай в межах 0.02 - 0.06.

Слід зауважити, однак, що величина tc - найбільша можлива частка інтервалу t , що надається для збору даних від агентів, - в свою чергу, залежить від числа цих агентів N . Це обговоримо в наступному розділі.

Алгоритм визначення допустимого значення N з урахуванням виведених формул має такий вигляд.

Крок 1. Присвоїти $N = 2$.

Крок 2. Обчислити $\Psi(t)$ за формулою (3.20). Перевірити виконання нерівності $1 - \Psi(t) < \xi$. Якщо нерівність виконується, перейти до кроку 3, інакше перейти до кроку 4.

Крок 3. Присвоїти $N = 2N$. Перейти до кроку 2.

Крок 4 (дихотомический пошук). Присвоїти допоміжним змінним $N_A = N_B = N / 2$.

Крок 5. Присвоїти $N_B = N_B / 2$; $N = N_A + N_B$. Обчислити $\Psi(tc)$ за формулою (3.20). Перевірити виконання нерівності $1 - \Psi(t) < \xi$. Якщо нерівність виконується, покласти $N_A = N$, в іншому випадку - $N = N_A$.

Крок 6. Перевірити умова $NB = 1$. Якщо умова не виконується, повернутися до кроку 5. При виконанні умови вважати поточне значення N обраним і завершити роботу алгоритму.

Слід зауважити, що, незважаючи на припущення про експоненційному розподілі проміжків між моментами надходження сигналів, що дає кілька песимістичну оцінку допустимого N в класі ерланговський розподілів, адекватність запропонованої моделі підтверджується рядом експериментальних даних, що обговорюються в розділі 5. А в розділі 4 ми повернемося до розглянутої в цьому розділі моделі з метою визначити оптимальне значення періоду τ . У заключному ж розділі даної розділу розглянемо розвиток сформульованого в ній мультиагентного підходу на дослідження процесів керування інфокомунікацій в реальному масштабі часу.

3.5 Функціонування мультиагентної моделі керування в дискретно реальному часі

У моделі попереднього параграфу все N агентів мультиагентної системи діяли в свого роду пакетному режимі. А саме - при вступі до випадковий момент часу запиту від ВІ (потік запитів пуассоновский з інтенсивністю λ) агент починає діяти протягом випадкового часу (експоненціально розподіленого з інтенсивністю μ), а результати цих дій періодично (з періодом τ , де τ - детермінована величина) надходять агентам ВІ для прийняття рішень і виконання певних дій з керування мережею Оператора.

Тепер розширимо цю модель. Зрозуміло, що на кожному часовому кроці $t = t_0, t_0 + \tau, t_0 + 2\tau, t_0 + 3\tau, \dots, \infty$ кожен агент з кінцевого набору можливих дій A вибирає якусь дію a_t . З метою ефективності функціонування системи керування мережею оператора необхідно, щоб агент при виборі подальших дій міг би оцінювати минуле і майбутнє системи. Під минулим мається на увазі те, що агент сприйняв і які дії зробив до моменту часу t , а під майбутнім - що він очікує і що збирається потім робити. Якщо позначимо O_t спостереження агента в момент часу t , тоді для вибору оптимального дії в момент часу t необхідно використовувати всю історію спостережень O_t і історію дій a_t , що передуює моменту часу t .

Тоді функцію $\Pi (O_1, a_1, O_2, a_2, \dots, O_t) = a_t$, яка відображає набір пар спостереження-дію до моменту часу t в оптимальне дію a_t називається стратегією агента. Якщо ж агент може ігнорувати всю історію спостережень

за винятком останнього, то в цьому випадку стратегію будемо називати реактивною (або стратегією без пам'яті) і зводиться до виду $\Pi(Ot) = at$.

Коллективна інформація, яка міститься у зовнішній інфокомунікаційній мережі (об'єкт керування) в момент часу t і яка важлива для процесу керування, називається станом мережі і позначається s_t . Безліч станів цього зовнішнього світу, тобто безліч контрольованих ситуацій в інфокомунікаційній мережі, що є об'єктом керування, позначимо через S . Відповідно, E - безліч подій, що відбуваються в ній, а A - безліч дій агента. Взаємодія агента з мережею як об'єктом керування описується рівняннями:

$$s(t + 1) = \lambda(s(t), e(t), a(t)). \quad (3.25)$$

$$a(t) = \delta(s(t)). \quad (3.26)$$

де $s \in S$ - ситуація, $e \in E$ - подія, $a \in A$ - дія і $\lambda: S \times E \times A \rightarrow S$, $\delta: S \rightarrow A$.

Процеси (3.25), (3.26) протікають в абстрактному часу $t \in \{0, 1, 2, \dots, t_F\}$ і визначаються наступними факторами:

- початковою ситуацією - $s(0)$;
- подіями - $e(0), e(1), e(2), \dots$
- діями агента - $a(0), a(1), a(2), \dots$

Мета дій агента можна висловити деяким предикатом $G(s(t))$.

Однак, цій умові можуть відповідати різні ситуації, внаслідок чого необхідно також враховувати ефективність кінцевого результату за допомогою деякого критерію $F: S \rightarrow R = (-\infty, \infty)$. Тоді дії агента можна підпорядкувати вимогу оптимальності $F(s(t_F)) \rightarrow \text{extr}$. Таку модель можна представити ситуаційною мережею - Орграф, вузли якого представляють ситуації, а дуги графа відображають зміну ситуацій і викликають її обставини (події в середовищі і дії агента). Планування дій агента засноване на аналізі можливих сценаріїв майбутнього розвитку ситуацій. Нехай горизонт планування дорівнює T кроків.

T -крокова ітерація рівняння (3.25) дає схему прогнозу ситуацій:

$$S^{\wedge}(t + T|t) = \Phi(T, s(t), v, u).$$

Тут:

$S^{\wedge}(t + T|t)$ - прогноз ситуації в момент часу $t + T$ кроків вперед,

u та v - ланцюжки можливих дій і подій на інтервалі $(t, t + T)$:

$$u = \{a(t), a(t + 1), \dots, a(t + T - 1)\}, \dots, v = \{e(t + 1), \dots, e(t + T - 1)\} \quad (3.27)$$

Де: $a(\theta) \in A$, $e(\theta) \in E$ ($t < \theta < t + T - 1$).

Планування має базуватися на аналізі сценаріїв розвитку ситуацій на інтервалі планування, що формуються варійованими процесами (3.27).

Повернемося до рефлексивним агентам з реактивної стратегією $\Omega(Ot) = at$. Припущення обозреваемость має на увазі, що $st = ot$, і таким чином стратегія агента $\Omega(st) = at$.

Іншими словами, тут стратегія рефлексивного агента є відображенням з поточних станів мережі в відповідні дії бо в багатьох ситуаціях допустимо вважати, що стан мережі в момент часу t дає повний опис історії до моменту часу t . Про такий стан об'єкта керування, яке містить всю важливу інформацію про минуле в конкретному завданні, кажуть, що воно є Марковским або має властивість Маркова.

З вище сказаного ми можемо зробити висновок, що в Марківському світі агент може безпечно використовувати стратегію без пам'яті для прийняття рішення замість теоретично оптимальної стратегії, яка може вимагати набагато більше пам'яті.

До сих пір ми розглядали, як стратегія агента може залежати від останньої події і окремих характеристик оточення. Однак, як ми обговорювали спочатку, прийняття оптимального рішення може також братися з оцінки майбутнього. На закінчення даного параграфу важливо підкреслити, що пропонувані в цьому розділі математичні методи організації експлуатаційного керування Оператора зв'язку істотно полегшують його перехід до перспективної клієнтоцентричної моделі (про що більш детально йдеться в розділі 5), так як крім усього іншого забезпечує збільшення попиту на інфокомунікаційні послуги з тієї простої причини, що клієнтоорієнтована модель - це величезна кількість інформації про кожного абонента і підключеному до мережі Оператора пристрої, причому інформації в режимі реального часу.

3.6 Самоорганізація в керування мережами 4/5G

Як уже зазначалося розділі 1 і на початку цього розділу концепція самоорганізованих мереж SON була створена некомерційною організацією 3rd Generation Partnership Project (3GPP) з метою підвищення ефективності і гнучкості керування телекомунікаційними мережами, скорочення витрат і збільшення прибутку Оператора і спочатку була орієнтована застосування в мережах мобільного зв'язку поколінь 3/4 / 5G. У рекомендаціях 3GPP

концепції SON визначено ключове місце: щодо її впровадження йдеться, що SON і пов'язані з її використанням вигоди є вкрай важливими і вкрай затребуваними з боку Операторів зв'язку. Отже, сучасна і перспективна система керування мережею повинна повністю підтримувати функціональність SON, як визначено в стандартах 3GPP [37].

Паралельно ця концепція розвивалася і розвивається в тому числі і в розробках некомерційною організацією TM Forum - лідером «де-факто» в питаннях керування та автоматизації підприємств зв'язку. Розвиваються TM Forum ідеї пов'язують розробників ПЗ, вендорів телекомунікаційного обладнання, Операторів зв'язку і справедливі стосовно до керування будь-якими мережами - як мобільного, так і фіксованого зв'язку. Вони і визначили сучасний підхід до автоматизації процесів експлуатації мереж зв'язку, що передбачає наявність в IT-ландшафті Оператора OSS- комплексу.

У частині експлуатації мереж комплекс повинен включати систему ТУ - Технічного обліку (Network Resource Inventory System, NRI), що є фундаментом для роботи фізичними та логічними ресурсами, і системи взаємодії з обладнанням з метою керування мережевими об'єктами, включаючи можливість автоматичного надання даних в систему ТУ, тестування обладнання, обстеження мережі, активації обладнання (послуг). Такий обмін даними організовується із застосуванням проміжного програмного забезпечення (ППО), або Middleware, шляхом використання стандартних інтерфейсів і протоколів MTNM, SNMP, MTOSI і ін. I / або спеціально розроблених командних кодеків.

Сьогодні, говорячи про рішення експлуатаційних задач на мобільних мережах, в першу чергу згадують системи керування мережею типу NMS (Network Management System), тобто програмно-апаратні засоби, що допомагають IT- фахівця Оператора здійснювати:

- дослідження мережі (Network device discovery) з метою виявлення нових елементів мережі;
- моніторинг мережевих пристроїв (Network device monitoring) на предмет працездатності пристроїв і відповідності SLA;
- аналіз продуктивності мережі, відстежуючи ключові показники, такі як час безвідмовної роботи обладнання, затримки і втрати пакетів і т.д.
- налаштування інтелектуальних повідомлень - настроюються сповіщень, які будуть реагувати по конкретним сценаріями мережі по електронній пошті або телефону.

Іноді кажучи про керування 3 / 4G мережами за традицією мають на увазі тільки мобільний частина мережі, як це було за часів 2 / 2,5G, коли фіксована частина мережі жила своїм життям і управлялася окремо. Однак у

сьогоднішній реальності покоління 3 / 4G, як з точки зору надання послуг, так і з точки зору експлуатаційного керування, відокремлювати завдання керування транспортними мережами та обладнанням не найкраща стратегія.

Сьогодні основними мотивами впровадження архітектури SON є природне бажання Операторів скорочувати (хоча б не збільшувати) операційні витрати за рахунок зменшення ступеня людського втручання на етапі планування, впровадження та експлуатації своїх мереж, знижувати капітальні витрати за рахунок оптимізації використання своїх мережевих ресурсів, зберігати і нарощувати прибуток, скорочуючи помилки через людський фактор.

В епоху швидкого зростання мобільного ШПД, що має місце на російському ринку в даний час, стрімко збільшується попит на послуги передачі даних, провокуючи розвиток технологій на радіоучастке мережі. Незалежні аналітики вказують на те, що обсяги експлуатаційних завдань, їх якість і швидкість їх виконання будуть в найближчому майбутньому відрізнятися від існуючих зараз. В першу чергу це стосується процесів планування і розгортання мережі оператора при її розширенні, забезпечення необхідної якості обслуговування і безперебійної роботи всієї інфраструктури мережі.

Істотну роль в досягненні в досягненні цих трьох цілей грає експлуатаційне керування OAM & P, що об'єднує керування ресурсами (Operations), адміністративне керування (Administration), технічне обслуговування (Maintenance) і введення нових ресурсів (Provisioning). Якщо ці завдання безпосередньо контролюються персоналом, навіть із засобами автоматизації, цей ручна праця вимагає великої кількості часу, значних фінансових витрат, висококласних фахівців, а при цьому людські помилки все одно можливі. Тому ідеї і принципи, закладені в концепцію самоорганізованих мереж, починають все частіше знаходити відображення і застосування в реаліях існуючих мереж операторів. Наведені вище в цьому розділі математичні моделі в практичному плані дозволяють оцінити можливості і межі функціоналу SON з точки зору взаємодії з OSS / BSS системами і місце технології в структурі систем автоматизації і відповіді на питання, наскільки описувана технологія наблизить Операторів до заповітних цілям.

Для забезпечення наскрізних бізнес процесів оператора необхідна взаємодія OSS / BSS систем з мережевими елементами і системою керування мережею. Системи MW є проміжним ПО між обладнанням (і їх системами керування) і високорівневими додатками класу OSS / BSS. Отже, системи Middleware будуть рівнем - посередником між функціями SON, тобто рівнем

мережі, і високорівневими B / OSS додатками, такими як Inventory, CRM, Billing та ін., Як це представлено на рис. 3.6.

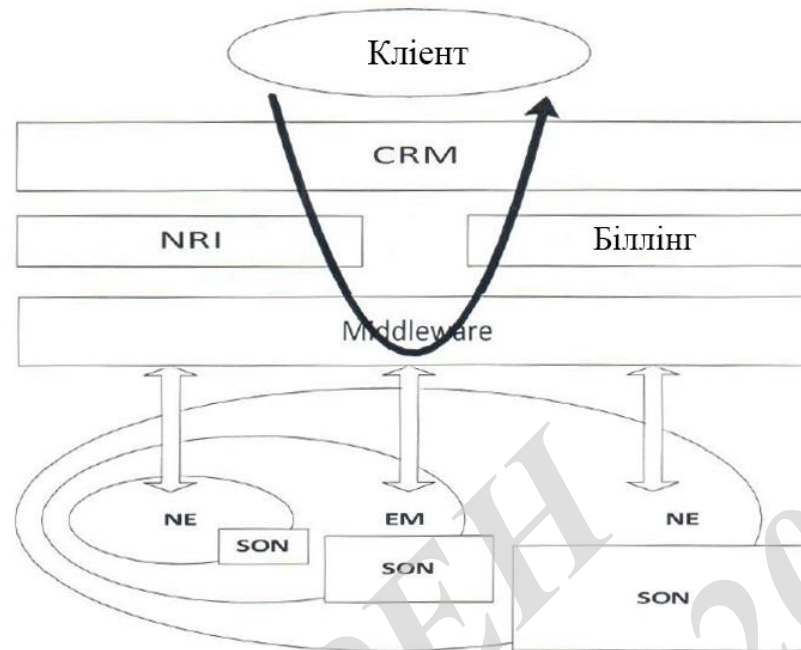


Рисунок 3.6 - Наскрізне «проходження» бізнес-процесу через системи оператора (NE - Network Element, EM - Element Manager, NM - Network Manager)

3.7 Висновки до розділу 3

1. Є два підходи до керування інфокомунікацій - централізоване фіксоване керування і децентралізована динамічна самоорганізація. Обидва ці підходи в тій чи іншій пропорції завжди були присутні в керування мережами зв'язку та комп'ютерними мережами, а баланс між ними по новому. У міру все прискорює ускладнення мереж NGN та пост-NGN керування інфокомунікацій все більш тяжіє до другого підходу.

2. Доведено, що для вирішення задач керування інфокомунікацій і, зокрема, для організації пошуку і обробки даних ВІ в розподіленому ІТ-ландшафті телекомунікаційного Оператора найбільш ефективним є використання мультиагентного підходу, в рамках якого система будується як сукупність агентів: агенти ВІ, агенти менеджера і агенти підсистем OSS / BSS. Вибір мультиагентної технології до того ж дозволяє поєднувати в єдиній системі як універсальні протоколи так і будь-які інші засоби роботи з конкретними типами баз даних підсистем керування інфокомунікацій.

3. Запропоновано Мультиагентний консенсусний метод збору і обробки інформації в ВІ, що забезпечує релевантність зібраної мультиагентної системою від різних модулів OSS / BSS інформації.

4. Отримано вирази для математичного очікування і дисперсії тривалості обробки даних в здійснюваних ВІ бізнес-процесах, а також для визначення допустимого кількості агентів при заданій якості збору інформації для прийняття рішень.

5. Розроблено алгоритм розрахунку ефективного числа задіяних в тому чи іншому бізнес-процесі числа систем OSS / BSS при заданій інтенсивності вхідного потоку відповідей на запити інформації корисний для проектування ІТ-ландшафту компанії Оператора.

6. Сформульовано стратегії агентів в дискретно реальному часі, які визначаються безліччю подій і множинами дій агентів мультиагентної системи в попередні дискретні моменти часу, причому планування дій агента ґрунтується на аналізі можливих сценаріїв майбутнього розвитку ситуацій.

7. Розглянуто інженерні аспекти SON, роль і перспективи розвитку цих ідей і методів у перспективних OSS / BSS для мереж 4G і 5G.

ВНТУ ФІЗИКА
ТКСТЬ МКР 2019

4 СИНТЕЗ СТРАТЕГІЙ КЕРУВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ НОВИХ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СЕРВІСІВ

4.1 Порівняння наявності і відсутності LSP-тунелю

Розглянемо маршрут в MPLS-мережі, який складається з N вузлів і фізичних каналів передачі даних між ними. Маршрут цей обумовлений трьома елементами: $LSR_{вх}$, $LSR_{вих}$ і класу обслуговування трафіку, що визначаються припустимим часом передачі. Технічні деталі винесемо в додаток до МКР.

Як це було в розділі 2, нехай λ як і раніше означає інтенсивність пуассонового потоку запитів, а $1/\mu$ означає середній час обслуговування пакета в вузлі. Відповідно, $\rho = \lambda/\mu$ означає навантаження, що обслуговується вузлом LSP-маршруту. Обслуговування ж цього навантаження вузлами, що входять в даний LSP-маршрут, і є основною роботою мережі MPLS, що генерує певний дохід або приносить деякі збитки (в залежності від знака $C_2 - C_1$) в одиницю часу.

Є об'єктом аналізу маршрут LSP , який використовується для перенесення трафіку, є послідовністю маршрутизаторів LSR і з'єднують їх фізичних каналів передачі даних.

Збережемо позначення розділу 2:

W_j^n - час очікування пакета j в вузлі n ;

u_j^n - час обслуговування пакета j в вузлі n ;

v_j^n - час перебування пакета j в вузлі n :

$$v_j^n = W_j^n + u_j^n,$$

але будемо використовувати ці позначення з індексом 1 для випадку наявності LSP- тунелю і з індексом 2 при його відсутності (додатку Л).

У найзагальнішому вигляді проектування ефективного набору LSP-тунелів може бути описано як пошук оптимальної конфігурації ψ_{opt} , яка максимізує отримання доходів $C(x)$ в одиницю часу.

$$\Psi_{\zeta \partial t} = \frac{\max}{m} (C_2 - C_1) = \frac{\max}{m} \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^{Kn} [v_n(n, j,) - v_1(n, j)]. \quad (4.1)$$

Де накладається очевидне обмеження $C_2 - C_1 > 0$ для всіх маршрутів LSP і для всіх тунелів, а $v_1(n, j)$ обчислюється за наведеними в розділі 2 формулами для конкретних значень λ і μ для кожного вузла n . Різні чисельні

значення завантаження $\rho = \lambda/\mu$ вибирається в районі 0.8, що буде збігатися з завантаженням.

У загальному вигляді шуканий алгоритм базується на концепції вартості організації тунелю. Для кожного пакету розраховується ціна, в яку обходиться одноразова організація тунелю, і ціна, яку він змушений платити за кожну транзакцію hop-by-hop при відсутності тунелю. Якщо існуючий LSP-тунель використовується іншими пакетами, то вони пропорційно поділяють вартість організації тунелю. Але, якщо протягом розумного часу, рівного, скажімо, 10 періодам зайнятості, розрахованим в попередньому розділі, тунель не використовується, то він руйнується. При цьому можуть бути встановлені нові LSP-тунелі відповідно до критерію (4.1), тобто забезпечують збільшення прибутку у вигляді різниці $C_2 - C_1$.

Рішення сформульованої в загальному вигляді за допомогою (4.1) завдання в даній МКР зводиться до більш наочного порівнянню сумарних часів V_2 і V_1 перебування пакетів в LSP-шляху з і без організації тунелю, яке замінює відповідне порівняння C_1 і V_2 в загальному підході.

Розглянемо односпрямований тракт LSP між двома маршрутизаторами $LSR_{вих}$ і $LSR_{вх}$, в який надходить потік повідомлень тієї ж інтенсивності j , що і в LSP-тунель, який міг би бути організований між тими ж маршрутизаторами $LSR_{вх}$ і $LSR_{вих}$.

На рис.4.1 представлені обидва варіанти передачі повідомлень при наявності або при відсутності LSP-тунелю. У першому випадку час перебування пакета j в вузлі n одно v_1^n , а в другому випадку час перебування того ж пакету j в вузлі n одно v_2^n .

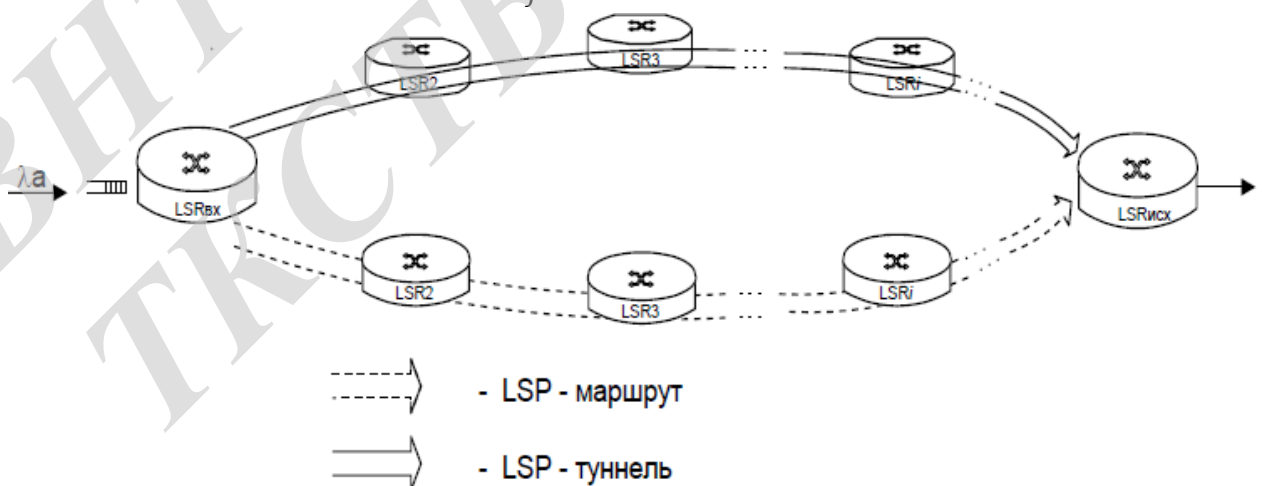


Рисунок 4.1 - Порівняльна оцінка величин v_1^n і v_2^n

Задачі визначення v_1^n і V_1 присвячена розділу 2 даної МКР, що ж стосується v_2^n , і V_2 то тут все трохи простіше, тому що для оцінки v_2^n , допустимо використовувати В-формулу Ерланга в якості оцінки, що дозволяє зробити її порівняння з v_1^n .

Для цілей даного дослідження при відсутності LSP-тунелю вузол i , передає пакети по LSP, доцільно описати за допомогою моделі М/М/1/К зі швидкістю передачі $\mu_2 = \frac{\mu}{1+\mu u}$ пакетів в секунду і максимальним числом К пакетів, яке він може зберігати в своїй буферній пам'яті. Пакети в цієї моделі є тими ж самими, що в разі організації тунелю, а обмеження на розмір буфера вибрано так, щоб умови в варіантах наявності або відсутності тунелю були б абсолютно однакові.

Більш того, відзначимо, що час обслуговування того ж самого пакета збільшується з $1/\mu$ до $1/\mu + u$ одиниць, де u - час обробки мітки MPLS в вузлі LSR, про що говорилося на початку розділу 3. Для чистоти експерименту нижче в численних розрахунках ми будемо вважати $u=0$, що має на увазі однаковий час обробки пакета в маршрутизаторі при наявності і за відсутності LSP- тунелю.

Незважаючи на достатню вивченість моделі М/М/1/К, формули для середнього числа пакетів і середнього часу перебування пакета в системі знайти в літературі не вдалося. Отримання цих формул наведено в якості завдання, що підлягає вирішенню в томі 1 монографії Л. Клейнрока [40] під номером 3.14 (стор.132). Спробуємо вивести ці формули тут. Зробимо це на базі опису системи моделі М/М/1/К в розділі 3.6 (стр.121-122) тієї ж книги.

Формула (3.43) з цього параграфа виглядає наступним чином (для наочності тут збережемо позначення цитованої роботи [41]):

$$p_k = p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k; \quad k \leq K$$

$$p_k = 0. \quad k > K$$

Тоді для $\lambda = \mu$ отримуємо $p_k = p_0$ при $k \leq K$. Звідси з урахуванням того, що $\sum_{k=0}^K p_k = 1$ маємо:

$$p_k = \frac{1}{K+1}. \quad 0 \leq k \leq K$$

Для $\lambda = \mu$

$$S = \sum_{k=1}^K k p_k = \sum_{k=1}^K k \frac{1}{K+1} = \frac{1}{K+1} \sum_{k=1}^K k = \frac{1}{K+1} \times \frac{k(k+1)}{2} = \frac{K}{2}.$$

А для $\lambda \neq \mu$

$$S = \sum_{k=1}^K k p_k = \sum_{k=1}^K k p_0 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k = p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right) \frac{d}{d\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)} \left[\sum_{k=0}^K \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \right]. \quad (4.2)$$

Використовуючи всі той самий вираз (3.45) з [22] визначаємо:

$$p_0 = \frac{1 - \frac{\lambda}{\mu}}{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{K+1}}. \quad (4.3)$$

Звідки,

$$S = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right) \left[\frac{1 - (K+1)\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K + K\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{K+1}}{\left(1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{K+1}\right)\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)} \right]. \quad (4.4)$$

Для $\lambda = \mu$ і $p_k = 1/(K+1)$, $0 \leq k \leq K$ середня інтенсивність надходження пакетів λ визначається наступним виразом:

$$\bar{\lambda} = \sum_{k=0}^K \lambda_k p_k = \lambda \sum_{k=0}^{K-1} \frac{1}{k+1} (\lambda_k = 0); \quad (4.5)$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \frac{K}{k+1}. \quad (4.6)$$

За формулою Літта:

$$T = \frac{\bar{N}}{\bar{\lambda}} = \frac{K/2}{\lambda K/(k+1)} = \frac{K+1}{2\lambda}. \quad (4.7)$$

Для $\lambda \neq \mu$ з допомогою все тієї ж формули (3.14):

$$\bar{\lambda} = \sum_{k=0}^K \lambda_k p_k = \lambda \sum_{k=0}^{K-1} \lambda_k p_k \frac{1 - \frac{\lambda}{\mu}}{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{K+1}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k;$$

або

$$\bar{\lambda} = \frac{1 - \frac{\lambda}{\mu}}{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{K+1}}. \quad (4.8)$$

Ще раз використаємо теорему Літта:

$$T = \frac{\bar{N}}{\bar{\lambda}} = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right) \left[\frac{1 - (K+1)\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K + K\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{K+1}}{\left(1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{K+1}\right)\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)} \right] \left[\frac{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{K+1}}{\lambda\left(1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K\right)} \right];$$

$$T = \frac{1}{\mu} \left[\frac{1 - (K+1)\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K + K\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{K+1}}{\left(1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{K+1}\right)\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)} \right].$$

Повернувшись до наших позначень, тобто позначаючи варіант з LSP-тунелем індексом 1, а випадок безробіття LSP-тунелю індексом 2, час перебування пакета в вузлі (маршрутизаторі) n визначається як:

$$v_2(n) = \frac{1}{\mu_2} \frac{1 - (K_n + 1)p_2^{K_n} + K_n p_2^{K_n + 1}}{(1 - p_2^{K_n})(1 - p)}. \quad (4.9)$$

Звідси:

$$V_2(N) = \sum_{n=1}^N \frac{1}{\mu_2} \frac{1 - (K_n + 1)p_2^{K_n} + K_n p_2^{K_n + 1}}{(1 - p_2^{K_n})(1 - p)}. \quad (4.10)$$

Наведене вище рівняння (4.10) визначає час перебування пакета в LSP-шляху довжиною N без організації в ньому LSP-тунелю. Воно спільно з отриманими в розділі 2 (твердження 10, формула 2.31) аналітичними результатами для випадку наявності тунелю:

$$V_1(N) \cong \ln \left[(N - 2)! \left(\frac{p}{1 - p} \right)^N \right] + N(1 + \gamma). \quad (4.11)$$

Визначає принцип прийняття рішень, який може бути використаний для пошуку ефективної організації тунелів в мережі MPLS.

Для розрахунків за формулою (4.10) необхідно використовувати отриману в розділі 2 (твердження 7, формула 2.22) оцінку довжини пачки K_n в вузлі n :

$$K_{n \approx 1+n} \frac{p}{1-p}. \quad (4.12)$$

Запропонований в МКР алгоритм прийняття рішення по організації LSP-тунелю, який розглядається в наступному розділі, поряд з формулами (4.10) - (4.12), базується на наступному важливому відмінності між MPLS і традиційним тунелюванням. Ця різниця визначається моделлю топології

MPLS. Традиційні тунелі в інших мережах завжди проходять від одного кордону до іншого наскрізь через мережу. У разі MPLS тунелі можуть створюватися усередині мережі для керування трафіком лише в частині мережі. Тобто в LSP з M маршрутизаторів від вхідного LSR_1 до вихідного LSR_M можна створити LSP-тунель, наприклад, від вхідного до вихідного LSR_N , при $N < M$.

Тобто навіть створювані LSP-тунелі в MPLS можуть починатися всередині мережі, а не з призначеного для користувача додатки на кордоні мережі. Це особливо важливо для практичного застосування праналізованих в МКР методів і моделей тому, що користувачі будуть продовжувати застосовувати звичайні IP-пакети і адресацію в своїх додатках, але в разі підключення локальної мережі до глобальної, деякі з IP-пакетів користувачів можуть направлятися через тунелі MPLS в Задля їх спеціальної обробки. Деякі практичні застосування цих результатів досліджень поміщені в додатку до МКР.

4.2 Алгоритм прийняття рішення про створення LSP-тунелю

Критерій порівняння було визначено в розділі 4.1, а формула (4.1) описує цільову функцію в загальному вигляді. Для мережі MPLS, яка включає маршрут з M вузлів, що з'єднуються таким собі шляхом LSP, за яким можна створити LSP-тунель, визначається доцільність цієї дії.

Причому, як це зазначалося вище, немає обов'язкової вимоги провести тунель від одного кордону до іншого наскрізь через мережу. Є можливість створити LSP-тунель тільки в частині мережі, тобто від вхідного LSR_1 до вихідного LSR_M можна створити LSP-тунель до вихідного LSR_N , при $N < M$. Вважаємо, що ефект від організації тунелю, одержуваний на стерпний пакет, дорівнює різниці V_1 і V_2 . При цих припущеннях пропонується наступний алгоритм:

Крок 1. Покладається $N = M$.

Крок 2. Для $n = 1, 2, \dots, N$ визначаються величини K_n за формулою (2.22) з твердження 7 розділу 2:

$$K_n \approx 1 + n \frac{p}{1-p}. \quad (4.13)$$

Крок 3. Визначається час перебування пакета в LSP-шляху мережі MPLS з N вузлів (маршрутизаторів) без організації LSP-тунелю при

наявності обмеженою черзі до вузла n довжиною K_n за отриманою в попередньому розділі формулою (4.10):

$$V_2(N) = \sum_{n=1}^N \frac{1}{\mu_2} \frac{1 - (K_n + 1)p_2^{K_n} + K_n p_2^{K_n + 1}}{(1 - p_2^{K_n})(1 - p)}. \quad (4.14)$$

Крок 4. Визначається час перебування пакета в LSP-тунелі з N вузлів за формулою (2.31) з твердження 10 розділу 2:

$$V_1(N) \cong \ln \left[(N - 2)! \left(\frac{p}{1 - p} \right)^N \right] + N(1 + \gamma). \quad (4.15)$$

Крок 5. Порівнюються величини V_1 і V_2 . При позитивній різниці V_1 і V_2 організація тунелю між першим вузлом і вузлом N неможливо доцільною. Здійснюється перехід до кроку 6. В іншому випадку приймається рішення організувати тунель між першим вузлом і вузлом n , і робота алгоритму завершується.

Крок 6. При позитивній різниці V_1 і V_2 в вузлі N приймається рішення про виключення вузла N з розгляду на предмет можливого LSP- тунелю. Виконується аналіз рівності N числу 3. Якщо $N = 3$, то приймається рішення про відмову в організації LSP-тунелю де b то не було уздовж LSP- маршруту, і робота алгоритму завершується. В іншому випадку, тобто при $N=3$, присвоюється $N:=N-1$ і здійснюється повернення до кроку 2.

Даний алгоритм дозволяє вибрати ефективний LSP-тунель десь всередині фрагмента мережі MPLS з M вузлів (маршрутизаторів) або відмовитися від даних спроб. Чисельні приклади, що ілюструють застосування алгоритму наведені в наступному розділі, а тут зробимо дуже важливі коментарі.

Незалежно від знака різниці V_1 і V_2 для будь-якої послідовності вузлів від 1 до N (при $N > 2$, зрозуміло) обраний таким чином тунель за запропонованим алгоритмом навряд чи можна назвати оптимальним. Більш того, є певні розбіжності між міркуваннями про оптимальність LSP-тунелів в мережі MPLS, наведеними в вище в цьому розділі в параграфах 4.1 і 4.2, і порівняльним аналізом ймовірно-часових характеристик наявності або відсутності LSP- тунелів, проробленим в розділі 4.3.

Розглянемо ці розбіжності докладніше, а за результатами даного розгляду приймемо рішення про подальших дослідженнях цієї частини МКР.

Отже, рішення про організацію LSP-тунелю згідно із запропонованим тут алгоритму зводиться до аналізу двох (з тунелем і без тунелю) значень

середнього сукупного часу перебування пакета в вузлах від 1 до вузла N . Цей останній вузол N «підозрюється» на предмет того, що він може бути граничним виходить вузлом LSP-тунелю. Справедливість цього підозри і перевіряється порівнянням V_1 і V_2 .

Зрозуміло, порівняння V_1 і V_2 залежить і від значень μ_2 і μ_1 обробки пакетів в маршрутизаторі при наявності тунелю і без нього, з урахуванням різних дисциплін, різних реалізацій цих дисциплін в різних маршрутизаторах з різною продуктивністю. Навіть якщо вважати тільки маршрутизатори CISCO стандартом де факто, то все одно число різних варіантів буде дуже велике. Не вдаючись в технічні деталі, далі в численних прикладах в цьому розділі ми будемо вважати $\mu_1 = \mu_2 = \mu$.

Наступний фактор, також визначається варіантами реалізацій, визначається витратами ресурсів на організацію тунелю. Ці витрати точно так само залежать від інженерних аспектів мережевих маршрутизаторів, від організації системи експлуатаційного керування мережею MPLS, від обраних алгоритмів і протоколів маршрутизації типу OSPF, ISIS, RSVP, BGP і т.п.

Ще один фактор, який може змінити підказуємо наведеним алгоритмом рішення, не пов'язаний з ймовірно-тимчасовими характеристиками, а орієнтується на такі критерії як інформаційна безпека, яка будується за допомогою тунелів віртуальна приватна мережа VPN і ін.

Четвертий фактор, що визначає обчислювані в вищенаведеному алгоритмі оцінку довжини пачки K_n в вузлі n , а також і самі величини $V_1(N)$ і $V_2(N)$, стосується значення p .

Завантаження p визначалася крім уже згаданого часу обслуговування $1/\mu$ ще й інтенсивністю надходження пакетів λ , яка у всій МКР передбачалася величиною постійною. В реальності інтенсивність потоків пакетів λ змінюється в часі, причому характер цих змін залежить від типу MPLS-мережі, від структури мультимедійного трафіку, від конкретних конфігурації мережі.

Всі ці 4 фактора стосуються організаційних, технічних і, навіть, технологічних аспектів організації LSP-тунелів, поглиблення в які пов'язано з інженерними нюансами, майже не ураженими в цій МКР. У ній же обмежимо пошук ефективної стратегії організації тунелів наведеним алгоритмом, що використовує результати спільних досліджень ймовірно-часових характеристик без поглиблення в організаційні чи технологічні аспекти реалізації.

Тепер наведемо чисельний аналіз мережі MPLS з урахуванням отриманих в розділі 2 аналітичних результатів.

Проведемо аналіз для представленого на рис. 4.2 фрагмента мережі MPLS, що складається з $M = 50$ вузлів.



Рисунок 4.2 - Фрагмент мережі MPLS

Для наочності представлених в даному розділі графіків і таблиць розрахунків прийmemo ряд спрощують сприйняття положень про чисельних параметрах.

Нехай пропускна здатність кожного вузла однакова і становить μ пакетів в секунду, причому вона однакова і дорівнює 1 як при наявності тунелю, так і без організації його. Тобто вважаємо $\mu_1 = \mu_2 = \mu = 1$.

Всі буфери мають розміри До пакетів, які визначаються за формулою (3.13) при $n=N$.

Розглянемо мережу MPLS, представлену на рис. 4.2, яка включає маршрут з 50 вузлів, що з'єднуються LSP, через який можна створити LSP-тунель. Мережа містить 1225 пар LSRvx і LSRicx. Пропускна здатність кожного вузла однакова і становить $\mu=1$ пакетів в секунду. Всі буфери мають розміри До пакетів.

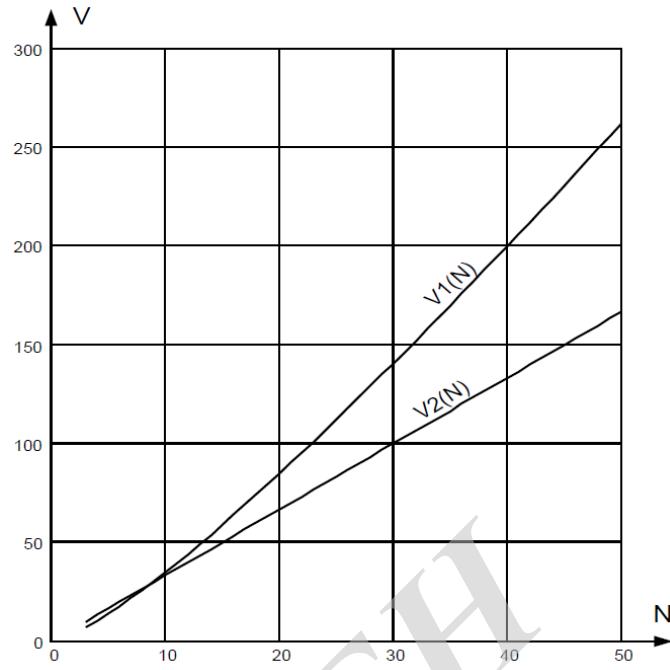


Рисунок 4.3 - Результати досліджень при $p=0.7$

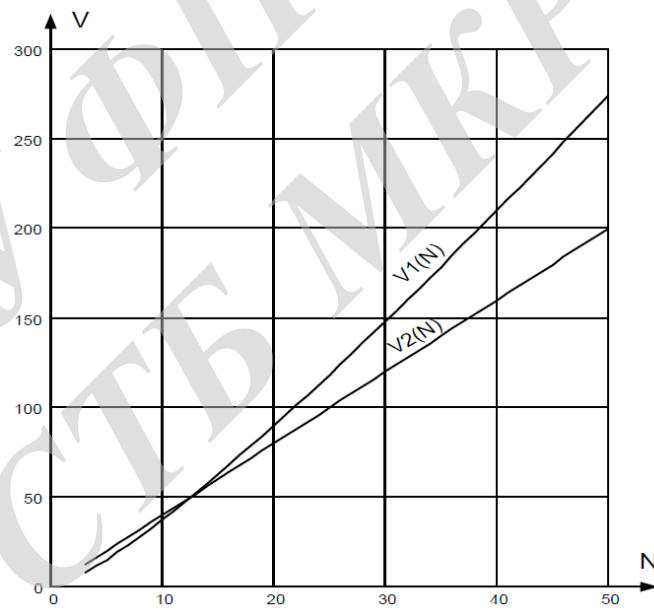


Рисунок 4.4 - Результати досліджень при $p=0.75$

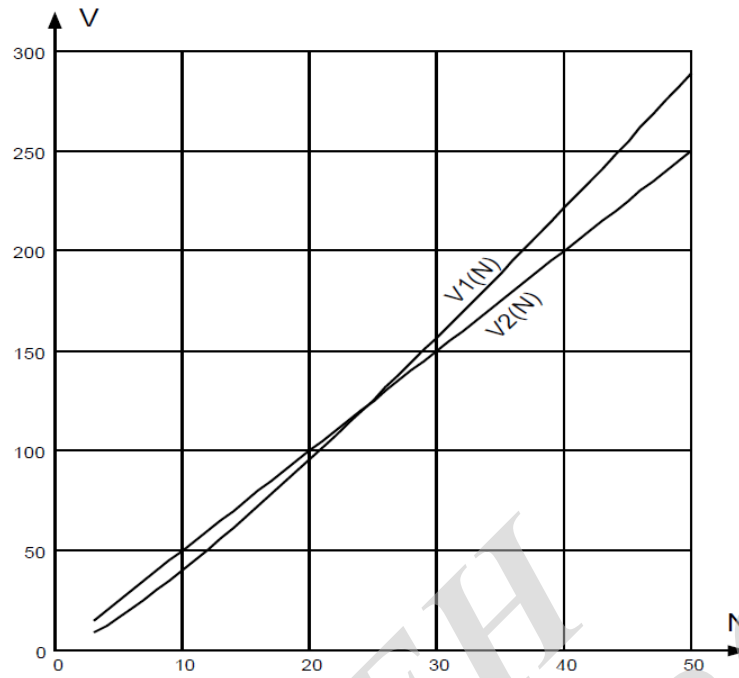


Рисунок 4.5 - Результати досліджень при $p=0.8$

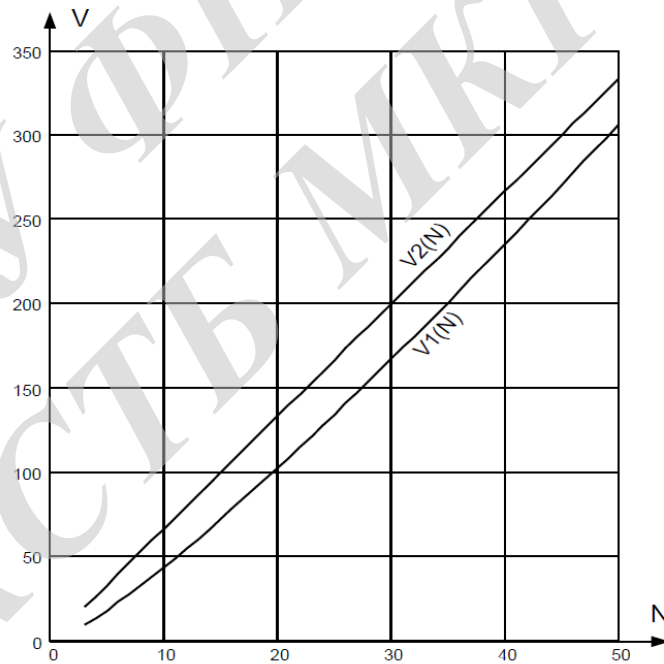


Рисунок 4.6 - Результати досліджень при $p=0.85$

Виграш у часі (дохід) від організації тунелю, одержуваний на стерпний пакет, дорівнює різниці V_1 і V_2 .

Навантаження на LSP коливається в діапазоні від $p=0.7$ до $p=0.85$.

Представлений в попередньому розділі алгоритм вимагає порядку хвилини виконання на стандартному комп'ютері системи ВІ. Результати розрахунків представлені на рис.4.3 - 4.6. На цих малюнках чітко видно, що при $p=0.7$ ефективна організація тунелю з максимальною довжиною в $N=9$, при $p=0.75$ ефективна організація тунелю при $N \leq 14$, при $p=0.8$ ефективна організація тунелю починаючи з $N \leq 25$, а при $p=0.85$ ефективна організація тунелю в усьому LSP-шляху, тобто при $N=50$.

Після того, як рішення про організацію тунелю прийнято, а сам LSP-тунель побудований, інтерес до ймовірно-часових параметрів перебування пакетів в кожному вузлі n тунелю не повинен слабшати, тому що саме ці характеристики визначають якість обслуговування викликів IP-телефонії, про що говорилося в розділі 1. Тому на рис 4.7 - 4.10 наведені графіки залежності $V_1(N)$ від n при тих же чотирьох значеннях $p=0.7$, $p=0.75$, $p=0.8$ і $p=0.85$. Ці графіки обговорювалися ще в кінці попереднього розділу.

Криві побудовані за формулою 4.11, також доведеною у твердження 10 розділу 2. Для порівняння на рис. 4.7 - 4.10 наведені також криві залежності $V_2(N)$ від n при тих же чотирьох значеннях $p=0.7$, $p=0.75$, $p=0.8$ і $p=0.85$, побудовані за формулою 4.10 для тривіальної системи М/М/1/К з обмеженою чергою довжини К.

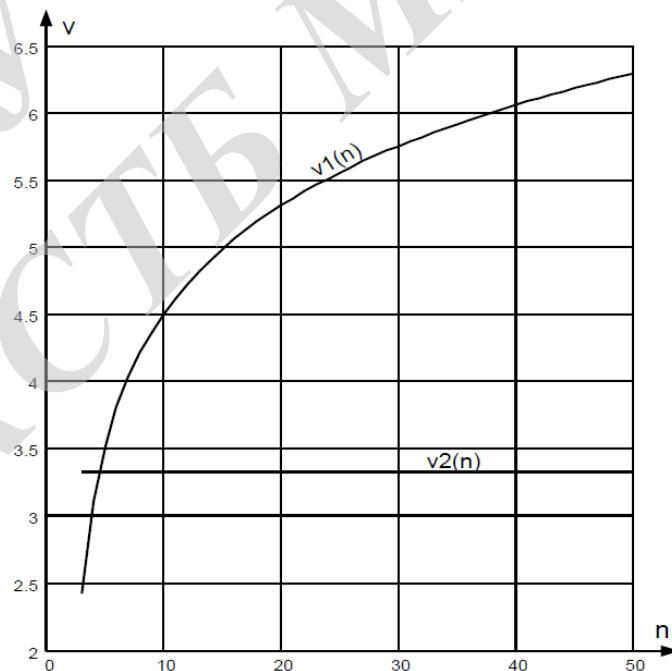


Рисунок 4.7 - Результати досліджень при $p=0.7$

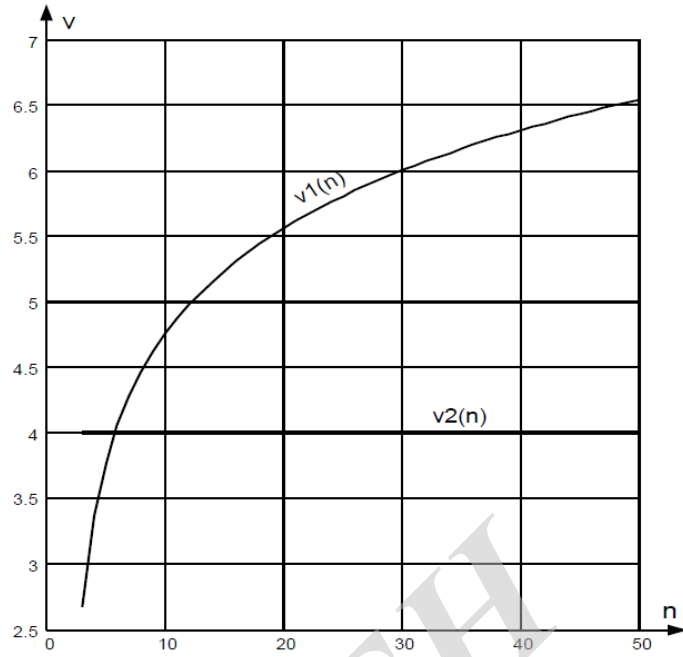


Рисунок 4.8 - Результати досліджень при $p=0.75$

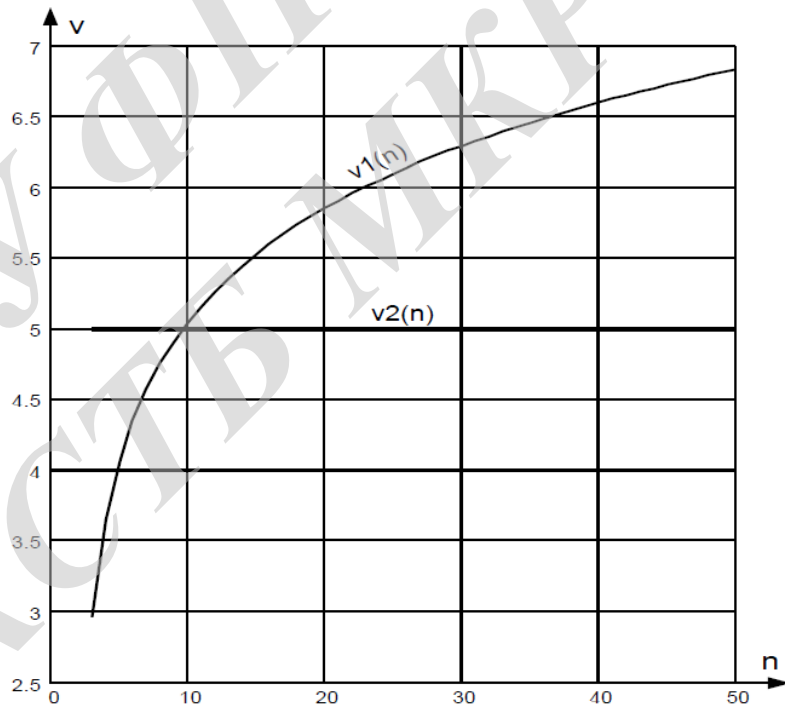


Рисунок 4.9 - Результати досліджень при $p=0.8$

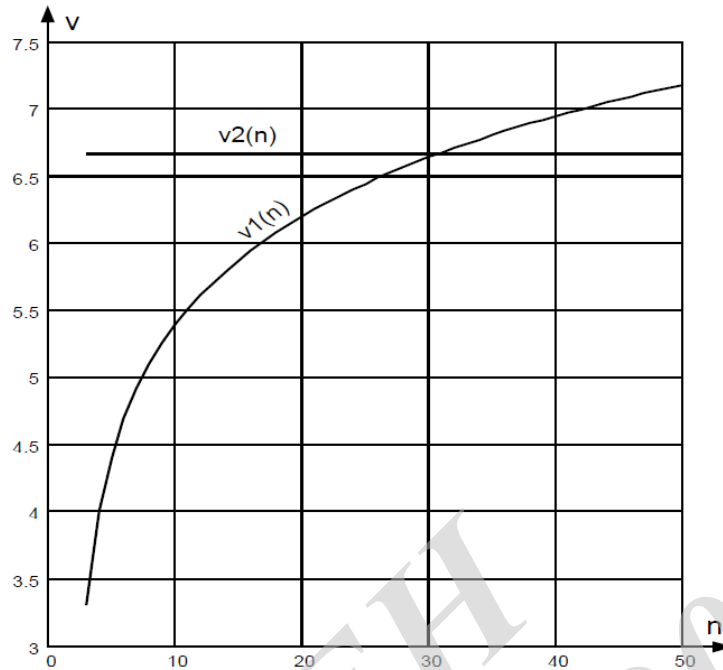


Рисунок 4.10 - Результати досліджень при $p=0.85$

Результати моделювання довжини пачки в вузлі n вже обговорювалися в попередньому розділі і зображені зірочками на наведених там графіках. Текст моделі наведено в додатку.

4.3 Пошук оптимального значення часу τ в мультиагентній системі

Методика розрахунку числа N джерел інформації експлуатаційного керування в мультиагентній системі, зображеній на додатку M , наведена в розділі 3.4 розділу 3. У цьому розділі потрібно було, що час τ строго визначено конкретними бізнес-процесами керування телекомунікаційною мережею. Однак, в реальних умовах прийняття рішень з керування мережею телекомунікаційного Оператора величина τ підлягає вибору. Зазвичай цей час вибирається з міркувань обмеження на максимальні значення величини τ , обумовленого необхідністю прийняття рішення в реальному часі. Проте, вибір максимально допустимого τ , як це буде показано нижче, аж ніяк не завжди є оптимальним рішенням.

Вибір оптимальної величини τ визначається розумним компромісом між оперативністю прийняття рішення по управлінню телекомунікаційною мережею і повнотою збору інформації для прийняття такого рішення. У чисельному вигляді покладемо в основу критерію оптимальності величини τ мінімум сумарних витрат часу на процедуру обробки інформації від

підсистем OSS/BSS в одиницю часу, усереднених на нескінченному інтервалі часу. Ці сумарні витрати можна розділити на дві частини: витрати часу C_1 на опитування підсистем OSS / BSS і тимчасові витрати C_2 від затримок в отриманні цієї інформації. Очевидно, що чим рідше опитуються підсистеми OSS / BSS, тобто чим більше період τ , тим витрати на опитування в одиницю часу менше, тобто:

$$C_1 = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{C_1(t)}{t} = \lim_{t \rightarrow \infty} T_0 \frac{\lfloor \frac{n + \Delta t}{\tau} \rfloor}{n\tau + \Delta t} = \frac{T_0}{\tau}. \quad (4.16)$$

де дужки $\lfloor \cdot \rfloor$ [означають цілу частину числа $n = 1, 2, \dots$, $0 \leq \Delta t \leq \tau$

Витрати на затримки в отриманні інформації збільшуються з ростом періоду τ і пропорційні (з деяким коефіцієнтом κ) середнього часу очікування W прийняття управлінського рішення. Тут коефіцієнт пропорційності κ має сенс штрафу за одиницю часу затримки при керування мережею.

Щоб знайти математичне очікування затримки W , доцільно використовувати результат Лангенбаха-Бельці:

$$W = W_1 + \frac{1}{2\mu} \left(\frac{\text{var}[k]}{E[k]} + E[k] - 1 \right). \quad (4.17)$$

де w_1 - математичне очікування затримки інформації, першої надійшла в попередній період τ , κ - число підсистем OSS / BSS ($\kappa = 0, 1, 2, \dots$)

Для даної моделі це вираз набуває вигляду:

$$W = \frac{\tau}{2} + T_0 + \frac{1}{2\mu} \left(\frac{\text{var}[k]}{E[k]} + E[k] - 1 \right). \quad (4.18)$$

Тут використана досить очевидна «фольклорна» теорема про те, що середній час від випадкового моменту надходження інформації до початку наступного періоду дорівнює $\tau / 2$ і не залежить від характеру потоку надходження інформації. Дженсен привела елементарне доказ того факту, що відмінність від $\tau / 2$ середній час можливо тільки для детермінованого надходження сигналів. В останньому випадку це середній час, як і значення $E[k]$, визначається без використання імовірнісних міркувань.

Якщо припустити, що потік надходження сигналів - пуассоновский (пуассоновская навантаження першого роду), то:

$$E[k] = \text{var}[k] = \lambda\tau.$$

Нарешті,

$$C_1 = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{C_1(t)}{t} = \kappa \left(\frac{\tau}{2} + T_0 + \frac{\lambda \tau}{2\mu} \right). \quad (4.19)$$

Функція $C_1(t)$ монотонно убиває з ростом τ , а функція $C_2(t)$ - монотонно зростає, і, отже, функція $C_1(t) + C_2(t)$ має єдиний мінімум, який є рішенням рівняння:

$$\frac{\kappa}{2} \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} \right) - \frac{T_0}{\tau^2} = 0. \quad (4.20)$$

Тоді оптимальне значення величини τ визначається наступним чином:

$$\tau_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2T_0}{\kappa \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} \right)}}. \quad (4.21)$$

4.4 Приклад розрахунку значення τ для Fulfillment в складі мультиагентної системи OSS телекомунікаційного Оператора

Варіант розрахунку за формулою (4.21) оптимального часового періоду τ виконаємо за таких умов: число опитуваних підсистем OSS / BSS $N = 20$, час звернення до однієї підсистемі становить 10 с, отже, $T_0 = 20 \cdot 10 = 400$ сек. Вважаємо також, що затримка в прийомі інформації від підсистем на 5 хв істотно порушує оперативність прийняття управлінських рішень.

Виходячи з цього штраф за затримку в прийомі інформації становить 0,03 с⁻¹. Сумарна інтенсивність надходження інформації про підсистем $\lambda = 7$ повідомлень в секунду, а швидкість обробки $\mu = 10$ повідомлень в секунду.

За формулою (4.21) визначається оптимальне значення величини τ :

$$\tau_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{800}{0.03 \times 1.7}} = 40 \text{ сек.}$$

Розглянемо інженерні аспекти вищенаведеного простого розрахунку, а заодно пояснимо фізичний зміст і важливість величини τ в цьому контексті. Вищенаведений приклад розрахунку орієнтований на систему Fulfillment, що включається до складу OSS телекомунікаційного Оператора.

Пояснимо роль Fulfillment в досягненні злагодженої роботи всіх підрозділів сучасного Оператора, що представляє собою непросту задачу, яка особливо складна в разі філіальної структури і розрізняються в різних

регіонах бізнес процесів. Усталені в філіях такої компанії як Ростелеком практики роботи історично склалися в зв'язці з ІТ ландшафтом і використовуваними телекомунікаційними технологіями. Якщо доповнити картину особливостями менталітету абонентів, то різноманітність підходів до ведення операційної діяльності виявляється вельми необхідним.

Найпоширенішим методом контролю і оцінки якості робіт в різних філіях на поточний момент є збір звітності про виконання замовлень клієнтів. Цей спосіб дозволяє проаналізувати ключові показники ефективності, але має низку недоліків. Найголовніше: звіт не допомагає залагодити проблеми, а лише вказує на їх наявність. Крім того, звіти надаються за минулі періоди часу, і до моменту виявлення проблем упущено час.

Ситуація також ускладнюється тим, що технічні служби Оператора в різних філіях можуть використовувати не просто різні набори систем, а й обладнання різних вендорів. Взаємодії між такими системами, як правило, вкрай складні (додатку Н). В таких умовах спроби уніфікувати в усіх регіонах терміни і якість виконання зобов'язань, даних клієнтам, приречені на невдачу.

Для вирішення проблеми ефективного контролю внутрішніх процесів в телекомунікаційній компанії необхідне рішення, що дозволяє своєчасно дізнаватися про наявність труднощів і їх причини, усувати негативні чинники, і здатне мінімізувати ймовірність помилок в процесах. Зв'язати весь парк ІТ-систем і дії співробітників компанії, координувати їх спільну роботу, відслідковувати результати і вирішити інші перераховані вище проблеми здатне рішення класу Fulfillment.

Fulfillment - це окрема група внутрішніх технічних процесів в компанії телекомунікаційного Оператора. Метою цих процесів є реалізація заявки клієнта від моменту її реєстрації аж до виконання всіх необхідних робіт та оповіщення клієнта про готовність.

Fulfillment рішення автоматизує операції, необхідні для задоволення заявок клієнтів, керує завданнями експлуатаційних служб Оператора. В OSS комплексі воно розподіляє роботу по виконанню заявки клієнта на всі системи і на співробітників компанії, а також збирає дані про результати, дозволяє комплексно контролювати виконання завдань.

Для територіально розподілених компаній системи класу Fulfillment дозволяють вирішити проблему різноманітності технічної специфіки в регіонах. Fulfillment рішення взаємодіє з системами технічного рівня, координує спільну роботу, і безпосередньо в систему CRM уніфіковано повідомляє про статус готовності. Тим самим знижується навантаження на CRM, а менеджери, які працюють з клієнтами, безперервно забезпечуються

актуальною інформацією про хід робіт по заявкам клієнтів. Fulfillment система підтримує будь-які операції, націлені на забезпечення абонентів Оператора бажаними продуктами і послугами зв'язку. За рахунок безпосередньої «безшовної» інтеграції з Каталогом Продуктів система визначає складові технологічні частини замовлення клієнта та працює з кожною з них, а також дозволяє моментально провести зв'язку між замовленими сервісами і необхідними мережевими ресурсами (наприклад, виділити необхідний обсяг номерної ємності або адресного простору).

У комплексі OSS систем саме робота Fulfillment шару робить можливим досягнення максимальної оперативності. За рахунок інтелектуального і синхронного керування діями кожної системи, яка бере участь в підключенні послуг, процеси протікають впорядковано, а Fulfillment рішення в будь-який момент часу може дати уявлення про статус будь-яких подзадач за заявкою клієнта (наприклад, визначення технічної можливості, монтажу ліній і обладнання або налаштування мережесих ресурсів). Таким чином, ґрунтуючись на даних системи Fulfillment, Оператор в будь-який момент часу зможе передбачати терміни виконання вимог абонентів. У сукупності підвищення швидкості надання послуг і стабільне виконання обіцянок створить для клієнтів Оператора високий рівень сервісу.

З точки зору автоматизації ідеальним є варіант, коли в філії телекомунікаційної компанії («Філія 1») працює повний комплекс OSS систем, як показано на рис. 4.10. В такому випадку, Fulfillment по Каталогі Продуктів визначає пов'язані послуги і запитує по ним в системі Технічного Обліку бронювання: як послуг, так і забезпечують їх мережесих ресурсів. Потім за даними Технічного Обліку, вона ж згенерує завдання по підключенню абонента для інших систем, наприклад, для активатора мережесих ресурсів. Вже наявну фізичну лінію досить активувати і налаштувати, щоб абонент зміг почати тут же користуватися послугами Оператора.

Досить часто виникає ситуація, коли до вказаної адреси потрібно підвести лінію зв'язку, налаштувати обладнання на території абонента. Якщо зберігається в системі Технічного Обліку інформація говорить про те, що готової лінії на поточний момент немає, то система Fulfillment створить завдання для експлуатаційного підрозділу Оператора зв'язку. При наявності коштів WFM (додатку Н, «Філія 2») задача буде оформлена і призначена на підходящого монтажника з урахуванням графіка роботи і найближчого незайнятого інтервалу робочого часу. В системі також можна синхронізувати створення завдання і узгодження з абонентом зручного йому часу підключення.

Для невеликих філій (додатку К, «Філія 3») часто виявляється актуальною ситуація, коли виконання підключень і будь-яких інших робіт на мережі повністю лягає на плечі технічного департаменту. Облік ресурсів і послуг в таких підрозділах теж може бути не автоматизовано, а комерційні пропозиції «спускаються зверху». Використання Fulfillment шару OSS в регіонах з низьким ступенем автоматизації, дозволить систематизувати бізнес процеси і контролювати в режимі реального часу роботу філії.

Як саме повинні спрацювати системи і співробітники Оператора, якраз і визначить Fulfillment. Саме на її основі Оператор вибудує логіку послідовності операцій в залежності від регіону, від впроваджених OSS систем і від доступних варіантів оптимізації.

Розраховане запропонованим в цьому розділі чином оптимальне значення величини τ забезпечує зменшення невизначеності в бізнес процесах, синхронізація операцій, автоматизація взаємодій технічних систем підвищать у рази швидкість обробки запитів і якість сервісу в очах клієнтів, а також мінімізують затримки і максимізує.

4.5 Висновки до розділу 4

1. Сформульовано підходи до ефективності стратегій керування інфокомунікаційної мережею.
2. Формалізовано критерій визначення ефективного набору LSP-тунелів як пошук оптимальної конфігурації, максимізує отримання доходів у одиницю часу.
3. Розроблено математичний алгоритм прийняття рішення про створення LSP-тунелю.
4. Проаналізовано чотири фактори, що визначають обчислювані в запропонованому алгоритмі оцінки довжини пачки в вузлі, а також і самі величини $V_1(N)$ і $V_2(N)$ в залежності від значення завантаження p , витратами ресурсів на організацію тунелю, інформаційної безпеки, значень μ_1 і μ_2 обробки пакетів в маршрутизаторі при наявності тунелю і без нього.
5. Розраховані залежності $V_1(N)$ від n при різних значеннях p і їх порівняння з кривими $V_2(N)$ від n при тих же значеннях p .
6. Запропоновано критерій обчислення величини τ , обумовленого необхідністю прийняття рішення в реальному часі, як мінімум сумарних витрат часу на процедуру обробки інформації від підсистем OSS / BSS в одиницю часу, усереднених на нескінченному інтервалі часу.

7. Узагальнюючи результат Лангенбаха-Бельці і доказ Дженсен отримана аналітична оцінка математичного очікування затримки інформації, першої надійшла в попередній період τ від однієї з k підсистем OSS / BSS.

8. Отримано формула для розрахунку оптимального часового періоду τ . Запропоновано приклад розрахунку часу τ для систем керування класу Fulfillment і проаналізовані відповідні інженерні аспекти.

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

5 КОГНІТИВНІ МЕТОДИ КЕРУВАННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЯМИ

5.1 Керування інфокомунікацій в умовах невизначеності

Дослідження надскладних систем, в які перетворюються сучасні інфокомунікацій з надбудованими над ними соціальними мережами, машина-машина комунікаціями M2M, інтернетом речей IoT і множестовом різноманітних нових інфокомунікаційних послуг VAS, базуються на нелінійних когнітивних методах, які в даний час претендує на роль базової парадигми в керування інфокомунікацій майбутнього. В контексті цього до чинників, зазначеним на початку розділів 2, 3, 4 слід додати ще один фактор:

- різке збільшення складності керування усім різноманіттям в повному обсязі формалізованих інфокомунікаційних послуг і технологій і яка з нього все прискорює трансформація бізнес-моделей телекомунікаційних Операторів не може обходитися без підтримки мережевими, організаційними та інформаційними засобами ВІ на основі когнітивних методів. Саме вони дозволяють переходити на рівні прийняття рішень від моделей даних і інформаційних моделей до семантичним моделям.

У роботі українських колег [41] обгрунтовано одне загальне судження про те, що модель складної системи не може бути заснована на принципах аналізу, тому що вона буде непереборно неадекватна досліджуваної системі, оскільки при поділі системи на складові компоненти губляться її певні властивості. Це судження базується на тому, що традиційному визначенні складної системи [42] передбачає велику кількість складових її елементів, а також велике число зв'язків між ними, які не можуть бути всі свідомо визначені.

Як було показано в попередніх розділах МКР, це повною мірою відноситься до сучасної інфокомунікаційної мережі як однієї з найскладніших систем, створених людством. Тому дедалі актуальнішими стають обговорюються в цьому розділі когнітивні методи, що базуються на згадуваних вище процесах самоорганізації з процедурами виділення параметрів порядку. Ці методи дозволяють володіє нескінченним числом ступенів свободи нелінійну середу описати динамічною системою з кінцевим числом змінних, а потім серед цієї множини змінних виділити ключові параметри для вирішення завдань керування інфокомунікацій.

На основі введених в розділі 1 понять нижче зроблена спроба з позиції когнітивності уявити ІТ-середовище телекомунікаційної компанії як нелінійну динамічну систему, яка володіє «Траєкторіями» руху, що відображають її поведінку в часі. Тоді, аналогічно теорії динамічних систем,

ІТ-середовище буде мати фазовим простором станів, в якому існують траєкторії розвитку інформаційних об'єктів.

Методів дослідження траєкторій в цьому фазовому просторі присвячений окремий параграф наступного розділу. Там же пояснені основні якісні відмінності між активно використовуються сьогодні традиційними технологіями забезпечення керування та системами підтримки прийняття управлінських рішень типу ERP, DSS, PLM і обговорювати в цьому розділі когнітивними технологіями керування. Хоча когнітивні технології, як правило, більш витратні і менш стійкі, ніж традиційні, але дозволяють більш вільний і більш рівноправне взаємодія агентів між собою. Це, до речі, ілюстрував додатку 3. Там же згадувалися інтелектуальні агенти в МАС, а також деяке їх розширення - ТАК.

Але перш опишемо загальні (поки поза контекстом керування інфокомунікацій) ментальні властивості інтелектуального агента ІА: відчуття (perceptions) - сприйняття обстановки; переконання (beliefs) - змінна частина знань агента про світ; мети (goals) - бажаний результат впливів на зовнішній світ; наміри (intentions) - сформувався план дій. Тобто ІА відчуває навколишній світ, однак йому недоступна повна інформація про його глобальному стані. Ситуації ідентифікуються на основі відчуттів і висловлюють переконання агента про стан світу. Цикл функціонування ІА полягає у виконанні наступної послідовності функцій: відчуття; аналіз ситуацій; планування дій; виконання плану; дія.

Розробка ментальної структури агента базується на методах і технологіях несимвольного ІІ, які повинні забезпечувати роботу зі слабо структурірованної інформацією і знаннями, а також реалізовувати процеси адаптації (самонастроювання, самонавчання і самоорганізації). Відповідна архітектура ІА представлена на додатку Л

Для цих дослідження МАС можна застосовувати методи машинного самонавчання, засновані на формалізмі і статистичному аналізі; міркування на основі прецедентів (Case-Based Reasoning); байєсовські мережі довіри; нейромережеві алгоритми; нечітку логіку; еволюційні обчислення та ін. Все ж в рамках цієї роботи ми продовжимо концентруватися на ймовірностно-часових характеристиках керування інфокомунікацій. Результати досліджень і синтез близьких до оптимальної стратегій керування транспортними мережами розглянуті в попередньому розділі.

Тут продовжимо послідовність вирішення завдань синтезу, розпочату з транспортної площини, збігається з послідовністю викладу завдань аналізу в розділах 2 і 3 та відповідну площинах на додатку Б. Результати досліджень цієї чолі найбільш значущі для верхньої площини послуг.

5.2 Зрушення парадигми інфокомунікаційного бізнесу

Зрушення парадигми в інфокомунікаційних бізнесі найбільш наочно ілюструє, наприклад, глобальний успіх сервісів iTunes, Facebook та ін. Ці проекти досягли успіху тому, що вони першими зрозуміли, як ефективно обслуговувати «довгий хвіст» сегмента індивідуальних користувачів інфокомунікаційних послуг. Саме тому вони стали лідерами настав постіндустріального світу, в той час як повільно перебудовує традиційні оператори фіксованого зв'язку індустріальної епохи намагаються наздогнати нових лідерів. Сказане ілюструє рис. 5.1, виконаний за прогнозами компанії Хуавей [43], де підкреслять факт переходу від епохи "вбивчих додатків" з послугами масового попиту (SMS, IPTV, etc.) до епохи "довгих хвостів" розподілів "з індивідуальними послугами з AppleStore, Amazon.com, різноманітними хмарними сервісами і т.п.

Тренд, заданий цим переходом, в свою чергу, обумовлений зміною парадигми операторську доходів від звичних для початку століття лавиноподібного зростання числа абонентів мобільного зв'язку і радикального зниження вартості передачі біта інформації на далекі відстані до принципово нової для телекомів стратегії індивідуально підбираються і настраюються на конкретного користувача диференційованих послуг.

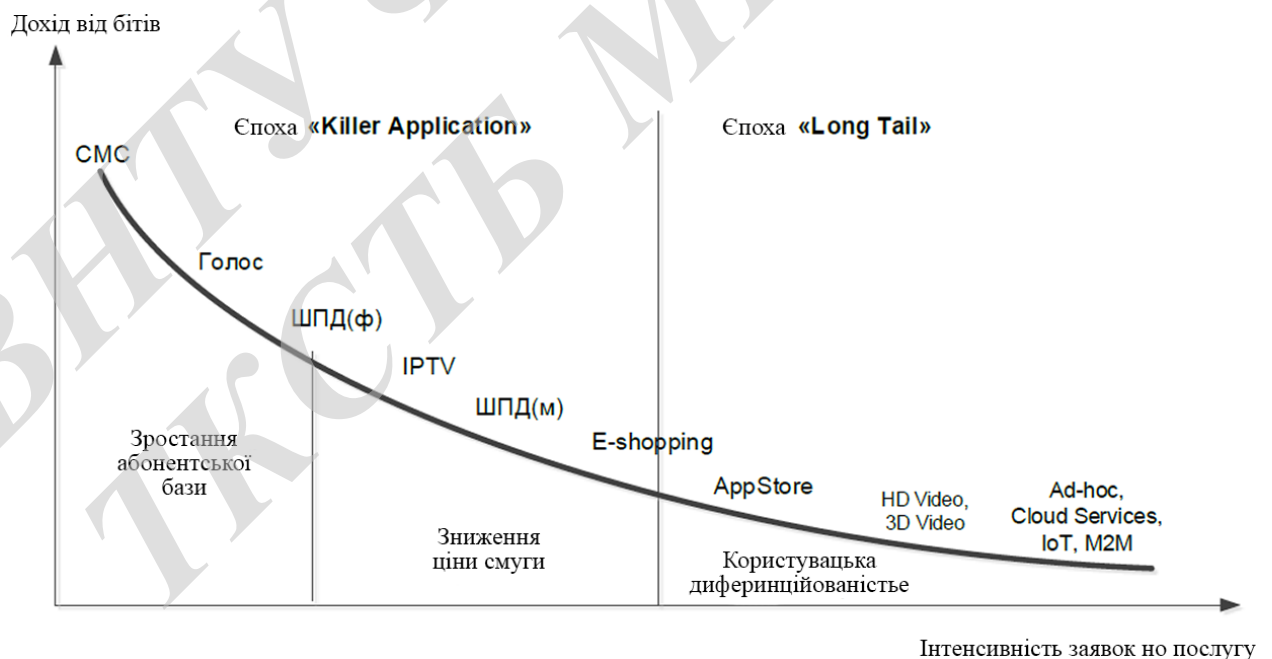


Рисунок 5.1 - До зрушення парадигми інфокомунікаційних послуг

Цим же трендом обумовлений перехід від класичних систем експлуатаційної підтримки OSS до експлуатаційних операційним системам керування нового покоління »NGOSS (Next Generation Operation Systems and Software) і концепції Framework, про що згадувалося в розділі 1.

Впровадження результатів МКР (згідно з наведеними в додатку до роботи актам) вдалося здійснити в тих телекомунікаційних операторських компаніях, які першими зрозуміли, що їх місія - не тільки транспорт бітів (як це представлено на рис.5.1), а й створення когнітивної системи керування інфокомунікацій, що забезпечує перехід на індивідуальні відносини Оператора і користувача інфокомунікаційних послуг.

5.3 Висновки до розділу 5

1. Проаналізовано зрушення парадигми в інфокомунікаційних бізнесі, перехід від епохи «убивчих додатків» з послугами масового попиту (SMS, IPTV) до епохи обслуговування «довгого хвоста розподілу» різноманітних індивідуальних користувачів інфокомунікаційних послуг з хмарних сервісів, AppleStore і ін.

2. Доведено, що в мережах пост-NGN в зв'язку з радикальним ускладненням керування різноманітним нових повному обсязі формалізованих інфокомунікаційних послуг і технологій та все прискорює трансформацією бізнес-моделей телекомунікаційних Операторів неможливо обходитися без розробки мережових, організаційних та інформаційних засобів Business Intelligence на основі когнітивних методів .

3. Обґрунтовано перехід на рівні прийняття рішень від моделей даних і інформаційних моделей до семантичним моделям, побудованим на мультиагентних системах.

4. Запропоновано мультиагентна модель керування сервісної площиною з великого числа агентів, що володіють обмеженою інтелектуальністю і представляють заявки на послуги, У-агенти, і ресурси, необхідні для цих послуг, майже необмежені, P1-агенти, і обмежені, P2 агенти, описувана з допомогою рівнянь Колмогорова-Чепмена.

5. Отримано аналітичні залежності загального числа P-агентів в системі від інтенсивностей надходження і обслуговування і ймовірності перекладу P1-агента в P2-агента при обслуговуванні У-агента при різних значеннях ймовірностей достатності ресурсу P1-і P2-агентів для обслуговування У-агента і ймовірностей збереження P1- і P2-агентів після обслуговування У-агента.

6. Показано, що при ймовірності ω_2 виведення з системи Р2-агента близькою до одиниці загальне число Р-агентів в системі майже лінійно зростає зі збільшенням ймовірності γ перекладу Р1-агента в Р2-агента при обслуговуванні У-агента, а при малу ймовірність ω_2 залежність загального числа Р-агентів в системі від ймовірності γ має яскраво виражений мінімум в області $\gamma = 0.3 - 0.6$, що дає можливість керування телекомунікаційними послугами при різних цільових функціях: мінімізації числа простоюють Р-агентів або, навпаки, максимізації їх числа при необхідності резервування ресурсів для очікуваного сплеску надходження У-агентів.

7. Відзначено, що таке керування може здійснюватися завданням величини ймовірності γ перекладу Р1-агента в Р2-агента, а оперативне керування розроблена в цьому розділі МКР і зображена на рис. 5.1 мультиагентна система виконає самостійно.

8. Показано, що NFV в симбіозі з експлуатаційним керуванням нового покоління, що базується на запропонованій вище моделі, може дати галузі нові можливості розвитку віртуальних середовищ та створення нових операторських додатків

9. Запропоновано інженерна система бізнес-аналізу, що забезпечує оптимальні, своєчасні і науково обгрунтовані бізнес-рішення з керування телекомунікаціями.

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Розрахунок витрат на проведення НДР з дослідження методу експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами

В техніко-економічному обґрунтуванні представленому в першому розділі даної магістерської кваліфікаційної роботи було приблизно обґрунтовано доцільність проведення НДР. Тому в даному розділі будуть проведені більш детальні розрахунки витрат на проведення НДР з дослідження методу експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами.

Для економічного розрахунку проведення НДР потрібно скласти кошторис витрат, який передбачає розрахунок визначених основних статей витрат.

Основна заробітна плата дослідників та розробників, яка розраховується за формулою [44]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \quad (6.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

T_p – число робочих днів в місяці, 22 дн.;

t – число днів роботи розробника (дослідника).

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Основна заробітна плата дослідників та розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
1. Керівник проекту	10050,00	456,82	44	20100,00
2. Ст. науковий співробітник	9500,00	431,82	44	19000,00
3. Інженер-конструктор телекомунікаційних систем	7550,00	343,18	25	8579,55
4. Спеціаліст з аналітично-математичних досліджень	8200,00	372,73	30	11181,82
5. Інженер-схемотехнік вищ. кат.	7550,00	343,18	25	8579,55
6. Консультант-аналітик цифрових мереж	9500,00	431,82	10	4318,18
7. Технік	5100,00	231,82	44	10200,00
Разом				81959,09

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p), що здійснюють підготовку робочих місць та пристроїв необхідних для досліджень, підготовку та формування баз даних для розрахунків тощо, розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, за формулою [44]:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \quad (6.2)$$

де t_i - норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

n - число робіт по видах та розрядах;

K_c - коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками, $K_c = 1,26$;

C_i - погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год.

C_i визначається за формулою [44]:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}} \quad (6.3)$$

де, M_m - мінімальна місячна оплата праці, грн., $M_m = 4173,00$ грн.;

K_i - тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

T_p - число робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дн.;

T_{zm} - тривалість зміни, $T_{zm} = 8$ годин.

Проведені розрахунки внесемо до таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Витрати на основну заробітну плату працівників

Найменування робіт	Трудоміст- кість, норма- годин	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
1. Встановлення допоміжного обладнання	9,50	2	1,1	26,08	312,19
2. Інсталяція програмного забезпечення	4,6	4	1,35	32,01	185,52
3. Налагодження цифрових мереж	2,1	5	1,7	40,31	106,65
4. Відлагодження інтерполяційних модулів	3,7	5	1,7	40,31	187,91
5. Формування цифрової експериментальної моделі інфокомунікаційної системи	8,00	2	1,1	26,08	262,90
6. Формування структурної схеми компонентів	2,5	3	1,35	32,01	100,83
7. Тренування системи	3,1	4	1,7	40,31	157,44
8. Підбір характеристик компонентів системи	5,5	6	2	47,42	328,62
9. Випробування системи	1,5	5	2,2	52,16	98,59
10. Регулювання остаточне системи	1,1	5	2,2	52,16	72,30
Разом					1812,96

Додаткова заробітна плата розробників, дослідників та працівників, які приймали участь в дослідженнях та розробці НДР розраховується як 11 % від основної заробітної плати розробників та працівників:

$$Z_d = Z_o \cdot 11 / 100\%. \quad (6.4)$$

$$Z_d = (81959,09 + 1812,96) \cdot 11 / 100 \% = 9214,93 \text{ (грн.)}.$$

Нарахування на заробітну плату дослідників та працівників.

Згідно діючого законодавства нарахування на заробітну плату складають 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$H_3 = (Z_o + Z_d) \cdot * 22 / 100\% . \quad (6.5)$$

$$H_3 = (81959,09 + 1812,96 + 9214,93) \cdot 22 / 100\% = 20457,13 \text{ (грн.)}$$

Витрати на матеріали на даному етапі проведення НДР пов'язані з використанням моделей елементів та моделювання роботи і досліджень за допомогою комп'ютерної техніки та створення експериментальної цифрової моделі мережі, тому дані витрати формуються на основі офісно-лабораторних матеріалів. Розроблена модель мережі в середовищі програмування Matlab. Для дослідження ліній зв'язку складених з ділянок з різними первинними параметрами, використані певні параметри, які дозволяють проводити аналіз характеристик абонентських ліній довільної конфігурації.

Витрати на матеріали, що були використані при проведенні досліджень, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [44]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i . \quad (6.7)$$

де, - H_i - витрати матеріалу i -го найменування, кг;

C_i - вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$;

n - кількість видів матеріалів,

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Витрати на основні матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Одиниця виміру	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Папір канцелярський офісний (А4)	уп.	99,50	7,0	696,50
Папір для заміток (А5)	уп.	27,20	8,0	217,60
Папір креслярський (А1)	шт.	22,00	21,0	462,00
Папір креслярський (А3)	шт.	9,20	15,0	138,00
Начиння канцелярське	шт.	142,00	8,0	1136,00
Органайзер офісний	шт.	240,00	8,0	1920,00
Картридж для плотера (НР-2106)	шт.	276,00	2,0	552,00
Картридж для принтера (НР-2002)	шт.	1340,00	2,0	2680,00
Диск оптичний (CD-R)	шт.	11,00	4,0	44,00
Диск оптичний (CD-RW)	шт.	18,00	4,0	72,00
FLASH-пам'ять (16 ГБ)	шт.	403,00	2,0	806,00
Всього				8724,10

З врахуванням транспортних витрат вартість матеріалів складе:

$$M = 8724,10 * 1,1 = 9596,51 \text{ грн.}$$

Амортизація обладнання для проведення досліджень. В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_е} \cdot \frac{t_{вик}}{12} \quad (6.8)$$

де $Ц_б$ – балансова вартість обладнання, приміщень тощо, які використовувались для розробки нового технічного рішення, грн.;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, приміщень під час розробки, місяців;

$T_е$ – строк корисного використання обладнання, приміщень тощо, років.

Проведені розрахунки необхідно звести до таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 - Величина амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
Програмно-аналітичний комплекс	22842,00	5	2	761,40
Графічно-обчислювальний комплекс обробки даних	24325,00	5	2	810,83
Програмний продукт обробки даних	5607,00	3	2	311,50
Програмний продукт моделювання мереж MatLab8.0	6012,00	3	2	334,00
Місце оператора спеціалізоване	9211,00	5	2	307,03
Офісна оргтехніка	11307,00	4	2	471,13
Дослідницька лабораторія	210509,00	20	2	1754,24
Всього				4750,13

Витрати на силову електроенергію на проведення досліджень розраховують за формулою [44]:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n \quad (6.9)$$

де, V – вартість 1 кВт-години електроенергії, $V = 2,21$ грн./кВт –година;

P – встановлена потужність обладнання, кВт.;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин. ;

K_n – коефіцієнт використання потужності.

Всі проведені розрахунки зведемо до таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Витрати на електроенергію при проведенні досліджень

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
Програмно-аналітичний комплекс	326,00	0,72	1	518,73
Графічно-обчислювальний комплекс обробки даних	328,00	0,76	1	550,91
Офісна оргтехніка	35,00	1,2	1	92,82
Місце оператора спеціалізоване	308,00	0,32	1	217,82
Всього				1380,28

Інші витрати охоплюють: загальновиробничі витрати, адміністративні витрати, витрати на відрядження, матеріали, окремі непередбачені витрати, зв'язок, витрати на інтернет-послуги тощо.

Інші витрати доцільно приймати як 200...300% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників.

Величина інших витрат складе:

$$I = (81959,09 + 1812,96) * 200 / 100 = 167544,10 \text{ (грн.)}.$$

Загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи.

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи:

$$B = 81959,09 + 1812,96 + 9214,93 + 20457,13 + 9596,51 + 4750,13 + 1380,28 + 167544,00 = 296715,13 \text{ (грн.)}.$$

6.2 Визначення коефіцієнта наукової значимості отриманих результатів НДР

Коефіцієнт наукової значимості результатів проведеної НДР K_{3H} можна підрахувати за формулою [45]:

$$K_{3H} = \frac{\sum_1^3 b_i \cdot d_i}{\sum_1^3 b_{\max} \cdot d_i} \quad (6.10)$$

де b_i - значимість отриманих результатів:

b_1 - ступінь наукової новизни, b_2 - рівень теоретичної обґрунтованості, b_3 - ступінь експериментальної перевірки результатів. Бальна оцінка отриманих результатів наведена в таблиці. Максимальне значення отриманих результатів можна прийняти в межах 7...10 балів; d_i - питома вага кожної характеристики, значення якої наведено в таблиці; 3 – кількість характеристик, за якими була зроблена оцінка результатів науково-дослідної роботи.

Таблиця 6.6 – Показники для оцінювання наукової значимості результатів виконання НДР

Характеристики	Питома вага характеристик	Бальна оцінка характеристик		
		Ступінь новизни b_1	Рівень теоретичної обґрунтованості b_2	Ступінь експериментальної перевірки результатів b_3
		1	3...5	7...10
b_1	0,500	Часткове удосконалення виробів, технологій, матеріалів, програмного продукту, тощо	Суттєве удосконалення виробів, технологій, матеріалів, програмного продукту, тощо	Нові напрямки в розробці виробів, технологій, матеріалів, програмного продукту, тощо. Створення принципово нової техніки
b_2	0,333	Позитивне рішення на основі зроблених узагальнень	Установлення залежностей, які використовувались в інших випадках	Відкриття нових шляхів рішення задачі
b_3	0,167	Експериментальна перевірка не робилась	Результати перевірялись на невеликій кількості даних	Результати перевірені на великій кількості даних

Підставляючи числові дані $d_1 = 0,5$, $d_2 = 0,333$, $d_3 = 0,167$, $b_{\max} = 10$ у вираз (6.10) оцінимо наукову значимість отриманих результатів:

$$K_{3H} = \frac{6 \cdot 0,5 + 6 \cdot 0,333 + 7 \cdot 0,167}{9 \cdot 0,5 + 10 \cdot 0,333 + 9 \cdot 0,167} = 0,67$$

6.3 Внесок магістранта-дослідника в досягнення отриманих результатів НДР

Внесок дослідника в досягнення отриманих результатів НДР з досліджень методу експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами можна розрахувати за формулою [45]:

$$V = \frac{k_{ТВИ} \cdot Z_i}{\sum_1^n k_{ТВИ} \cdot Z_i} \quad (6.11)$$

де $k_{ТВИ}$ - коефіцієнт творчої участі кожного виконавця НДР, який оцінюється наступним чином: проведення досліджень – 3 бали, робоче проектування – 1,5 бали, освоєння – 1,0 бал.

Якщо виконавець приймав участь в декількох видах робіт, то береться сума відповідних балів;

Z_i - заробітна плата кожного виконавця НДР;

n - кількість всіх виконавців НДР,

Розраховуємо внесок дослідника:

$$V = \frac{3 \cdot 9500,00}{3 \cdot 10050,00 + 3 \cdot 7550,00 + 1,5 \cdot 8200,00} = 0,43$$

що загалом складає 43%

6.4 Висновки до розділу 6

Загалом запланована науково-дослідна робота з проведення досліджень методу експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами вимагає вкладення для проведення досліджень в межах 296715,00 грн.

Отримані результати досліджень методу експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами мають високий рівень наукової значимості (в межах 0,67), що свідчить про доцільність проведення розробок та значимість науково-дослідної роботи в технічному та економічному плані.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Гігієна праці та виробнича санітарія

Виробнича безпека, що її розглядає охорона праці, має велике значення для трудової діяльності тому, що якраз вона контролює фізичний стан працівника, що не може не відобразитись на його житті, здоров'ї, а також продуктивності праці в тому числі і в галузі радіоелектроніки.

У даному розділі наводиться аналіз шкідливих, небезпечних [46] і уражаючих для людини і навколишнього довкілля факторів, що утворюються при проведенні дослідження методів експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами. Тут розглядаються, в тому числі, технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення допустимого часу перебування в зоні дії магнітної складової ЕМВ, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження, безпека у надзвичайних ситуаціях.

7.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Визначаємо для приміщення для проведення дослідження динамічної взаємодії мобільних пристроїв в пакетній телекомунікаційній мережі, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іа.

У відповідності із [47] допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні для теплого та холодного періодів року приведені в таблиці Р.1 додатку Р.

При опроміненні менше 25% поверхні тіла працівника, допустима інтенсивність теплового опромінення – 100 Вт/м^2 .

Повітря робочої зони не повинно містити шкідливих речовин з концентраціями вище гранично допустимих концентрацій (ГДК) у повітрі робочої зони та підпадає під систематичний контроль з метою запобігання можливості перевищення ГДК, значення яких для роботи з ЕОМ наведено в таблиці Р.2 додатку Р.

При використанні ЕОМ джерелом зараження повітря є також іонізація молекул речовин, що містяться у повітрі. Рівні позитивних та негативних іонів повинні відповідати [48] та наведені в таблиці Р.3 додатку Р.

Для забезпечення необхідних за нормативами показників мікроклімату і складу повітря робочої зони запропоновано: у приміщенні повинна бути розміщена система кондиціонування для теплого і опалення для холодного

періодів року; припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

7.1.2 Виробниче освітлення

З метою забезпечення раціональних гігієнічних умов на робочих місцях великі вимоги пред'являються до кількісних та якісних показників освітлення.

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, де проводиться робота з дослідження динамічної взаємодії мобільних пристроїв в пакетній телекомунікаційній мережі, відповідно до [49] визначаємо, що вони відносяться до IV розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – середній та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт *v*.

Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості при штучному освітленні приведені в таблиці Р.4 додатку Р.

Так як приміщення знаходиться в місті Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна розташовані за азимутом 180°, то за таких обставин КЕО визначатиметься за формулою [3, 4]:

$$e_N = e_n m_N [\%]. \quad (7.1)$$

де e_n – табличне значення КЕО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

За відомими значеннями одержимо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N,b} = 1,5 \cdot 0,85 = 1,28 (\%);$$

$$e_{N,c} = 0,9 \cdot 0,85 = 0,77 (\%).$$

Для встановлення нормованих значень параметрів освітлення передбачено: при недостатньому природному освітленні в світлу пору доби доповнення штучним за допомогою люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення; використання штучного освітлення в темну пору доби.

7.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що при використанні пристроїв крім усього іншого устаткування використовується обладнання, робота якого супроводжується шумом та вібрацією, необхідно передбачити шумовий та вібраційний захист.

Визначено, що приміщення, в якому відбувається робота з дослідження динамічної взаємодії мобільних пристроїв в пакетній телекомунікаційній мережі може мати робочі місця із шумом та вібрацією, що створюється рухомими елементами ЕОМ.

Для попередження травмування працівників від дії шуму він підпадає під нормування. Головним нормативом з питань виробничого шуму, діючим в Україні, є [50], згідно з яким допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в виробничих приміщеннях не повинні бути більшими ніж значення, які приведені в таблиці Р.5 додатку Р. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці Р.6 додатку Р для локальної вібрації.

Для встановлення допустимих параметрів шуму та вібрації в приміщенні передбачено: постійне змащування підшипників вентиляторів блоку живлення комп'ютера і кулерів відеоадаптера та мікропроцесора; контроль рівня шуму та вібрації не менше 1 разу на рік.

7.1.4 Виробничі випромінювання

Аналіз умов праці показав, що приміщення, в якому проводиться робота з дослідження може містити електромагнітні випромінювання. Гранично допустимі рівні електромагнітних полів наведені в таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Гранично допустимі значення електромагнітних полів на робочих місцях згідно [51]

Параметри та одиниці вимірювання	Граничні значення в діапазонах частот					
	1-10 кГц	10-60 кГц	0,06-3 МГц	3-30 МГц	30-50 МГц	50-300 МГц
$E_{Гд}$, В/м	1000	700	500	300	80	
$E_{H_{Гд}}$, $(В/м)^2 \cdot год$	120000	40000	20000	7000	800	
$H_{Гд}$, А/м	75	57	50	–	3,0	–
$E_{H_{H_{Гд}}}$, $(А/м)^2 \cdot год$	675	390	200	–	0,72	–

Для забезпечення захисту та досягнення нормативних рівнів випромінювань потрібно використовувати екранування робочого місця і скорочення часу опромінення за рахунок перерв на відпочинок.

Виконати розрахунок допустимого часу перебування в зоні дії магнітної складової електромагнітного випромінювання, якщо фактична напруженість магнітного поля $H_{\phi} = 19$ А/м.

Допустимий час перебування в зоні дії електричної складової електромагнітного випромінювання визначається за формулою:

$$T_{\text{д}} = \frac{EN_{\text{зд}}}{H_{\phi}^2} \text{ [год]}. \quad (7.2)$$

де $EN_{\text{зд}}$ – гранично допустиме енергетичне навантаження на організм протягом робочого дня, (А/м)²·год;

EH_{ϕ} – фактична напруженість магнітного поля, В/м.

Для діапазону частот 0,06...3 МГц вибираємо $EN_{\text{зд}} = 200$ (А/м)²·год.

Після підстановки відомих значень у формулу (5.2), одержимо:

$$T_{\text{д}} = \frac{200}{45^2} = 0,09877 \text{ (год)}.$$

Таким чином, час перебування працівника в зоні дії магнітної складової електромагнітного випромінювання не повинен перевищувати 0,09877 год.

7.2 Технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження

Сучасний етап розвитку техніки, автоматизації розробок та досліджень характеризується широким використанням на робочому місці ЕОМ. Велика кількість прикладних програм перетворює ЕОМ на основне знаряддя праці радіоінженера.

7.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Розташування робочих місць, забезпечених ЕОМ здійснюється в приміщеннях з одnobічним розміщенням вікон, що обов'язково повинні бути обладнані сонцезахисним засобами: жалюзями та шторами [7].

У випадку розміщення робочих місць у приміщеннях з джерелами шкідливих та небезпечних промислових чинників, вони повинні розміщатись у абсолютно ізольованих кабінетах з природним освітленням та організованою вентиляцією. Площа одного робочого місця повинна становити не менше $6,0 \text{ м}^2$, об'єм – не менше ніж 20 м^3 , а висота – не менше $3,2 \text{ м}$ [52].

Поверхня підлоги має бути рівною, не слизькою, без вибоїн, мати антистатичні властивості, зручною для вологого прибирання. Не дозволяється застосовувати для оснащення інтер'єру полімери, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

7.2.2 Електробезпека

В середині приміщення, в якому здійснюється робота з дослідження динамічної взаємодії мобільних пристроїв в пакетній телекомунікаційній мережі, особливу увагу слід надати запобіганню загрози ураження електричним струмом. Згідно [53] це приміщення належить до приміщень із підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність високої (більше 75 %) вологості. Через це безпека використання електрообладнання має гарантуватись комплексом заходів, що включають використання ізоляції струмоведучих елементів, захисного заземлення, захисних блокувань тощо [54].

7.2.3 Пожежна безпека

Згідно [55] приміщення, в якому проводиться робота з дослідження динамічної взаємодії мобільних пристроїв в пакетній телекомунікаційній мережі, відноситься до категорії пожежної небезпеки В. Це приміщення відноситься до 3-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1, Г2. До елементів покриттів не висовуються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці Р.7. В таблиці Р.8 приведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Встановлюємо, що приміщення, в якому проводиться робота з дослідження, має бути оснащено двома вогнегасниками, пожежним щитом, емністю з піском [56].

7.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Забезпечення стійкої роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі є необхідною умовою для нормальної роботи автоматизованих програмних комплексів, наприклад таких, як система комплексного захисту критичних інформаційних ресурсів підприємства. Загроза виникнення надзвичайної ситуації будь якого класу чи рівня — це реальна загроза для життя і здоров'я людей, загроза порушення нормальних умов їх життя і діяльності або ж значних матеріальних втрат. При виникненні аварій в інформаційних мережах відбувається порушення нормальної роботи зв'язку, що є не допустимим під час надзвичайних ситуацій (НС). Під час НС, кожна можливість передачі інформації є стратегічно важливим об'єктом, наприклад для додаткового оповіщення населення про НС. Такі НС як аварія на атомних станціях можуть призвести до виникнення потужного електромагнітного імпульсу, що може вивести з ладу інформаційну мережу як частково, так і в цілому. Також інформаційна мережа може стати об'єктом хакерських атак, які можуть вивести її з ладу. Саме тому важливим завданням є розробка і реалізація відповідних засобів для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій, забезпечення сталої роботи підприємств, зокрема комп'ютерної інформаційної. Тому актуальним є питання дослідження стійкості роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі в умовах дії електромагнітного імпульсу та хакерських атак.

7.3.1 Дослідження стійкості роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій (Код НС 10900)

Аварія на інформаційних мережах та системах зв'язку може виникнути внаслідок події виведення з ладу (наприклад, електричного пробую ізоляторів, короткого замикання проводів, збою визначальних програм функціонування, «зараження вірусами» та інших «пошкоджень» інформаційних сигналів і ін.) будь-якої з визначальних «інформаційно небезпечних» систем, які одночасно є складовими конкретної системи зв'язку та телекомунікації або функціонують вкупі з нею. Такі відмови, як електричний пробій ізоляторів, можуть статися внаслідок дії

електромагнітного імпульсу, що може відбутися під час НС на атомній станції. Але причинами відмови інформаційних мереж може бути не тільки раптові відмови обладнання, але і так звані хакерські атаки на інформаційні мережі.

Існує декілька причин чому відбуваються хакерські атаки, що мають на меті вивести з ладу інформаційну мережу, до яких входять як комерційні цілі так і задоволення власних амбіцій зловмисником. Якщо перший вид не є таким небезпечним, то виведення з ладу усієї корпоративної інфокомунікаційної мережі є недопустимим, оскільки інформаційна мережа є стратегічним об'єктом для вирішення низки питань під час надзвичайних ситуацій.

За минулий рік у світі зареєстровано 855 масштабних хакерських атак. Із них 42% були фінансово мотивовані, а 58% були спрямовані на виведення з ладу інформаційних мереж. І лише 3% хакерських атак від усієї кількості були добре підготовлені, а 97% ні. Ймовірність того, що незахищена інформаційна мережа вийде з ладу під час спланованої хакерської атаки від 2 до 3 годин складає майже $P_1=98\%$, але якщо використати елементарні засоби захисту корпоративної інфокомунікаційної мережі (наприклад заміна звичайних паролів на генеровані та заборона сканування портів) ймовірність знижується майже у 5 разів і вже становить 19,6%.

Основним методом зловмисників для виведення мережі із ладу є так звані Distributed Denial of Service (DDoS) атаки. За допомогою цієї атаки об'єднується велика кількість комп'ютерів і починають відправляти запити до керуючого обладнання корпоративної інфокомунікаційної мережі, яку бажають вивести із ладу. В результаті мережеве обладнання перестає справлятися з великою кількістю запитів і через велике навантаження виходить з ладу. Наслідки таких атак несуть не тільки величезні матеріальні збитки, але і ймовірність того, що інформаційна мережа не буде працювати досить довго.

Також однією із найнебезпечніших атак інформаційних мереж є IP спуфінг. Завдяки цій атаці зловмисник може видавати себе за санкціонованого користувача у середині корпоративної інфокомунікаційної мережі і отримувати доступ до керування об'єктами. Особливо небезпечні такі атаки на військові інформаційні мережі. Тому для стійкої роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі необхідно виконувати заходи підвищення стійкості роботи всіх елементів корпоративної інфокомунікаційної мережі.

7.3.2 Дослідження стійкості роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи інформаційних мереж в умовах дії електромагнітних випромінювань можна прийняти коефіцієнти безпеки $K_{БВ}$ і $K_{БГ}$. У зв'язку з тим, що окремі елементи цих систем можуть мати різні значення коефіцієнтів безпеки, то стійкість роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі в цілому визначається мінімальним значенням цих коефіцієнтів безпеки.

Вхідними даними для розрахунку є вертикальна складова напруженості електричного поля $E_B=9$ кВ/м, напруга живлення $U_{ж}=5$ В, допустимі коливання $N=5\%$, довжина вертикальної струмопровідної частини $l_B=0,018$ м і довжина горизонтальної струмопровідної частини $l_G=0,02$ м.

Стійкість роботи в умовах дії електромагнітного імпульсу характеризується коефіцієнтом безпеки, який визначається по формулі

$$K_{\sigma} = 20 \lg \frac{U_{\sigma}}{U_{\sigma(z)}} \geq 40 \text{ (дБ)}, \quad (7.3)$$

де U_{σ} - допустимі коливання напруги живлення пристрою;

$U_{\sigma(z)}$ - напруга вертикальної (горизонтальної) наводок внаслідок дії електромагнітного імпульсу.

Визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля за формулою:

$$E_G = 10^{-3} \cdot E_B, \quad (7.4)$$

і розраховується:

$$E_G = 10^{-3} \cdot 9 = 9 \cdot 10^{-3} \text{ (кВ/м)}.$$

Визначаються напруги наводки у струмопровідних частинах:

$$U_{ГГ} = E_B \cdot l_{ГГ}, \quad (7.5)$$

$$U_{ВГ} = E_G \cdot l_{ВГ}, \quad (7.6)$$

Розраховується напруга наводки у горизонтальних струмопровідних частинах:

$$U_{\Gamma} = 9 \cdot 0,002 = 180(\text{В});$$

та у вертикальних:

$$U_{\text{ВІ}} = 9 \cdot 10^{-3} \cdot 0,018 = 0,16(\text{В}).$$

Визначимо допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\partial} = U_{\text{жс}} + \frac{U_{\text{жс}}}{100} \cdot N \quad (\text{В}); \quad (7.7)$$

де $U_{\text{жс}_2} = 5 \text{ В}$ - напруги живлення пристрою;

$N = 5\%$ - коливання напруги живлення.

$$U_{\partial_2} = 5 + \frac{5}{100} \cdot 5 = 5,25 \text{ (В)}.$$

Коефіцієнти безпеки визначаються за формулами:

- вертикальної складової:

$$K_{\text{БВІ}} = 20 \lg \frac{U_{\text{Д}}}{U_{\text{ВІ}}}; \quad (7.8)$$

- горизонтальної складової:

$$K_{\text{БГІ}} = 20 \lg \frac{U_{\text{Д}}}{U_{\text{ГІ}}}; \quad (7.9)$$

Розраховуємо коефіцієнти безпеки вертикальної складової:

$$K_{\text{БВІ}} = 20 \lg \frac{5,25}{0,16} = 30,3 \text{ (дБ)};$$

та горизонтальної складової:

$$K_{БГТ} = 20 \lg \frac{5,25}{180} = -30,7 \text{ (дБ)}.$$

Так як $K_{БВИ} = 30,3 < 40 \text{ дБ}$ і $K_{БГТ} = -30,7 < 40 \text{ дБ}$, то дана інформаційна мережа є нестійкою в роботі в умовах дії електромагнітного імпульсу, тому розробляються заходи щодо підвищення стійкості мережі. Для підвищення стійкості її роботи слід вживати заходи, щодо захисту корпоративної інфокомунікаційної мережі.

Щоб визначити якої товщини необхідно застосувати екран, знайдемо необхідне перехідне гасіння екрану:

$$A = K_{Б.ном} - K_{Б.мін}. \quad (7.10)$$

де $K_{Б.ном}$ – номінальний коефіцієнт безпеки ($K_{Б.ном} = 40 \text{ дБ}$); $K_{Б.мін}$ – мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий при розрахунках.

Для інформаційного кола ($U_{ж} = 5 \text{ В}$):

$$A = 40 + 30,7 = 70,7 \text{ (дБ)}. \quad (7.11)$$

Визначаємо товщину захисного екрану:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}} = \frac{70,7}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,10 \text{ (см)}. \quad (7.12)$$

Оскільки $K_{БГТ} = -30,7 \text{ дБ}$, то розрахованої товщини захисного екрану, яка складає $t = 0,1 \text{ (см)}$ буде достатньо для забезпечення стійкої роботи мережі. Застосування даного екрану дозволить корпоративній інфокомунікаційній мережі працювати стійко під час дії електромагнітного імпульсу.

7.4 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Основна мета пристроїв корпоративної інфокомунікаційної мережі в захисті від електромагнітного імпульсу є не допустити наведені токи до чутливих вузлів. Найбільш простим захистом є використання екрану. Екран

зменшує шкідливу дію електромагнітного імпульсу, маючи в собі затухання в декілька десятків децибел під час дії електромагнітного імпульсу.

Ефективним буде заземлення окремих монтажних контурів незалежно від заземлення екранів, застосування скручених пар проводів, провідних зв'язків усередині обладнання за деревоподібною схемою. Для захисту силового кабелю на вході в обладнання можна застосовувати радіочастотні дросельні котушки і надшвидкодійні варистори-резистори, які змінюють свій опір залежно від напруги. Також доцільно використовувати додаткові радіочастотні дросельні котушки і пристрої, що придушують коливання перехідних процесів.

Що стосується заходів по підвищенню стійкості роботи комп'ютерної мережі в умовах дії НС 10900, то необхідно взяти такі заходи:

- 1) використовувати генеровані паролі замість звичайних;
- 2) дотримуватися політики конфіденційності, і частіше змінювати пароль;
- 3) встановити антивірусне програмне забезпечення;
- 4) слідкувати за оновленнями операційної системи, оскільки під час оновлення оновлюються внутрішні засоби безпеки ОС;
- 5) встановити програмні або апаратні пристрої фільтрування трафіку firewall;
- б) використовувати комерційні, або не комерційні засоби захисту корпоративної інфокомунікаційної мережі від DoS і DDoS атак.

Також, в даному розділі було досліджено стійкість роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій, таких як дія електромагнітного імпульсу і хакерські атаки, спрямовані на виведення корпоративної інфокомунікаційної мережі з ладу.

Визначено, що під час впливу електромагнітного імпульсу $E_B=9$ кВ/м на силовий інформаційний контур обладнання ($U_{ж}=5$ В), яке забезпечує роботу мережевого обладнання є досить значним і призводить до нестійкої роботи обладнання. Тому запропоновано заходи по підвищенню стійкості роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі, що включають використання розрахованого екрану товщиною 1мм для захисту обладнання від електромагнітного імпульсу та низки програмних заходів захисту від хакерських атак.

7.5 Висновки до розділу 7

Під час виконання цього розділу було опрацьовано такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з

гігієни праці та виробничої санітарії, визначення допустимої сили струму в провіднику (антені), при якій напруженість магнітного поля на робочому місці знаходиться в межах норми, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження динамічної взаємодії мобільних пристроїв в пакетній телекомунікаційній мережі, безпека в надзвичайних ситуаціях.

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

ВИСНОВКИ

Проведений в роботі аналіз зсуву парадигми керування телекомунікаційними мережами і системами, що здійснюється в поточному десятилітті ХХІ століття, відкриває перспективи побудови нової теорії керування перспективними інфокомунікацій епохи пост-NGN.

У зв'язку з цим в роботі проаналізовано тенденції побудови мереж наступного покоління NGN і мереж пост-NGN, відзначені основні етапи еволюції телекомунікацій як об'єкта керування, що відповідають цій еволюції проблеми і підходи до їх вирішення. Запропоновано прогнози розвитку і ускладнення телекомунікацій в 2010-х, 2020-х і 2030-х роках.

Проведений аналіз керування інфокомунікацій, як технічної системи охоплює порівняння різних структур від простих типу менеджер-агент до складних розподілених структур, включаючи самоорганізацію і мультиагентні системи, і аж до розвитку цього аналізу на програмно-конфігуровані мережі і віртуалізацію функціональності мереж пост-NGN. В рамках дослідження керування транспортними мережами обґрунтована актуальність додаткових коштів керування для трафіку реального часу, критичного до затримок, сформульовані вимоги забезпечення якості обслуговування для механізмів і технологій IP / MPLS. Показано, що проектування транспортних мереж NGN для пакетної передачі мультимедійної інформації реального часу потрібні механізми тунелювання MPLS, керування якими здійснюється на основі математичних моделей розрахунку BBX.

Для цього проаналізовано математичну модель механізму тунелювання в транспортній мережі, досліджені ефекти фрагментації і зчеплення в пачки пакетів, переданих в тунелі мережі, доведено, що пакет, що належить пачці номер k на виході довільного вузла n , $n \geq 2$, має час обслуговування, яке менше або дорівнює часу обслуговування першого пакету цієї пачки, а також, що будь-яка пачка на виході вузла $n = 2$ і всіх подальших вузлів зберігається, тобто всі пакети в ній залишаються жорстко прив'язаними один до одного. Знайдено необхідна і достатня умова зчеплення в вузлі n пачок з номерами k і $k + 1$, що вийшли окремо з вузла $n-1$. Це покидання першого пакету пачки $k + 1$ вузла $n-1$ до того, як пачка k закінчить обслуговуватися вузлом n протягом інтервалу, що не перевищує часу обслуговування першого пакету попередньої пачки t_k (1). Отримано апроксимаційна формула для середньої довжини пачки k в довільному вузлі n , виражена в числі пакетів K_n , обчислена функція розподілу загального часу перебування пакета в

тунелі з N вузлів. Визначено Середній сумарний час $V(N)$ перебування пакета в тунелі мережі MPLS з N вузлів.

Запропоновано Мультиагентний концесусний метод збору і обробки інформації в ВІ, що забезпечує релевантність зібраної мультиагентної системою від різних модулів OSS / BSS інформації. Отримані вирази для математичного очікування і дисперсії тривалості обробки даних в здійснюваних ВІ бізнес-процесах, а також для визначення допустимого кількості агентів при заданій якості збору інформації для прийняття рішень.

Розроблено алгоритм розрахунку ефективного числа задіяних в тому чи іншому бізнес-процесі числа систем OSS / BSS при заданій інтенсивності вхідного потоку відповідей на запити інформації корисний для проектування ІТ-ландшафту компанії Оператора. Сформульовано стратегії агентів в дискретно реальному часі, які визначаються безліччю подій і множинами дій агентів мультиагентної системи в попередні дискретні моменти часу, причому планування дій агента ґрунтується на аналізі можливих сценаріїв майбутнього розвитку ситуацій. Розглянуто також інженерні аспекти SON, роль і перспективи розвитку цих ідей і методів у перспективних OSS / BSS для мереж NGN та пост-NGN.

Проаналізовано чотири фактори, що визначають обчислювані в запропонованому алгоритмі оцінки довжини пачки в вузлі, а також і самі величини $V_1(N)$ і $V_2(N)$ в залежності від значення завантаження ρ_1 , витратами ресурсів на організацію тунелю, інформаційної безпеки, значень μ_1 і μ_2 обробки пакетів в маршрутизаторі при наявності тунелю і без нього.

Розраховані залежності $V_1(N)$ від n при різних значеннях ρ і їх порівняння з кривими $V_2(N)$ від n при тих же значеннях. Запропоновано критерій обчислення величини τ , обумовленого необхідністю прийняття рішення в реальному часі, як мінімум сумарних витрат часу на процедуру обробки інформації від підсистем OSS / BSS в одиницю часу, усереднених на нескінченному інтервалі часу. Узагальнено результат Лангенбаха-Бельці і доказ Дженсен і отримана аналітична оцінка математичного очікування затримки інформації, першої надійшла в попередній період τ від однієї з k підсистем OSS / BSS. Отримана формула для розрахунку оптимального часового періоду τ . Запропоновано приклад розрахунку часу τ для систем керування класу Fulfillment і проаналізовані відповідні інженерні аспекти.

Запропоновано мультиагентна модель керування сервісної площиною з великого числа агентів, що володіють обмеженою інтелектуальністю і представляють заявки на послуги, У-агенти, і ресурси, необхідні для цих послуг, майже необмежені, P1-агенти, і обмежені, P2-агенти, описувана за

допомогою рівнянь Колмогорова-Чепмена. Отримано аналітичні залежності загального числа Р-агентів в системі від інтенсивностей надходження і обслуговування і ймовірності перекладу Р1-агента в Р2-агента при обслуговуванні У-агента при різних значеннях ймовірностей достатності ресурсу Р1-і Р2-агентів для обслуговування У-агента і ймовірностей збереження Р1- і Р2-агентів після обслуговування У-агента.

Запропоновано інженерна система бізнес-аналізу, що забезпечує оптимальні, своєчасні і науково обгрунтовані бізнес-рішення з керування телекомунікаціями.

Дослідження надскладних систем, в які перетворюються сучасні інфокомунікацій з надбудованими над ними соціальними мережами, машина-машина комунікаціями, Інтернетом речей і кількістю різноманітних нових інфокомунікаційних послуг, базуються на нелінійних когнітивних методах, які в даний час претендує на роль базової парадигми природознавства.

Загалом запланована науково-дослідна робота з проведення досліджень методу експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами вимагає вкладення для проведення досліджень в межах 296715,00 грн.

Отримані результати досліджень методу експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами мають високий рівень наукової значимості (в межах 0,67), що свідчить про доцільність проведення розробок та значимість науково-дослідної роботи в технічному та економічному плані.

Згідно проведеного аналізу рівень комерційного потенціалу розробки становить 27,7 бали, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки середній). До того ж комплексний показник рівня НДДКР ($K_p > 1$) свідчить про те, що науково-дослідну роботу з дослідження методу експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами можна вважати економічно доцільною з достатньо високим науковим, технічним та економічним рівнем.

Під час виконання цього розділу було опрацьовано такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення допустимої сили струму в провіднику (антені), при якій напруженість магнітного поля на робочому місці знаходиться в межах норми, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження динамічної взаємодії мобільних пристроїв в пакетній телекомунікаційній мережі, безпека в надзвичайних ситуаціях.

Визначено, що під час впливу електромагнітного імпульсу на силовий інформаційний контур обладнання ,яке забезпечує роботу мережевого обладнання є досить значним і прозводить до нестійкої роботи обладнання.

Тому запропоновано заходи по підвищенню стійкості роботи корпоративної інфокомунікаційної мережі, що включають використання розрахованого екрану товщиною 1 мм для захисту від хакерських атак.

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абаев П.О., Бесчастный В.А., Царёв А.С., Самуйлов К.Е. Об оценке времени пребывания в очереди в программно-конфигурируемых сетях. В сборнике: Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN-2016) материалы Девятнадцатой международной научной конференции: в 3 томах. Под общей редакцией В. М. Вишневого и К. Е. Самуйлова. 2016. С. 9-16
2. Арнольд В.И. Теория катастроф. Изд. 4-е. стереотипное. // М.: Едиториал УРСС, 2004. – 128с. (Синергетика: от прошлого к будущему.).
3. Атцик А., Бакин С., Феноменов М. Управление транспортными сетями Единое и программно-конфигурируемое // Мобильные телекоммуникации апрель № 3. 2014. с. 14.
4. Атцик А., Гольдштейн А., Сизюхин К. SID: абстракция на службе практики // CONNECT № 10. 2012. – С. 54-56.
5. Башарин Г.П., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е. Математическая теория телетрафика и ее добавка к анализу мультисервисных сетей связи следующих поколений (статья, журнал Scopus, WoS) // Автоматика и вычислительная техника. Латвия, Рига. 2013. №2. С. 11 - 21.
6. Бородинский А.А., Гольдштейн А.Б. Модель применения нейронных сетей для управления сетями SON // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018), сборник. 2018. С. 115-118
7. Виттих В. А. Проблемы управления и моделирования в сложных искусственных системах. // Мехатроника, Автоматизация, Управление. №12, 2012. Стр. 17 – 23.
8. Гольшко А. Облака вместо телекома // Мобильные телекоммуникации апрель № 3. 2014. С 18
9. Гольдштейн А. Б. Модель управления туннелированием в сети IP/MPLS. // Журнал «Информатизация и связь», № 1, 2015.
10. Гольдштейн А.Б. О механизмах фрагментации и сцепления пакетов в туннелях сети IP/MPLS. // Журнал «Информация и Космос», № 1, 2015.
11. Гольдштейн А. Б., Пожарский Н. А., Лихачёв Д. А. О когнитивных картах в управлении телекоммуникационным оператором. // Журнал «Информатизация и связь», № 1, 2016
12. Гольдштейн А. Модели и методы эксплуатационного управления телекоммуникационными сетями. // Журнал “Электросвязь” №9, 2017
13. Гольдштейн А.Б., Бородинский А.А., Зань Н.К.. Ре(э)волюция

управления телекоммуникациями: от иерархических к многоагентным системам. // Вестник Связи. – 2018. - №10.

14. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи. // Санкт-Петербург «БХВ-Петербург» 2014.

15. Гольдштейн Б., Никитин А., Соколов Н. Сценарии развития телефонной сети общего пользования. // Журнал «Вестник связи», № 4, 2016

16. Городецкий В.И., Бухвалов О.Л., Скобелев П.О. Современное состояние и перспективы индустриальных применений многоагентных систем. // Управление большими системами: сборник трудов. 2017. №66. С. 94-157.

17. Ефимов В.В., Соколов Н.А., Федоров А.В. Вероятные направления эволюции телекоммуникационной системы. // Труды ЦНИИС. Санкт-Петербургский филиал. 2016. Т. 1. № 1 (2). С. 11-23

18. Комашинский В.И., Мардер Н.С., Парамонов А.И. От телекоммуникационной к когнитивной инфокоммуникационной системе. // Технологии и средства связи, №4, 2011

19. Комашинский В.И., Соколов Н.А. Когнитивные системы и телекоммуникационные сети. // Вестник связи, №10, 2011.

20. Комашинский В.И., Мардер Н.С., Парамонов А.И. От телекоммуникационной к когнитивной инфокоммуникационной системе. // Технологии и средства связи, №4, 2011

21. Комашинский В.И., Соколов Н.А. Когнитивные системы и телекоммуникационные сети. // Вестник связи, №10, 2011.

22. Леваков А.К., Федоров А.В., Соколов Н.А. Задачи оценки показателей, определяющих качество функционирования телекоммуникационных сетей. // Электросвязь. 2015. № 6.

23. Малинецкий Г.Г., Маненков С.К., Митин Н.А., Шишов В.В. Когнитивный вызов и информационные технологии // Экономические стратегии. 2011.

24. Мардер Н.С., Комашинский В.И., Соколов Н.А. От телекоммуникационной к когнитивной инфокоммуникационной системе // Журнал "Технологии и средства связи" #4, 2011, стр.52-54

25. Наумов В.А., Самуйлов К.Е., Самуйлов А.К. О суммарном объеме ресурсов, занимаемых обслуживаемыми заявками. // Автоматика и телемеханика. 2016. № 8. С. 105.

26. Новосельцев В.И., Тарасов Б.В. Теоретические основы системного анализа. // М.: Майор, 2013, 536 с

27. Печинкин А.В., Разумчик Р.В. Об одном методе расчёта стационарного распределения очереди в системе массового обслуживания с

потоками обычных и отрицательных заявок и бункером для выбитых заявок. // Информационные процессы, Том 12, № 1, 2012, стр. 53–67.

28. Пунда Д.И. Когнитивная природа современной сложности управления. // Труды СПИИРАН. 2011. Вып. 18. С. 320–335.

29. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход // М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2016. – 1408 с.

30. Росляков А.В., Ваняшин С.В., Гребешков А.Ю., Самсонов М.Ю. Интернет вещей. // Самара: "Издательство Ас Гард", 2014, 340 с

31. Самуйлов К.Е., Чукарин А.В., Гайдамака Ю.В., Зарипова Э.Р. Математическая модель и метод оптимизации времени выполнения бизнес-процесса телекоммуникационной компании. // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Т. 11. № 1. С. 37-44.

32. Самуйлов К.Е., Гайдамака Ю.В. Метод построения процессной модели компании с помощью аппарата сетей массового обслуживания. // Технологии информации онного общества X Международная отраслевая научно-техническая конференция: сборник трудов. 2016. С. 61.

33. Самуйлов К.Е., Чукарин А.В., Яркина Н.В. Бизнес-процессы и информационные технологии в управлении современной инфокоммуникационной компанией // М. 2015. — 512 с.

34. Соколов Н.А. Задачи планирования сетей электросвязи. // СПб.: Техника связи, 2012. 502 с

35. Соколов Н. О терминологии в отрасли “электросвязь”. // Первая миля. 2015. № 7 (52). С. 12-15.

36. Шнепс-Шнеппе М.А., Сухомлин В.А., Намиот Д.Е. О глобальных информационных системах. // International Journal of Open Information Technologies. 2017. Т. 5. № 4. С. 55-62.

37. Шнепс-Шнеппе М., Намиот Д., Селезнев С., Куприяновский В. О задачах в области связи. // Первая миля. 2016. № 7 (60). С. 24-29

38. Agoulmine Nazim. Autonomic Network Management Principles. Elsevier Inc., 2011.- 281 pp. - ISBN 978-0-12-382190-4

39. Application Framework Suite GB929 Addendum D Release 15.5.0 [Electronic resource]/ TM Forum. - – Electronic data. - Morristown, NJ, 2015 - Mode of access: <https://www.tmforum.org/resources/suite/gb921-business-process-framework-etom-r15-0-0-2/>

40. Goldstein A., Akishin V., Goldstein B. Cognitive Models For Access Network Management. Proceedings of the International Conference on NEW2AN/ruSMART/NsCC. August 28 – 30, 2017

41. Goldshtein A.B. Two approaches for telecommunication networks management // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Т. 12. № 3. С. 57-63.
42. Goldstein A.B., Zarubin A.A., Onufrienko A.V., Elagin V.S., Belozertsev I.A. Synchronization of delay for OTT services in LTE. – Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO) conference proceedings. 2018
43. Gelenbe E., Mitrani I. Analysis and Synthesis of Computer Systems. World Scientific, Imperial College Press, London and Singapore, 2010
44. Goldstein A. NGN/IMS and post-NGN Management Model. Proceedings of the International Conference on NEW2AN/ruSMART/NsCC. August 28 – 30, 2017
45. Goldstein A., Akishin V., Goldstein B. Cognitive Models For Access Network Management. Proceedings of the International Conference on NEW2AN/ruSMART/NsCC. August 28 – 30, 2017
46. Goldshtein A.B. Two approaches for telecommunication networks management // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Т. 12. № 3. С. 57-63.
47. Goldstein A.B., Zarubin A.A., Onufrienko A.V., Elagin V.S., Belozertsev I.A. Synchronization of delay for OTT services in LTE. – Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO) conference proceedings. 2018
48. Goldshtein A.B., Elagin V.S., Kyzyurov O.E., Zarubin A.A., Savelieva A.A. Software applications of infocommunication networks. Approaches formation to developing models and methods of evaluation. – Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications conference proceedings. 2018
49. Samuilov K.E., Gudkova I.A., Buturlin I.A., Begishev V.O., Ten V.O., Isaev Y.D. Comparative Analysis Of Random Access Channel Overload Control Schemes For M2m Transmissions In 3gpp Lte Network. В сборнике: Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2016) Материалы XV Международной конференции имени А.Ф. Терпугова. 2016. С. 151-154
50. Sujil A., Jatin Verma, Rajesh Kumar. Multi agent system: concept, platforms and applications in power systems. Artificial Intelligence Review, vol. 49 (2), pp 153-182, February 2018
51. Janevski T. NGN Architectures, Protocols and Services. 1st edn. John Wiley and Sons Lnd. London. (2014)

52. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В.О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

53. Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – Вінниця : ВДТУ, 2003. – 75с.

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

55. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

56. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

57. Пособие по расчету и проектированию, естественного, искусственного и совмещенного освещения НИИСФ – М.: Стройиздат. 1985. – 384 с.

58. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

59. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

60. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

61. Березюк О. В. Охорона праці. Підсумкова державна атестація спеціалістів, магістрів в галузях електроніки, радіотехніки, радіоелектронних апаратів та зв'язку : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 104 с.

62. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К. : Держнаглядохоронпраці, 1998. – 382 с.

63. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

64. ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

65. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.

66. СНиП 2.09.02-85. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

67. ДСанПіН 3.3.6-096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.

ДОДАТКИ

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток А
(обов'язковий)

Технічне завдання

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Б
(обов'язковий)

Площини керування інфокомунікаціями

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток В
(обов'язковий)

Прогнози розвитку і ускладнення телекомунікацій в 2020-х і 2030-х роках

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Г
(обов'язковий)

Еволюції систем керування телекомунікаціями

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Д
(обов'язковий)

Спрощена модель наскрізного QoS в мережі

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Е
(обов'язковий)

Приклад MPLS-мережі

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Є
(обов'язковий)

Структура T-MPLS мережі з рівнем керування GMPLS

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Ж
(обов'язковий)

Два підходи до керування сучасними інфокомунікацій

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток 3
(обов'язковий)

Фізична модель керування телекомунікаційною мережею

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток К
(обов'язковий)

IT інфраструктура без Fulfillment шару

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Л
(обов'язковий)

Еволюція транспортних технологій

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток М
(обов'язковий)

Мультиагентна система

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Н
(обов'язковий)

IT інфраструктура при наявності Fulfillment шару

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток П
(обов'язковий)

Архітектура інтелектуального агента

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Р

Допустимі значення виробничих факторів

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток А
(обов'язковий)
ВНТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедри ТКСТБ ВНТУ,
канд. техн. наук, професор
Г.Г.Бортник

“ ___ ” _____ 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи
МЕТОДИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ
ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ
08-34.МКР.005.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., доц. кафедри ТКСТБ ВНТУ
Васильківський М.В.

Виконавець: ст. гр. ТКС-18м

Козюк О.Ю.

Вінниця-2019

1 ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Робота проводиться на підставі наказу ректора по Вінницькому національному технічному університету від “02” 10 2019 року № 254 та індивідуального завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

Дата початку роботи: 02.09.2019 р.

Дата закінчення: 09.12.2019 р.

2 МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження математичних моделей і методів організації та самоорганізації керування в нових інфокомунікаційних мережах.

Задачами магістерської кваліфікаційної роботи є:

- розробка технічного завдання;
- дослідження процесів керування транспортною площиною IP / MPLS;
- аналіз ймовірно-часових характеристик, розробка математичної моделі механізму тунелювання в транспортній мережі та дослідження ефектів зчеплення пакетів в пачки і фрагментації пачок пакетів в тунелі;
- порівняльний аналіз ймовірно-часових характеристик пакета в мережі MPLS з організацією тунелю і без використання механізму тунелювання;
- дослідження алгоритму ефективної організації тунелю в мережі MPLS;
- дослідження мультиагентної моделі керування інфокомунікаційною мережею для організації і самоорганізації операційної підтримки керування обслуговуванням викликів / сесій в мережах NGN / IMS;
- дослідження ймовірно-часових характеристик процесів прийняття управлінських рішень в мультиагентній системі керування мережею на базі системи технічного обліку мережевих ресурсів і інших підсистем експлуатаційного керування інфокомунікацій (OSS);
- аналіз алгоритмів керування політиками обслуговування користувачів на основі бізнес-аналітики та абонентських профілів з відповідним розрахунком ймовірно-часових характеристик процесів збору і обробки інформації для прийняття управлінських рішень з урахуванням аналізу зсуву парадигми інфокомунікаційного бізнесу;
- дослідження моделі керування клієнтоорієнтовані бізнес-процесами телекомунікаційного оператора;

- експериментальна перевірка теоретичних досліджень дипломної роботи в системах керування телекомунікаційних операторів мобільного та фіксованого зв'язку мереж NGN та пост-NGN,

- проведення імітаційного моделювання для аналізу достовірності результатів, отриманих на математичних моделях.

Об'єкт дослідження є системи керування телекомунікаційними мережами NGN і пост-NGN.

Предмет дослідження є комплекс методів, моделей і алгоритмів організації керування в перспективних інфокомунікаційних мережах.

Основними завданнями роботи є:

- техніко-економічне обґрунтування доцільності даної розробки;
- аналіз базових теорій, моделей, методів і систем керування телекомунікаціями;
- дослідження моделей керування транспортною мережею IP / MPLS;
- мультиагентні моделі керування та самоорганізації в NGN і пост-NGN;
- синтез стратегій керування бізнес-процесами нових інфокомунікаційних сервісів;
- когнітивні методи керування інфокомунікаціями;
- аналіз економічної ефективності проведеної розробки;
- дослідження питань безпеки життєдіяльності.

Основні результати роботи впроваджені при побудові систем технічного обліку та експлуатаційного керування, в системних проектах мережі наступного покоління NGN.

3 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МКР

Робота базується на результатах звіту з переддипломної практики “Методи експлуатаційного керування інфокомунікаційними мережами”, який виконувався у ВНТУ 2019/2020 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 Атцик А., Бакин С., Феноменов М. Управление транспортными сетями Единое и программно-конфигурируемое // Мобильные телекоммуникации апрель № 3. 2014. с. 14.

3.3 Бородинский А.А., Гольдштейн А.Б. Модель применения нейронных сетей для управления сетями SON // Актуальные проблемы

инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018), сборник. 2018. С. 115-118

3.4 Гольшко А. Облака вместо телекома // Мобильные телекоммуникации апрель № 3. 2014. С 18

3.5 Гольдштейн А.Б. Модель управления туннелированием в сети IP/MPLS. // Журнал «Информатизация и связь», № 1, 2015.

3.6 Гольдштейн А.Б. О механизмах фрагментации и сцепления пакетов в туннелях сети IP/MPLS. // Журнал «Информация и Космос», № 1, 2015.

3.7 Гольдштейн А. Б., Пожарский Н. А., Лихачёв Д. А. О когнитивных картах в управлении телекоммуникационным оператором. // Журнал «Информатизация и связь», № 1, 2016

3.8 Гольдштейн А. Модели и методы эксплуатационного управления телекоммуникационными сетями. // Журнал «Электросвязь» №9, 2017

3.9 Гольдштейн А.Б., Бородинский А.А., Зань Н.К.. Ре(э)волюция управления телекоммуникациями: от иерархических к многоагентным системам. // Вестник Связи. – 2018. -№10.

3.10 Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи. // Санкт-Петербург «БХВ-Петербург» 2014.

3.11 Гольдштейн Б., Никитин А., Соколов Н. Сценарии развития телефонной сети общего пользования. // Журнал «Вестник связи», № 4, 2016

3.12 Городецкий В.И., Бухвалов О.Л., Скобелев П.О. Современное состояние и перспективы промышленных применений многоагентных систем. // Управление большими системами: сборник трудов. 2017. №66. С.94-15717.

3.13 Ефимов В.В., Соколов Н.А., Федоров А.В. Вероятные направления эволюции телекоммуникационной системы. // Труды ЦНИИС. Санкт-Петербургский филиал. 2016. Т. 1. № 1 (2). С.11-23

3.14 Леваков А.К., Федоров А.В., Соколов Н.А. Задачи оценки показателей, определяющих качество функционирования телекоммуникационных сетей. // Электросвязь. 2015. №6.

3.15 Положення про кваліфікаційну роботу у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. О. Н. Романюк, Р. Р. Обертюх, Т. О. Савчук, Л. П. Громова – Вінниця : ВНТУ, 2015 – 27 с.

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

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

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

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

3.20 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-18м Козюк О.Ю.

5 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ МКР

Пропонується виконати дослідження комплексу моделей систем масового обслуговування і математичної теорії телетрафіка, а також моделей мультиагентних систем, призначених для аналізу, розрахунку та проектування систем керування мережами зв'язку

Технічні вимоги, яким повинна відповідати розробка, наступні:

- тип інфокомунікаційної мережі – MPLS;
- кількість комутаційних вузлів в LSP тунелі мережі зв'язку – 50;
- пропускна здатність вузла мережі – 1 пакет/с;
- навантаження на LSP тунель – 0,85;
- ймовірність втрат інформаційних даних – 0,06;
- довжина послідовності пакетів даних – 80;
- ефективність керування мережею зв'язку – 0,9;

При розробці інфокомунікаційної мережі слід максимально використовувати стандартне та уніфіковане телекомунікаційне обладнання.

6 ЕТАПИ МКР І ТЕРМІНИ ЇХ ВИКОНАННЯ

№	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Очікувані результати	Звітна документація
		початок	закінчення		
1.	Розробка технічного завдання (ТЗ)	02.09.2019р.	06.09.2019р.	Розроблене ТЗ	Додаток А
2.	Аналіз методів і систем керування телекомунікаціями	09.09.2019р.	13.09.2019р.	Проведений аналіз	Вступ. Розділ 1.
3.	Дослідження моделей керування транспортною мережею IP / MPLS	16.09.2019р.	04.10.2019р.	Проведений аналіз	Розділ 2
4.	Мультиагентні моделі керування та самоорганізації в NGN і пост-NGN	07.10.2019р.	25.10.2019р.	Характеристики і параметри	Розділ 3
5.	Синтез стратегій керування бізнес-процесами нових інфокомунікаційних сервісів	28.10.2019р.	03.11.2019р.	Досліджені методи	Розділ 4
6.	Когнітивні методи керування інфокомунікаціями	04.11.2019р.	09.11.2019р.	Досліджені методи	Розділ 5
6.	Аналіз економічної ефективності	11.11.2019р.	15.11.2019р.	Економічна частина МКР	Розділ 6
7.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	18.11.2019р.	22.11.2019р.	Частина ОТ та БНС	Розділ 7
8.	Оформлення пояснювальної записки (ПЗ) та графічної частини	25.11.2019р.	29.11.2019р.	Оформлена документація	ПЗ та графічна частина
9.	Нормоконтроль, попередній захист, рецензування МКР	02.12. 2019р.	06.12.2019р.	Позитивні відзиви	Відзив. рецензія
10.	Захист МКР ЕК		09.12. 2019р.	Позитивний захист	Протокол ЕК

7 ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОРЯДОК РЕАЛІЗАЦІЇ МКР

В результаті виконання роботи будуть розроблені:

- модель наскрізного QoS в мережі;
- структурна схема MPLS-мережі;
- схема тунелювання MPLS;
- структура T-MPLS мережі з рівнем керування GMPLS;
- фізична модель керування телекомунікаційною мережею;
- мультиагентна система;
- архітектура інтелектуального агента;
- економічна частина МКР;
- розділ ОП та БНС;
- рекомендації щодо подальшого використання MPLS-мережі.

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

- Регіональний Центр експлуатації телекомунікаційної мережі України шляхом впровадження систем технічного обліку та експлуатаційного керування в системних проектах мережі наступного покоління NGN;

- ПАТ “Укртелеком” шляхом впровадження методів керування новими телекомунікаційними мережами NGN і пост-NGN у вигляді комплексу моделей систем масового обслуговування і математичної теорії телетрафіка, а також моделей мультиагентних систем, призначених для аналізу, розрахунку та проектування систем керування мережами зв'язку.

Очікуваний техніко-економічний ефект. При впровадженні результатів досліджень очікується підвищення оптимальності, своєчасності і науково обгрунтованості бізнес-рішень з керування телекомунікаціями.

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.

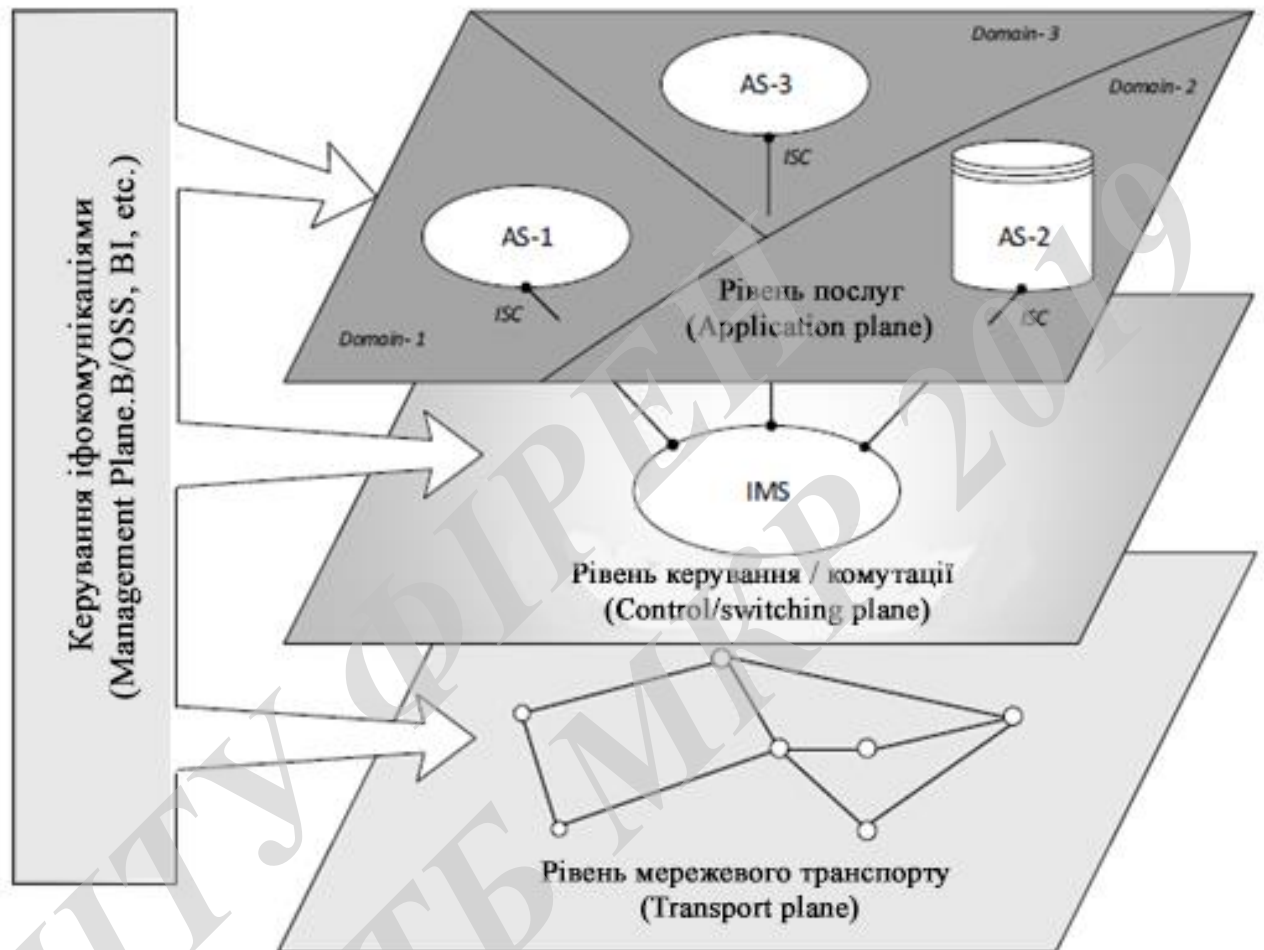
10 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Документація, що розробляється в процесі виконання досліджень повинна містити:

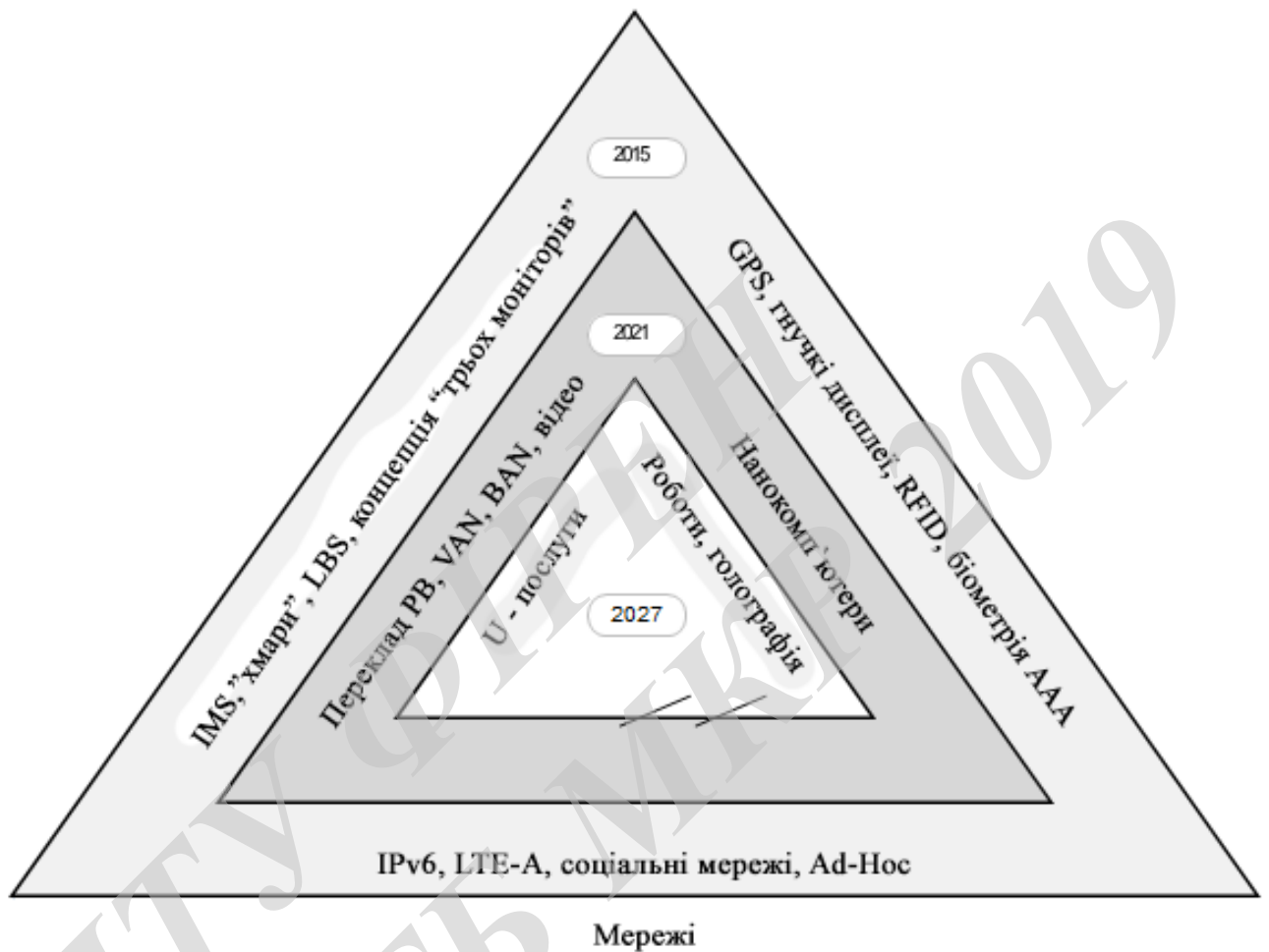
- техніко-економічне обґрунтування розробки;
- модель наскрізного QoS в мережі;
- структурну схему MPLS-мережі;
- схему туннелювання MPLS;
- структуру T-MPLS мережі з рівнем керування GMPLS;
- фізичну модель керування телекомунікаційною мережею;
- мультиагентну систему;
- архітектуру інтелектуального агента;
- економічну частину та розділ БЖД і ЦЗ;
- рекомендації щодо подальшого використання MPLS-мережі.

11 ВИМОГИ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ

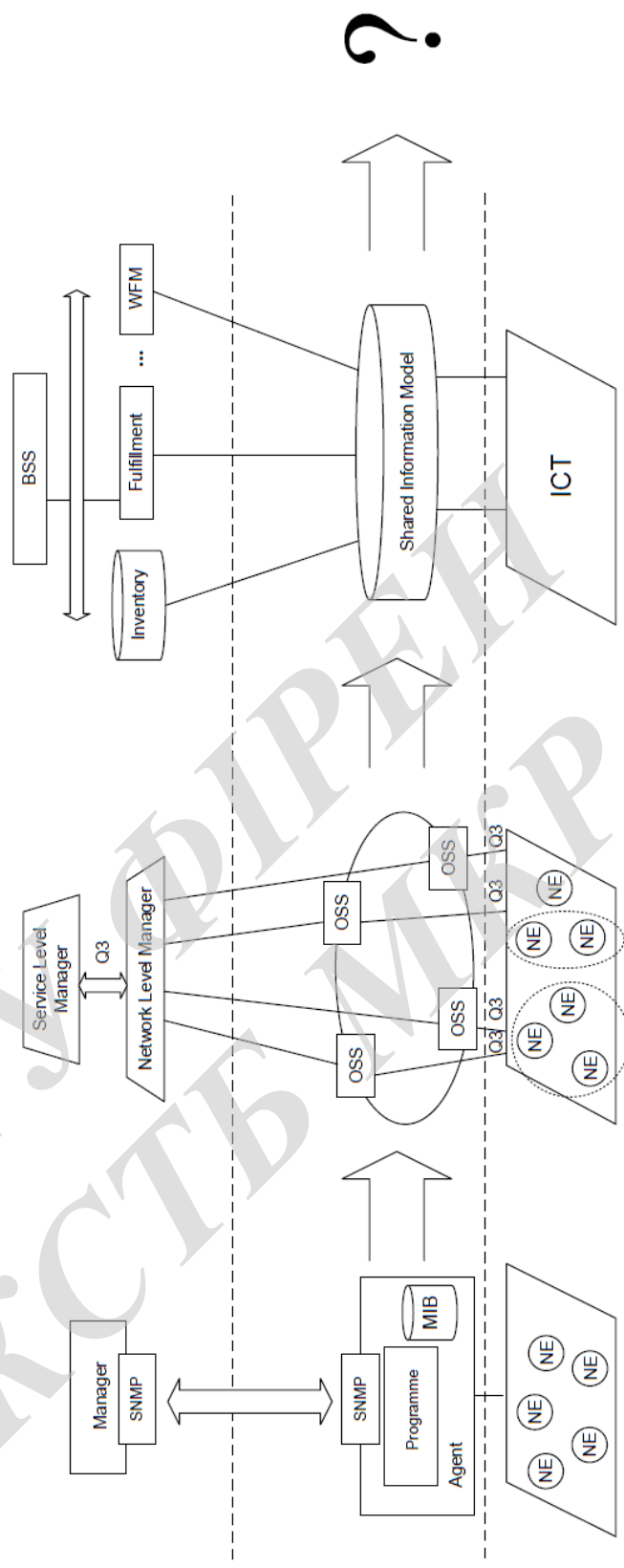
У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.



					08-34.МКР.005.00.000 Е8		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Козюк О.Ю.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Васильківський М.В.				1	1
Реценз.					ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.		Васильківський М.В.					
Затверд.		Бортник Г,Г,					
Площини керування інформаціями							



					08-34.МКР.005.00.000 Е8		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Козюк О.Ю.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Васильківський М.В.				1	1
Реценз.					ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.		Васильківський М.В.					
Затверд.		Бортник Г.Г.					
					Прогнози розвитку і ускладнення телекомунікацій в 2020-х і 2030 х роках.		



(a) Модель Менеджер - Агент

(b) Модель TMN

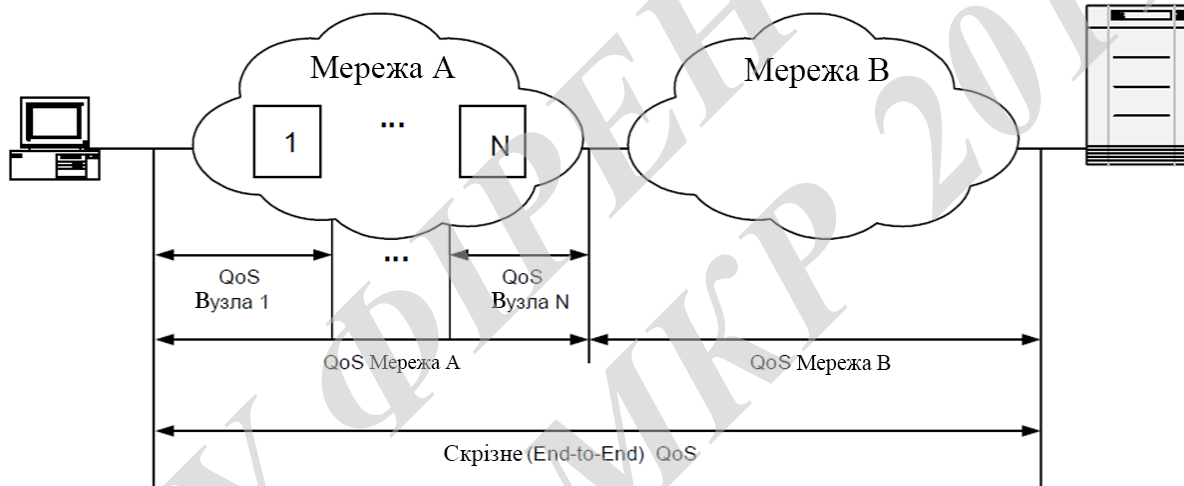
(c) Модель B/OSS Framework

(e) Модель керування пост-NGN

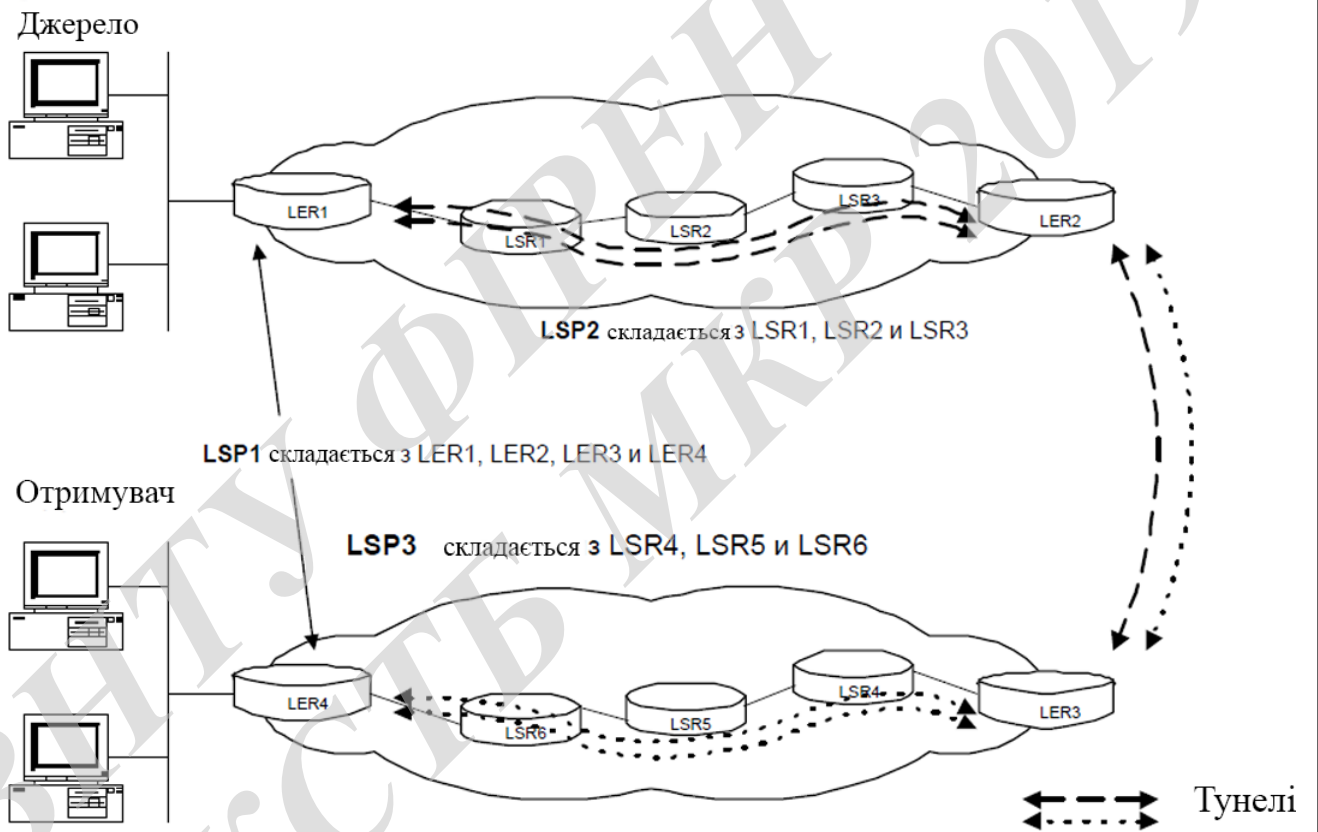
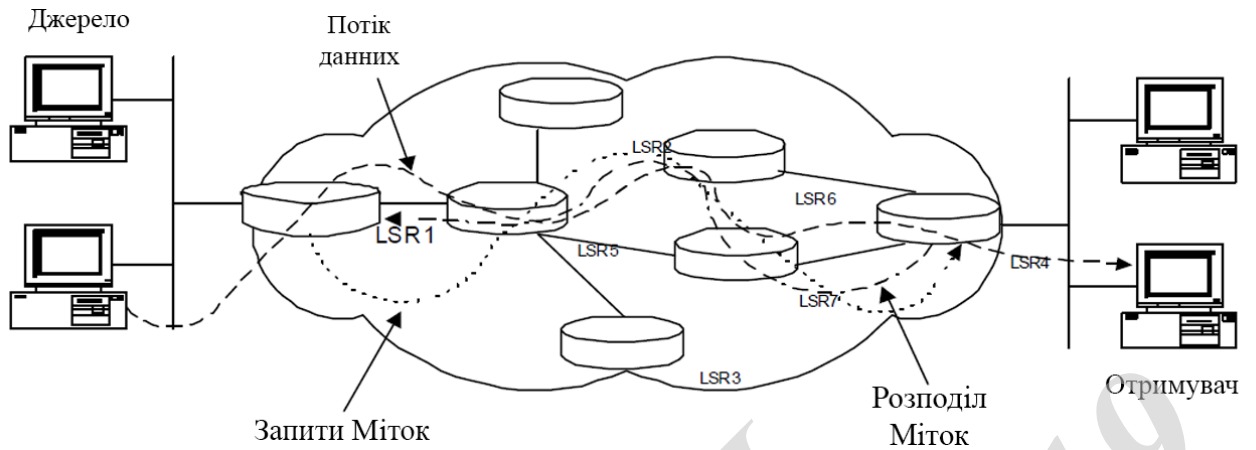
					08-34.МКР.005.00.000 Е8		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Козюк О.Ю.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Васильківський М.В.				1	1
Реценз.					ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.		Васильківський М.В.					
Затверд.		Бортник Г.Г.					
Еволюції систем керування телекомунікаціями.							

Передаючий термінал

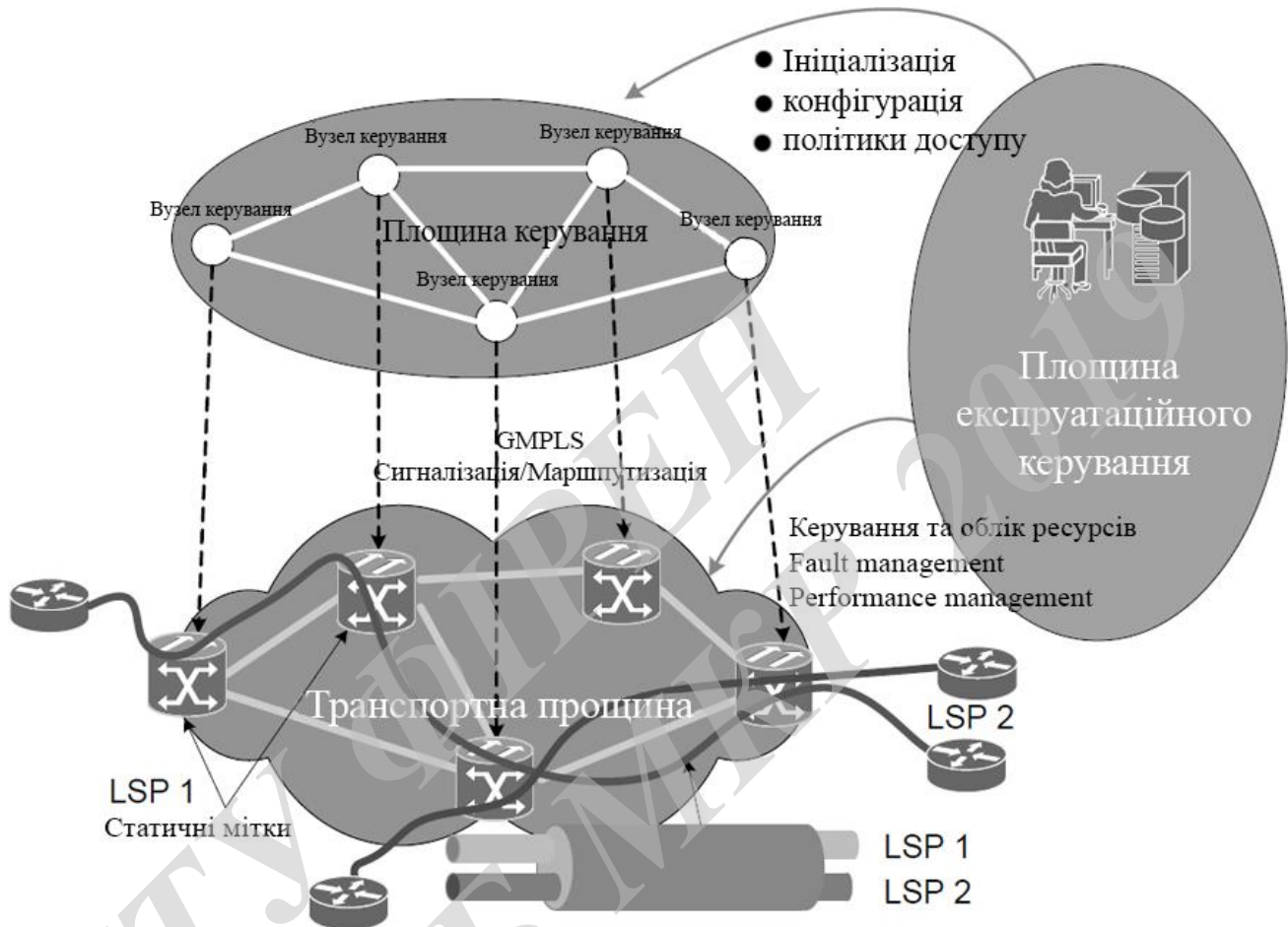
Приймаючий термінал



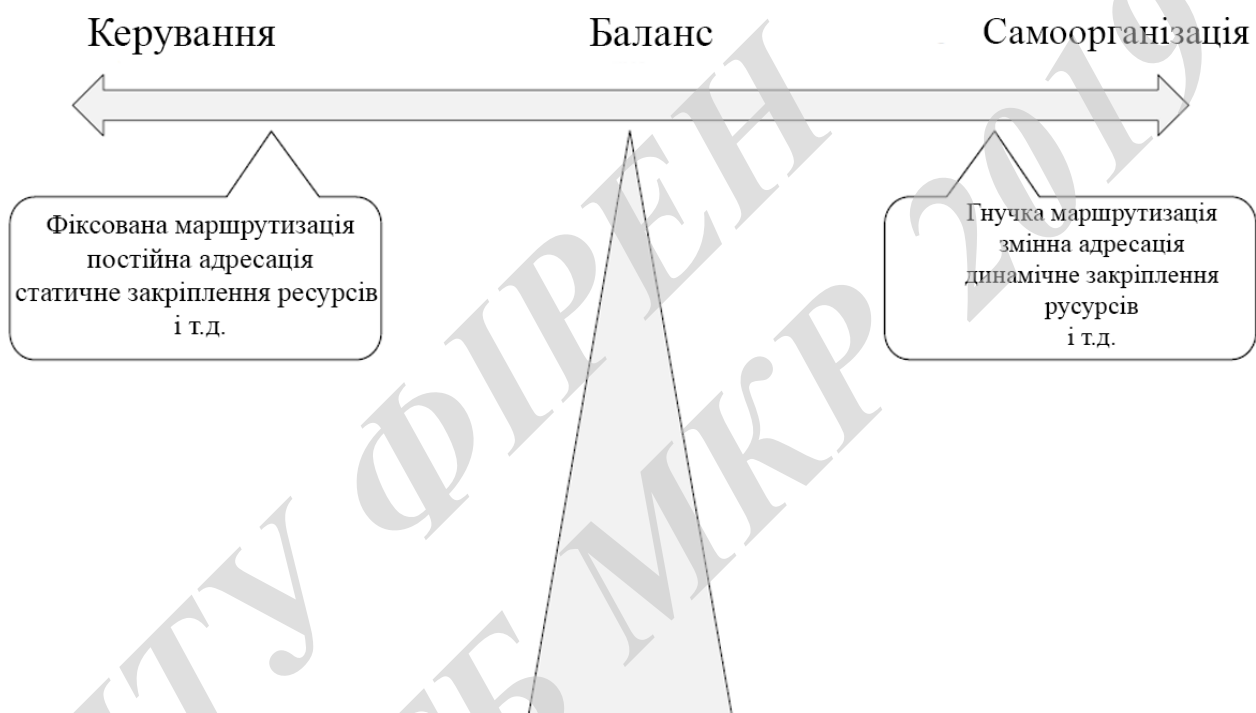
					08-34.МКР.005.00.000 Е8					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Спрощена модель наскрізного QoS в мережі.					
Розроб.	Козюк О.Ю.							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Васильківський М.В.								1	1
Реценз.								ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.	Васильківський М.В.									
Затверд.	Бортник Г.Г.									



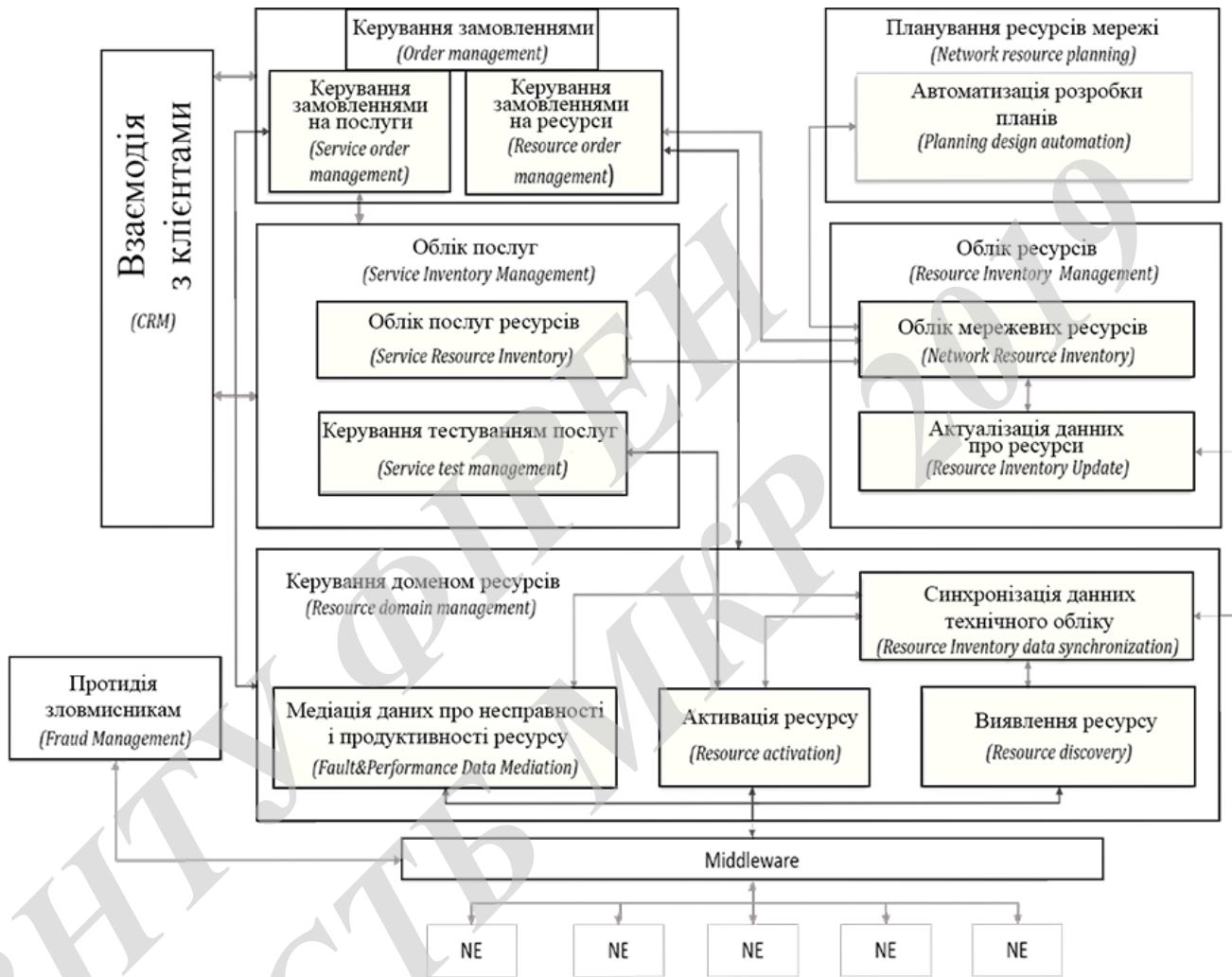
					08-34.МКР.005.00.000 Е8		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Козюк О.Ю.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Васильківський М.В.				1	1
Реценз.					ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.		Васильківський М.В.					
Затверд.		Бортник Г.Г.					
Приклад MPLS-мережі, туннелювання MPLS							



					08-34.МКР.005.00.000 Е8					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Структура T-MPLS мережі з рівнем керування GMPLS					
Розроб.	Козюк О.Ю.							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Васильківський М.В.								1	1
Реценз.								ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.	Васильківський М.В.									
Затверд.	Бортник Г.Г.									

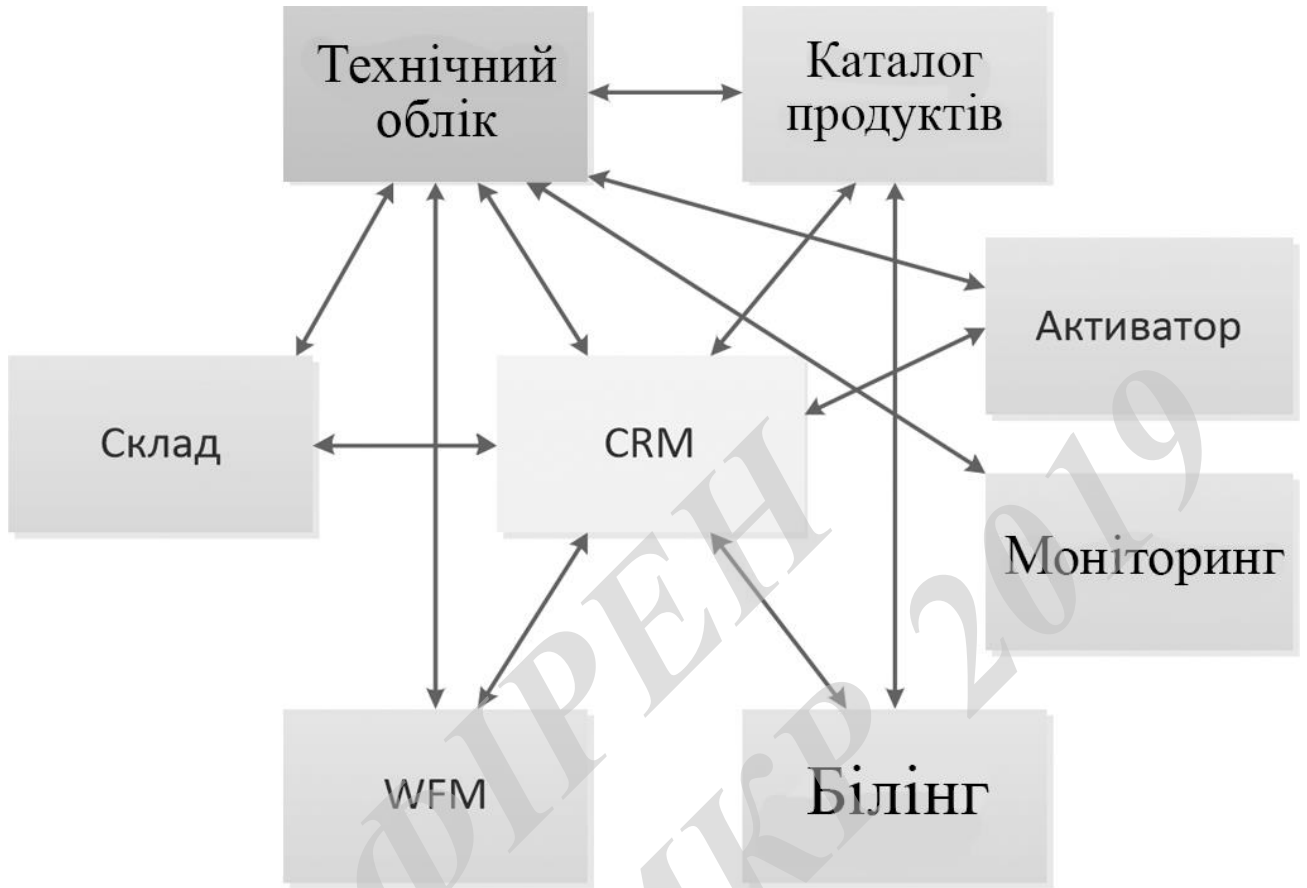


					08-34.МКР.005.00.000 Е8			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Два підходи до керування сучасними інфокомунікацій.	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Козюк О.Ю.					1	1
Перевір.		Васильківський М.В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Васильківський М.В.						
Затверд.		Бортник Г.Г.			ВНТУ, гр. ТКС-18м			

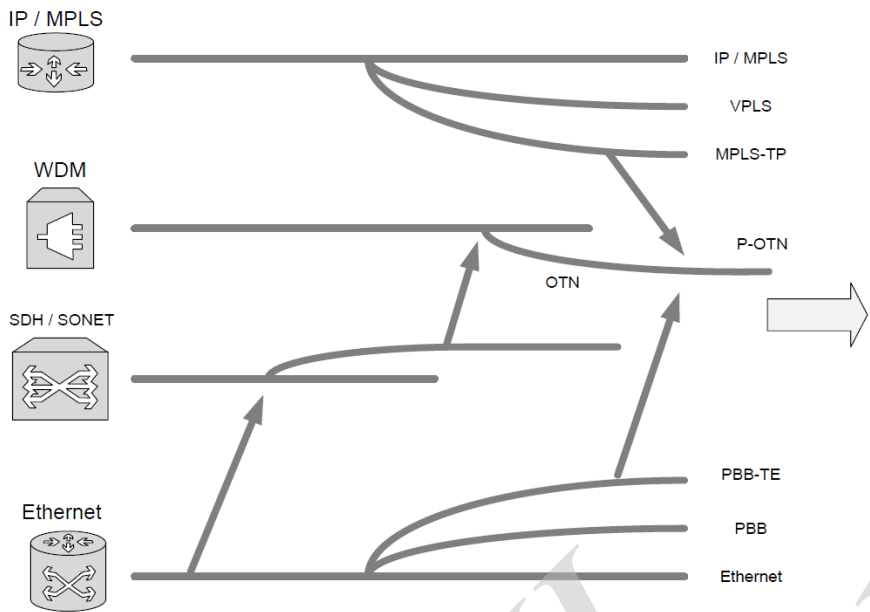


08-34.МКР.005.00.000 Е8

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Фізична модель керування телекомунікаційною мережею.	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Козюк О.Ю.					1	1
Перевір.		Васильківський М.В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Васильківський М.В.						
Затверд.		Бортник Г.Г.			ВНТУ, гр. ТКС-18м			

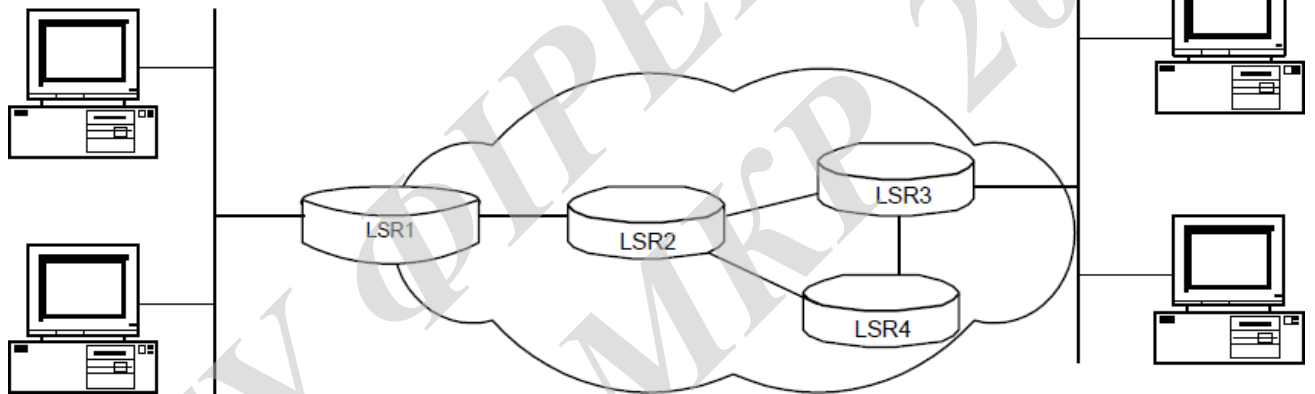


					08-34.МКР.005.00.000 Е8		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Козюк О.Ю.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Васильківський М.В.				1	1
Реценз.					ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.		Васильківський М.В.					
Затверд.		Бортник Г.Г.					
					ІТ інфраструктура без Fulfillment шару.		



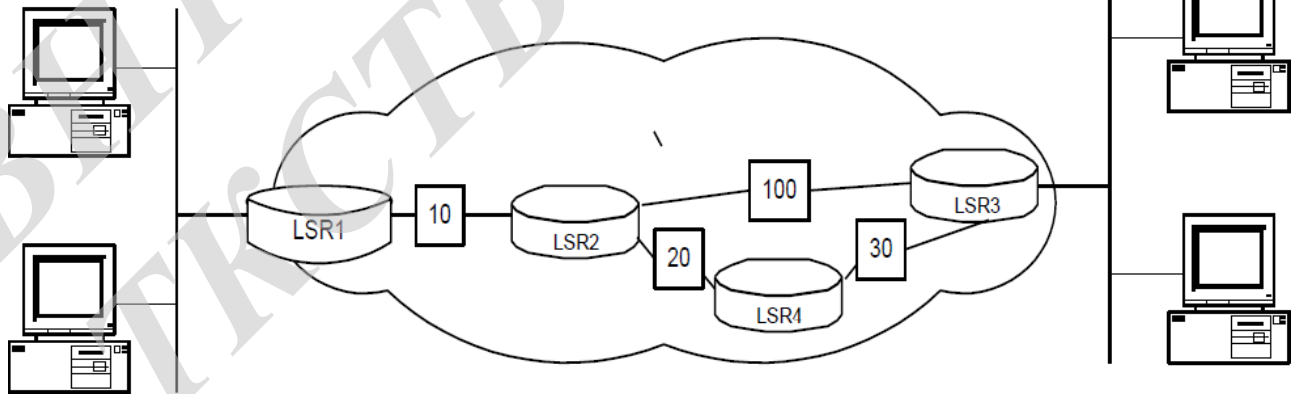
Відправник

Отримувач

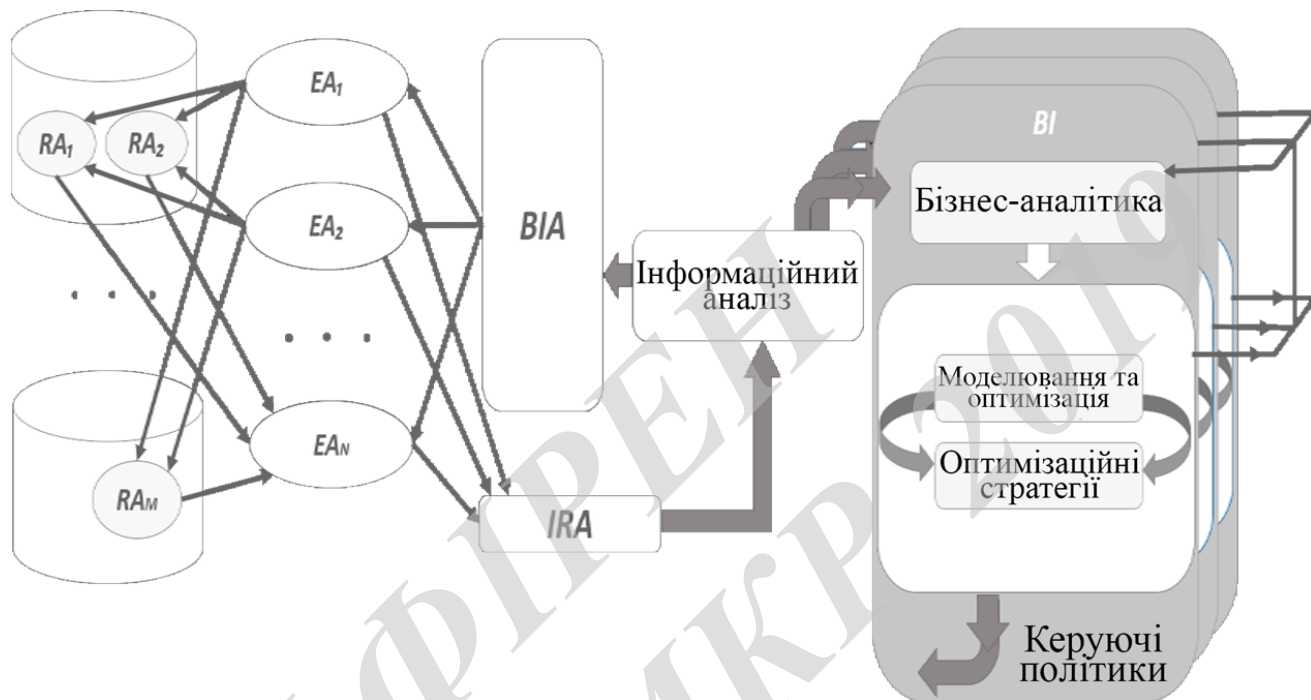


Відправник

Отримувач

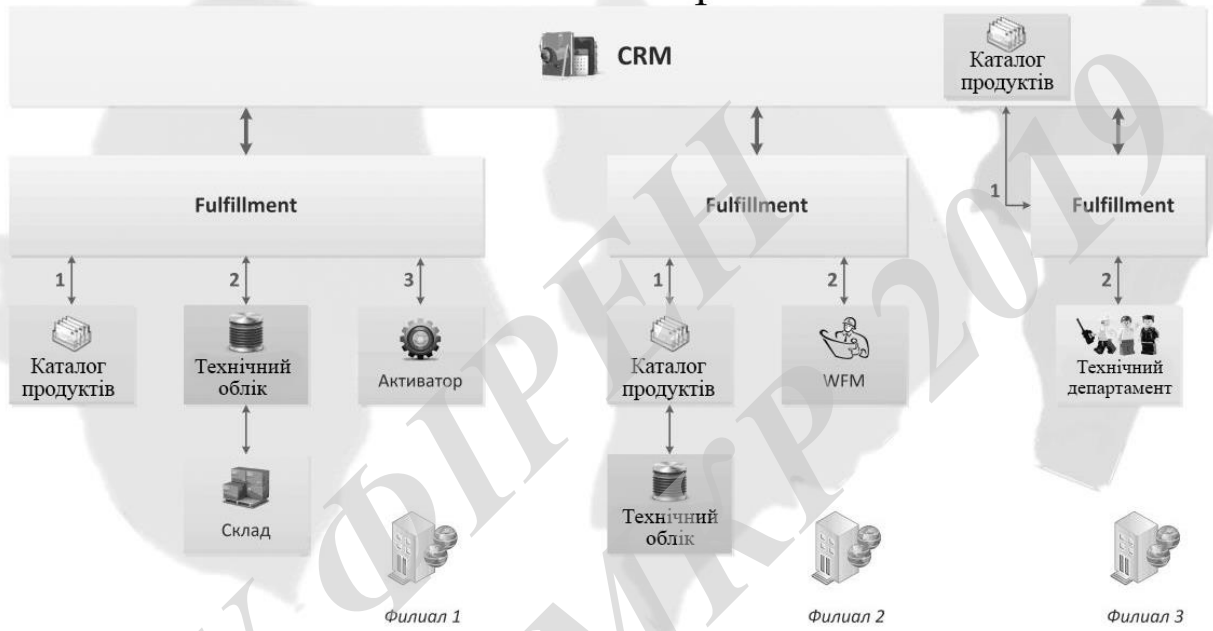


					08-34.МКР.005.00.000 Е8					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Еволюція транспортних технологій.					
Розроб.	Козюк О.Ю.							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Васильківський М.В.								1	1
Реценз.								ВНТУ, гр. ТКС-18М		
Н. Контр.	Васильківський М.В.									
Затверд.	Бортник Г.Г.									

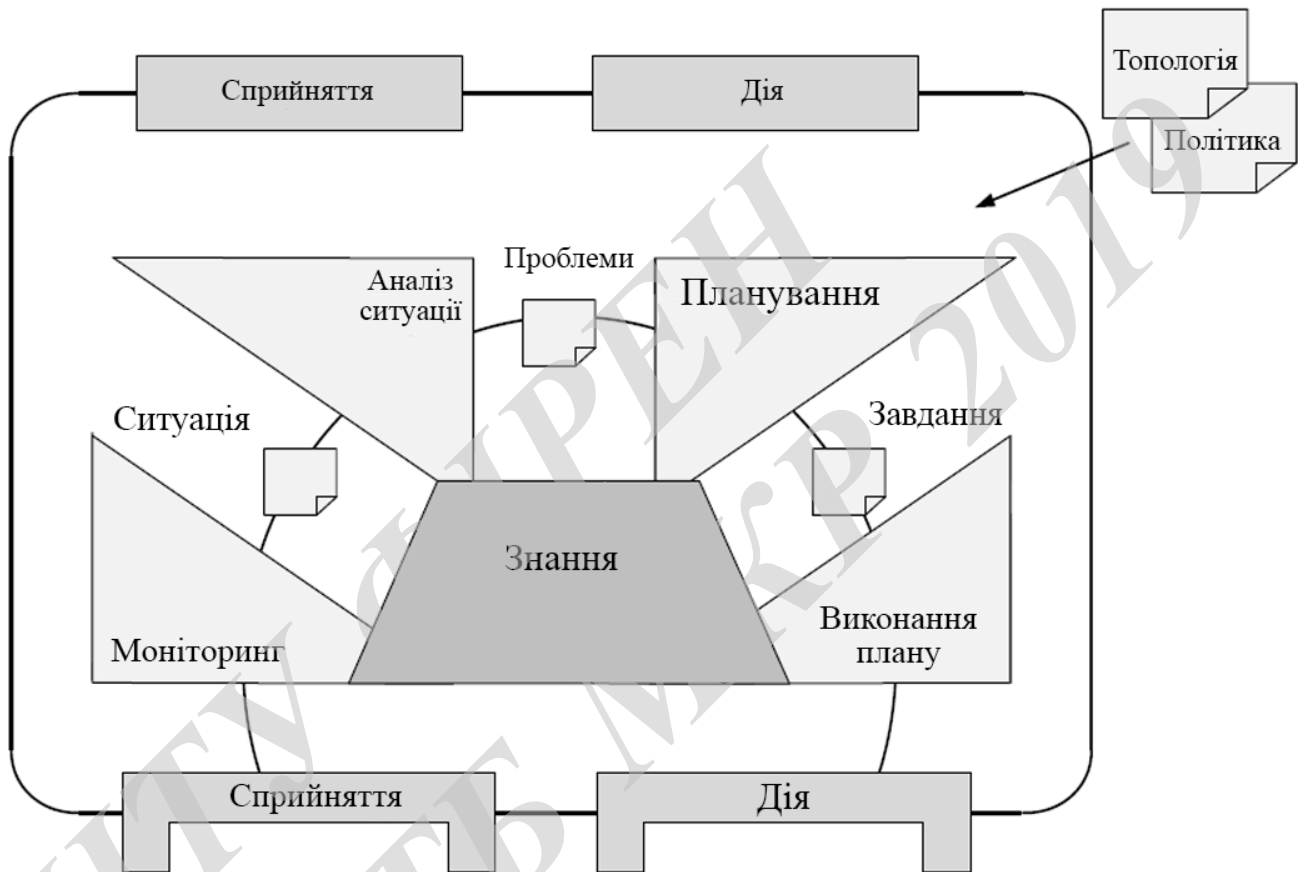


					08-34.МКР.005.00.000 Е8		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Козюк О.Ю.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Васильківський М.В.				1	1
Реценз.					ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.		Васильківський М.В.					
Затверд.		Бортник Г.Г.					
Мультиагентна система.							

Моніторинг



					08-34.МКР.005.00.000 Е8					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ІТ інфраструктура при наявності Fulfillment шару.					
Розроб.		Козюк О.Ю.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Васильківський М.В.							1	1
Реценз.								ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.		Васильківський М.В.								
Затверд.		Бортник Г.Г.								



					08-34.МКР.005.00.000 Е8					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Архітектура інтелектуального агента.					
Розроб.		Козюк О.Ю.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Васильківський М.В.							1	1
Реценз.								ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.		Васильківський М.В.								
Затверд.		Бортник Г.Г.								

Таблиця Р.1 – Допустимі показники мікроклімату в приміщенні

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Ia	21-25	18-26	75	≤0,1
Теплий		22-28	20-30	55 при 28°С	0,1-0,2

Таблиця Р.2 – ГДК шкідливих речовин [4]

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Агрегатний стан	Клас небезпеки
Озон	0,1	Пара	4
Оксиди азоту	5	Пара	2
Пил	4	Аерозоль	2

Таблиця Р.3 – Число іонів у 1 см³ повітря приміщення роботі на ЕОМ

Рівні	Мінімально необхідні	Оптимальні	Максимально допустимі
додатній	400	1500-3000	50000
від'ємний	600	3000-5000	50000

Таблиця Р.4 – Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення і мінімальні освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта позрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість для штучного освітлення, лк			КПО для бокового освітлення, %	
						комбіноване		загальне	Природного	Суміщеного
						всього	у т. ч. від загального			
Середньої точності	0,5-1	IV	в	середній	середній	400	200	200	1,5	0,9

Таблиця Р.5 – Допустимі рівні звукового тиску і еквівалентні рівні

Рівні звукового тиску в дБ в октавних полосах з середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Таблиця Р.6 – Нормовані рівні вібрації [45]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних полосах з середньо-геометричними частотами, Гц								Коректовані рівні віброприскорення, дБА
8	16	31,5	63	125	250	500	1000	
73	73	79	85	91	97	103	109	76

Таблиця Р.7 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення [46]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
3	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	нн нн	нн нн

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см; M1 – $M \leq 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $M \leq 40$ см – для вертикальних і похилих конструкцій; нн – не нормується.

Таблиця Р.8 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Відстань між будівлями та спорудами, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , для кількості поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	B	3	100	60	40	110	9	12	15	3	5200	3500	2600