

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

Навчально-науковий
інститут електроенергетики
 (навчально-науковий інститут)
Факультет інформаційних технологій
 (факультет)
 Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
 (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістра

Здобувача вищої освіти _____ Чокана Олександра Геннадійовича _____
 (ПІБ)
 академічної групи _____ 123М-23-1 _____
 (шифр)
 спеціальності _____ 123 Комп'ютерна інженерія _____
 (код і назва спеціальності)
 за освітньо-професійною програмою _____ «Комп'ютерна інженерія» _____

(офіційна назва)

на тему «Обґрунтування структури та параметрів мережевих пристроїв компанії АМТ з
 детальною розробкою додатку моніторингу мережевого інформаційного навантаження.» _____

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Шедловський І.А.			
розділів:				
синтез системи	доц. Ткаченко С.М.			
розроблення програмного забезпечення	ас. Бешта Л.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	проф. Цвіркун Л.І.			

Дніпро
2024

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
 (повна назва)

_____ В.В. Гнатушенко
 (підпис) (ініціали, прізвище)

« _____ » _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра
 (бакалавра, магістра)

здобувача вищої освіти Чокан О.Г академічної групи 123М-23-1
 (прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

за освітньою-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія»
 (офіційна назва)

на тему «Обґрунтування структури та параметрів мережевих пристроїв компанії АМТ з
детальною розробкою додатку моніторингу мережевого інформаційного навантаження»,
 затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 17 жовтня 2024 р. №1388-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів практик, інших науково-технічних джерел сформулювати наукове завдання, конкретизувати предмет та мету досліджень	11.10.2024
Теоретичний	Обґрунтувати теоретичну базу розв'язання наукового завдання, якому присвячено роботу	25.10.2024
Синтез системи	Розробка комп'ютерної системи компанії АМТ	15.11.2024
Розроблення програмного забезпечення	Розробка програмного забезпечення додатку моніторингу мережі компанії АМТ	29.11.2024
Експериментальний розділ	Проведення і обробка результатів експериментів	06.12.2024

Завдання видано _____
 (підпис керівника)

доц. Шедловський І.А.
 (прізвище, ініціали)

Дата видачі 06 вересня 2024 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії

10.12.2024 р.

Прийнято до виконання _____
 (підпис здобувача)

Чокан О.Г
 (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 126 ст., 33 рис., 3 табл., 2 дод., 9 джерел.

Об'єкт дослідження: мережа компанії АМТ, включаючи сервери, мережеві пристрої та додаток для моніторингу навантаження.

Мета роботи: обґрунтування структури мережі та параметрів мережевих пристроїв для компанії АМТ, а також розробка додатку для моніторингу мережевого навантаження.

Методи дослідження та апаратура: аналіз мережевого трафіку за допомогою різних методів, моделювання та програмування. Використано Python та бібліотеки для аналізу мережі (Psutil, Bootstrap).

Результати та новизна: Розроблено додаток для моніторингу, що дозволяє відслідковувати трафік і виявляти аномалії в реальному часі. Новизна — інтеграція додатку з існуючою мережею.

Основні характеристики і показники: Додаток автоматично генерує звіти та надає візуалізацію даних про трафік, використання каналу та перевантаження.

Ступінь впровадження: Структура мережі впроваджена, додаток проходить тестування та оптимізацію.

Взаємозв'язок з іншими роботами: Зв'язок з дослідженнями у сфері моніторингу трафіку, оптимізації мереж і кібербезпеки.

Рекомендації щодо використання результатів: Розробка може бути використана для оптимізації мереж на підприємствах середнього та великого бізнесу.

Галузь застосування: ІТ-інфраструктура підприємств, де важлива стабільність і безпека мереж.

Економічна ефективність: рішення знижує витрати на обслуговування мережі, підвищуючи ефективність та безпеку.

Значущість роботи та висновки: робота важлива для підвищення стабільності та безпеки мережі компанії, знижуючи ризики перевантажень.

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних познач, одиниць і термінів	6
Вступ.....	7
1 Стан питання та постановка завдання	8
1.1 Загальні відомості про об'єкт впровадження	9
1.2 Особливості комп'ютерної системи компанії АМТ	12
1.3 Аналіз існуючих систем моніторингу мережевого навантаження.....	14
1.3.1 Базові системи моніторингу мережі.....	14
1.3.2 Категорії систем моніторингу мережі.....	15
1.4 Особливості існуючих компонентів та підсистем	16
1.4.1 Проблеми систем та мереж та методи їх вирішення	17
1.4.2 Проблеми систем та мереж та методи їх вирішення	18
1.5 Аналіз програм які використовує компанія.....	19
1.6 Аналіз мережевої інфраструктури та потреба у її модернізації та мета дослідження.....	22
2 Теоретичний розділ.....	23
2.1 Розрахунки трафіку мережі	23
2.2 Комп'ютерне і статистичне імітаційне моделювання.....	25
2.3 Методи моделювання комп'ютерних мереж.....	27
2.3.1 Математичне моделювання мережі як системи масового обслуговування	28
2.3.2 Потоки в мережах	30
2.3.3 Однорідні експоненціальні мережі.....	32
2.3.4 Розв'язок моделі в мультиплікативній формі.....	34
2.3.5 Метод Бузена.....	41
3 Синтез комп'ютерної системи підприємства з інтернет продажів.....	45
3.1 Призначення, функції системи.....	45
3.2 Схема функціональної структури комп'ютерної системи.....	46
3.3 Структура комплексу технічних засобів комп'ютерної системи компанії	47
3.4 Схема структури інформаційних зв'язків комп'ютерної системи компанії	49

3.5 Особливості структурної схеми комп'ютерної системи компанії.....	51
3.6 Характеристики використаних апаратних засобів.....	55
4 Розробка програмного забезпечення додатку моніторингу мережі компанії АМТ	64
4.1 Призначення й сфера застосування програми моніторингу	64
4.2 Обґрунтування технічних характеристик програми моніторингу	65
4.3 Обґрунтування технічних характеристик програми моніторингу	67
4.4 Опис розробленої програми моніторингу.....	68
4.4.1 Загальні відомості.....	69
4.4.2 Функціональне призначення	70
4.4.3 Використовувані технічні засоби.....	70
4.4.4 Виклик і завантаження	71
4.4.5 Вхідні дані	72
4.4.6 Вихідні дані	73
4.4.7 Опис логічної структури програми.....	74
4.4.8 Розробка структурної схеми	76
5 Експериментальний розділ.....	78
5.1 Розробка математичної моделі мережі як замкнутої системи масового обслуговування	78
5.2 Розрахунок параметрів мережі по її моделі.....	80
5.2.1 Параметри роботи мережі в (штатному) режимі.....	83
5.2.2 Робота мережі на граничній пропускній спроможності.....	86
5.3 Робота мережі із скоригованими характеристиками проблемних вузлів...	89
Висновки	93
Перелік посилань	94
Додаток А.....	95
Додаток Б	104

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

ІМ – імітаційне моделювання;

МО – масове обслуговування;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

РПС – розподілена процесорна система;

WAN-порт (Wide Area Network) – це мережевий порт;

VLAN – віртуальна локальна мережа;

1С – програма бухгалтерського звіту;

МСГТ – мала сільсько-господарська техніка;

SW(switch) – комутатор;

КМ – комп'ютерна мережа.

ВСТУП

Великі компанії, які займаються продажем побутової та сільськогосподарської техніки, все частіше стикаються з необхідністю створення надійної мережевої інфраструктури для підтримки роботи своїх віддалених працівників. Це важливо для забезпечення безперебійної роботи з такими програмами, як 1С, Vitrix, віртуальними дисками та віддаленими робочими столами. Одним з основних напрямків є створення системи моніторингу, яка дозволить слідкувати за навантаженням на мережу, швидко реагувати на можливі проблеми та підтримувати стабільність роботи мережі.

Компанія АМТ, яка спеціалізується на продажу техніки для дому та сільського господарства, потребує чітко продуманої структури мережевих пристроїв і системи для моніторингу, щоб забезпечити швидку обробку даних та доступ до необхідних ресурсів для своїх працівників. Така система дозволить уникнути перевантажень, збільшити продуктивність та захистити інформацію компанії.

Метою є дослідження структури мережевих пристроїв для компанії АМТ та розробка додатку для моніторингу навантаження на мережу, що допоможе слідкувати за інформаційними потоками і забезпечити їх стабільність.

Основні завдання дослідження:

- проаналізувати поточний стан мережевих рішень і можливості для моніторингу;
- визначити вимоги до мережевої інфраструктури, включаючи маршрутизатори, комутатори, засоби захисту даних, а також програмні рішення для моніторингу;
- розробити концепцію додатку, який зможе автоматично фіксувати навантаження, надсилати сповіщення про проблеми і знижувати ризик перевантаження;
- оцінити, як автоматизація моніторингу може підвищити ефективність роботи мережі.

Об'єкт дослідження це компанії АМТ, яка повинна забезпечувати стабільну роботу для працівників, що використовують віддалені робочі місця, програми 1С, Bitrix та інші корпоративні сервіси.

Предметом дослідження є організаційні та технічні аспекти впровадження системи моніторингу навантаження в мережеву інфраструктуру компанії АМТ.

Методи дослідження:

- дослідження літературних джерел – для ознайомлення з сучасними мережевими рішеннями і методами моніторингу;
- системний аналіз – для розробки архітектури мережі і планування її управління;
- експертні оцінки – для уточнення вимог до інтеграції додатку моніторингу.

Отже, впровадження сучасної системи моніторингу для мережі компанії АМТ дозволить знизити ризик перевантаження, покращити захист даних і створити зручне середовище для роботи співробітників, що безпосередньо вплине на їх продуктивність та якість обслуговування клієнтів.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт дослідження

Компанія АМТ спеціалізується на сборі продажі сільгосп техніки, різної садової та побутової техніки. Для цього в компанії створені різні ланки співробітників.

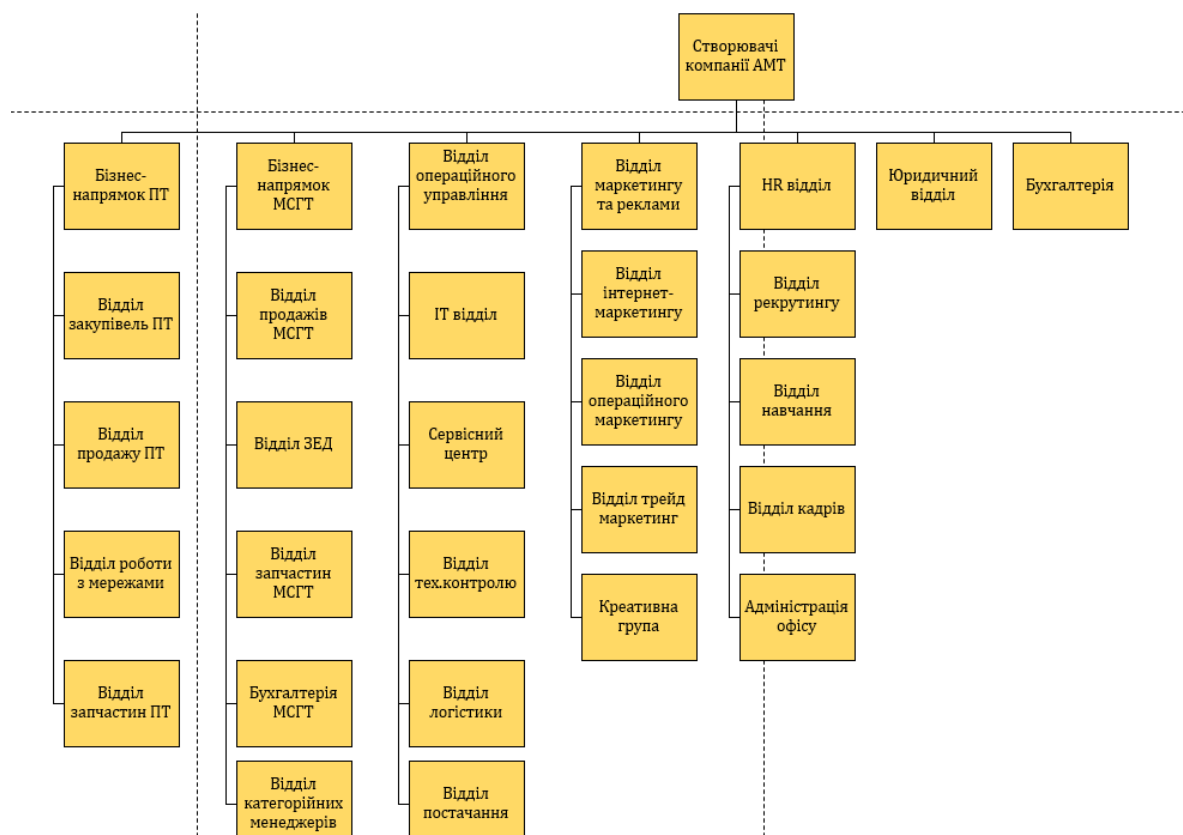


Рисунок 1.1 – Схема посад співробітників

На схемі зображено організаційну структуру компанії, яка складається з різних відділів, кожен з яких виконує свої конкретні функції. Структура охоплює кілька напрямків діяльності, які спеціалізуються на різних продуктах і послугах. Зокрема, напрямок ПТ (побутова техніка) зосереджується на продажах побутових приладів. Відділи, які обслуговують цей напрямок, займаються закупівлею, продажем, роботою з мережами та постачанням запчастин для техніки.

Другий ключовий напрямок – МСГТ (мала сільськогосподарська техніка), який спеціалізується на продажах і реалізації сільськогосподарської техніки, зокрема тракторів, культиваторів, газонокосарок тощо. Важливо зазначити, що компанія не обмежується просто перепродажем готової техніки – вона має власні бренди і займається комплексним виробничим процесом. Це включає закупівлю комплектуючих, складання техніки та її доставку клієнтам. Для цього створено численні відділи, кожен з яких відповідає за свою частину процесу, забезпечуючи ефективність і якість роботи.

Загалом структура компанії включає відділи закупівель, продажів, логістики, постачання, контролю якості, IT, сервісного обслуговування та багато інших. Відділ маркетингу та реклами відповідає за просування продукції, створення рекламних кампаній і розвиток брендів. Окремо функціонує креативна група, яка займається розробкою оригінальних рішень для реклами та дизайну. Відділ інтернет-маркетингу фокусується на онлайн-продажах і просуванні в цифрових каналах.

Також важливу роль відіграють юридичний відділ, бухгалтерія та HR-відділ. Юридичний відділ забезпечує дотримання законодавства, бухгалтерія відповідає за фінансову прозорість, а HR-відділ працює над рекрутингом, навчанням та розвитком персоналу. Адміністрація офісу координує внутрішню діяльність компанії.

Таким чином, така велика кількість ланок працівників обумовлена інтегрованим підходом до продажів. Компанія не лише забезпечує постачання техніки, але й займається її адаптацією, складанням і забезпеченням сервісної підтримки.

Далі представлено схему приміщення, компанія орендує цілий поверх, тому схему було розділено на дві частини так як вона вийшла великою:

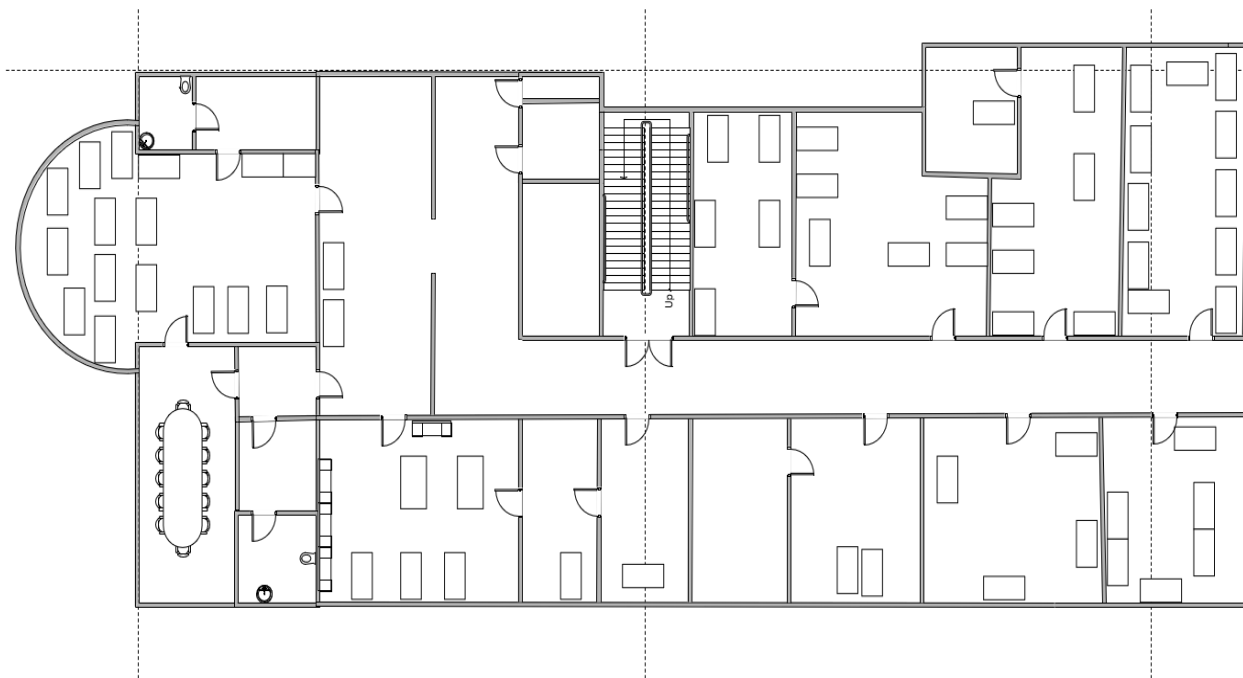


Рисунок 1.2 – Схема приміщення робочих місць компанії АМТ частина 1



Рисунок 1.3 – Схема приміщення робочих місць компанії АМТ частина 2

На схемах зображені офіси, кабінети та робочі місця для працівників усіх підрозділів компанії. Варто зазначити, що розташування робочих місць на схемі є приблизним, оскільки компанія активно розширюється, що призводить до постійних змін у плануванні.

Особливої уваги заслуговує адаптація компанії до умов пандемії COVID–19. У цей період було впроваджено заходи для забезпечення можливості роботи працівників із дому. Було проведено часткове переобладнання приміщень і закуплено додаткову техніку, необхідну для дистанційної роботи, зокрема ноутбуки, вебкамери, гарнітури тощо. Такий підхід дозволив компанії гнучко реагувати на зміни та швидко адаптуватися до нових умов роботи.

На сьогоднішній день гнучка організація робочого процесу дає можливість вирішувати проблему обмеженої кількості робочих місць у офісі. Якщо кількість працівників перевищує кількість наявних робочих місць, компанія відправляє частину співробітників із більш високою кваліфікацією працювати віддалено. Це дозволяє ефективно використовувати ресурси та підтримувати продуктивність на високому рівні.[1]

Таким чином, наведені схеми приміщень відображають не тільки поточний стан організації робочих місць, але й демонструють здатність компанії до динамічної перебудови процесів відповідно до потреб часу.

1.2 Особливості комп'ютерної системи компанії АМТ

В сучасній компанії, особливо в умовах високих інформаційних навантажень, надійна мережа стає основою для безперебійної роботи всіх процесів. Для компанії АМТ, яка спеціалізується на продажі побутової та сільськогосподарської техніки, питання стабільності мережі набуває особливої ваги, оскільки значна частина інфраструктури, зокрема відеоспостереження та серверне обладнання, тісно пов'язані із центральними серверами. Тут зберігається критично важлива інформація та розміщені віддалені робочі столи, які

використовуються працівниками для доступу до програм 1С, Bitrix, віртуальних жорстких дисків тощо.

З розвитком технологій, інструменти для моніторингу мережі дозволяють здійснювати детальний аналіз навантаження і своєчасно реагувати на перевантаження. Для компанії АМТ, впровадження системи моніторингу мережевого навантаження є важливим кроком для забезпечення захищеного доступу до серверного обладнання і стабільної роботи відеоспостереження. Наявність розумної системи моніторингу дозволить уникнути проблем із затримками, збоями та забезпечить належний рівень безпеки даних.

Ключову роль у цій інфраструктурі відіграє розробка додатку для моніторингу мережевого навантаження, який забезпечить доступ до інформації про поточне навантаження на сервери, трафік відеоспостереження та використання ресурсів віддаленими робочими столами. Інтерфейс додатку дозволить оперативно відстежувати та аналізувати завантаження мережі, швидко реагувати на аномалії, оптимізувати використання ресурсів та надавати звіти. Інтеграція IoT-рішень і засобів інтелектуального моніторингу підвищить ефективність роботи всієї мережевої інфраструктури, забезпечивши компанії АМТ високий рівень стабільності та продуктивності. Цей додаток необхідний компанії через те, що в середині 2024 року сталося лихо, в центральний офіс компанії потрапила ракета яка зруйнувала половину будівлі. Але компанія повинна була продовжувати працювати в таких надскладних умовах. Деяка частина обладнання була пошкоджена або зруйнована, тому все що вціліло було під'єднано грубо кажучи на «око». Зараз компанія вийшла на більше менш стабільний рівень і почалися ремонти, необхідно відновлювати мережу на рівень який був або навіть більший рівень через те, що компанія навіть намагається розвиватися і наймає нових працівників.

1.3 Аналіз існуючих систем моніторингу мережевого навантаження

Існує безліч систем моніторингу мережевого навантаження, які відрізняються функціоналом, масштабованістю та рівнем інтеграції. Основними цілями цих систем є забезпечення високої доступності та своєчасне реагування на проблеми.

1.3.1 Базові системи моніторингу мережі

Прості системи моніторингу зазвичай базуються на простих інструментах для ручного моніторингу параметрів мережі, таких як швидкість з'єднання, пропускна здатність і стан підключення до Інтернету. Ці системи часто застосовуються на невеликих об'єктах, зокрема в офісах з малою кількістю користувачів або в невеликих компаніях, де необхідний мінімальний контроль над мережею. Такі системи забезпечують базову інформацію про стан мережі з мінімальними витратами на впровадження та обслуговування, однак у корпоративних мережах їх використання призводить до обмеженої функціональності. Вони не дозволяють отримувати детальні дані про трафік, що є критичним для компаній з високим навантаженням на сервери та великим обсягом даних. У випадках раптових збоїв або перевантажень, такі системи часто не можуть своєчасно реагувати, що може призводити до простоїв та втрати продуктивності.

У великих компаніях, таких як АМТ, де робочі процеси залежать від стабільного доступу до серверів та мережі, використання базових систем моніторингу стає неефективним через обмежені можливості з точки зору захисту від перевантажень та контролю доступу до критичних служб. Однією з таких систем є Zabbix який встановлено для моніторингу статусів серверів компанії, але він не може показати яке йде навантаження на мережу враховуючі усе обладнання яке під'єднане до мережі.

1.3.2 Категорії систем моніторингу мережі

Системи моніторингу мережевого навантаження можна класифікувати на кілька категорій, виходячи з їх функціональності, типу ліцензування та архітектури. Основні категорії включають:

а) системи з відкритим кодом:

1) Zabbix: Потужний інструмент для моніторингу мережі, серверів і додатків. Підтримує SNMP, IPMI, має гнучкі тригери та можливість автоматичного виявлення пристроїв.

2) Nagios: Одна з найстаріших систем з архітектурою плагінів. Пропонує гнучку систему сповіщень і можливість інтеграції з іншими системами, такими як Grafana.

3) Observium: Автоматично виявляє мережеві пристрої, підтримує SNMP, надає гнучку візуалізацію даних та зручний інтерфейс.

б) комерційні системи:

1) SolarWinds Network Performance Monitor (NPM): Орієнтований на великий бізнес, автоматично виявляє пристрої, підтримує NetFlow, має розширені можливості візуалізації та сповіщення.

2) PRTG Network Monitor: Інтуїтивно зрозумілий інструмент з комерційною ліцензією, який використовує сенсори для моніторингу різних параметрів, автоматично виявляє пристрої та підтримує SNMP та NetFlow.

в) спеціалізовані інструменти:

1) Wireshark: Інструмент для аналізу мережевого трафіку на рівні пакетів, підходить для глибокого аналізу проблем у мережі.

2) NetFlow Analyzer: Спеціалізується на моніторингу трафіку, підтримує NetFlow та sFlow, оптимізує пропускну здатність і виявляє загрози в реальному часі. [2]

Отже, можна дійти висновку, що вибір системи моніторингу залежить від потреб компанії, обсягу даних і рівня автоматизації.

1.4 Особливості існуючих компонентів та підсистем

У сучасних організаціях ефективна мережева інфраструктура є ключовим елементом для забезпечення стабільної та продуктивної роботи всіх підрозділів. Мережа підтримує широкий набір функцій, включаючи роботу серверів різних типів і доступ до централізованих ресурсів з комп'ютерів і ноутбуків.

Серверне обладнання. Компанія використовує кілька типів серверів для різних цілей: файлові сервери для зберігання документів, сервери баз даних для роботи з корпоративною інформацією, веб-сервери, сервери для відеоспостереження і сервери для віртуалізації, які дозволяють організувати роботу з віддаленими робочими столами. Ці сервери забезпечують збереження і централізований доступ до даних, що підвищує безпеку і зручність роботи з корпоративними ресурсами. У ролі серверного ПЗ найчастіше використовуються Microsoft Windows Server для зручності налаштування, Linux-сервери для гнучкості та відкритого коду, а також системи віртуалізації на базі Hyper-V і VMware, які дозволяють ефективно розподіляти ресурси. Кожен тип серверного ПЗ має свої особливості: Windows Server відомий простотою та інтеграцією з іншим ПЗ Microsoft, тоді як Linux пропонує більше варіантів налаштування та контролю, а системи віртуалізації сприяють ефективнішому використанню апаратних ресурсів.

Робочі пристрої. У компанії використовується близько 150 стаціонарних комп'ютерів і 50 ноутбуків, які підключені до мережі. Під'єднання до мережі дозволяє використовувати централізовані ресурси, такі як сервери і файлові сховища, з будь-якої точки, що особливо важливо для організації віддаленої роботи. Для забезпечення безпеки всі пристрої налаштовуються з обмеженим доступом до критично важливих ресурсів та мають регулярні оновлення безпеки, що знижує ризики зловмисних атак.

1.4.1 Проблеми систем та мереж та методи їх вирішення

Комплексна мережа в організації, яка об'єднує сервери різних типів, робочі станції, ноутбуки, а також мережеві принтери та сканери, має значні переваги, але потребує продуманої стратегії для подолання потенційних проблем. Розглянемо детальніше виклики та способи їх вирішення для кожного компонента.

а) Серверне обладнання:

1) Проблеми, які можуть виникати:

- апаратні відмови та несправності можуть призвести до втрати даних і порушення роботи сервісів;
- загрози безпеці: сервери можуть стати мішенню для атак, таких як злом, віруси та шкідливе пз.

2) Методи вирішення:

- використання резервного копіювання і налаштування кластерів серверів для забезпечення високої доступності;
- регулярне оновлення пз і встановлення антивірусів, фаєрволів та систем виявлення загроз;
- розподіл ролей і відповідальності між серверами для зменшення наслідків відмови окремих елементів.

б) Робочі станції та ноутбуки:

1) Проблеми, які можуть виникати:

- затримки та зниження продуктивності при великій кількості підключених пристроїв;
- ризики безпеки, пов'язані з вірусами, шкідливим пз та фішингом.

2) Методи вирішення:

- використання мережевої сегментації для зменшення навантаження та поліпшення керованості;
- встановлення антивірусного пз і налаштування обмежень доступу, щоб запобігти можливим атакам і втраті даних.

в) Мережеві принтери та сканери:

1) Проблеми, які можуть виникати:

- навантаження на мережу. Мережеві принтери і сканери використовують широку пропускну здатність для передачі великих обсягів даних, що може призводити до перевантаження мережі;
- кібербезпека. небезпека несанкціонованого доступу до мережевих принтерів і сканерів може привести до витоку конфіденційних даних;
- сумісність. принтери та сканери можуть мати проблеми із сумісністю зі старими операційними системами або мережевими протоколами.

2) Методи вирішення:

- налаштування пріоритетів трафіку для забезпечення рівномірного використання ресурсів;
- використання шифрування при передачі даних та обмеження доступу до налаштувань пристроїв;
- оновлення драйверів і пз для підвищення сумісності і функціональності, а також впровадження механізмів авторизації для контролю доступу до пристроїв.

1.4.2 Потенційні проблеми у мережі в цілому

Вразливість до кібератак: Кожен елемент мережі може стати мішенню для кібератак, що може призвести до витоку даних, зниження продуктивності або збоїв у роботі.

Високий рівень складності управління: наявність великої кількості підключених пристроїв і серверів робить керування інфраструктурою досить складним.

Методи вирішення проблем у мережі.

- Впровадження систем моніторингу: Системи на зразок Zabbix, PRTG, SolarWinds дозволяють автоматизувати процес моніторингу і контролювати стан кожного компонента мережі.
- Резервування та розподіл навантаження: Використання резервних каналів зв'язку, налаштування балансування навантаження, що забезпечить стабільність навіть при значному навантаженні.
- Регулярне оновлення і обслуговування: Всі компоненти повинні оновлюватися та проходити технічне обслуговування для запобігання неполадок.
- Сегментація мережі: Розділення мережі на зони з окремими рівнями доступу дозволяє зменшити ризики зараження шкідливим ПЗ, а також оптимізувати використання ресурсів.

Загальні переваги та ефективність комплексної мережі. Розподілена мережа з компонентами, що забезпечують передачу голосу, відео, зберігання даних і взаємодію між пристроями, дозволяє покращити ефективність роботи всієї компанії. Впровадження методів захисту, резервування, моніторингу та обслуговування зменшує ризики і забезпечує надійність та стабільність мережі. Така інфраструктура дозволяє швидко та ефективно вирішувати завдання комунікації, безпеки, зберігання та обробки даних, що є критично важливими для сучасних підприємств. [3]

1.5 Аналіз програм які використовує компанія

1С:Підприємство – це ERP-система, що широко використовується для автоматизації управлінського, фінансового, бухгалтерського обліку та інших бізнес-процесів в Україні та СНД. Вона охоплює різні сфери, від роздрібної торгівлі до виробництва, і дозволяє вести облік діяльності підприємства. Її основні функції включають бухгалтерський облік та звітність, управління продажами, складом і закупівлями, управління персоналом та зарплатами, а також CRM для управління взаємодією з клієнтами та аналітика. Перевагами 1С є велика кількість готових

конфігурацій для різних галузей, легкість у налаштуванні під потреби бізнесу, підтримка законодавчих оновлень та інтеграція з іншими системами.

Однак недоліками є висока вартість ліцензій, складність використання для новачків і необхідність в технічній підтримці. ІС:Підприємство має ряд аналогів, таких як SAP ERP, Microsoft Dynamics 365 і Zoho Books. SAP ERP відома своєю високою надійністю та гнучкістю для великих підприємств, пропонуючи модулі для управління фінансами, виробництвом і ресурсами, але її основним недоліком є висока вартість і складність налаштування. Microsoft Dynamics 365 надає інструменти для управління фінансами, продажами та маркетингом і добре інтегрується з іншими продуктами Microsoft, але також вимагає значних інвестицій для впровадження. Zoho Books є економічнішою альтернативою, що підходить для малого бізнесу і включає основні функції бухгалтерського обліку, але менш функціональна для великих підприємств.[4]

Bitrix24 – це система для управління проектами, комунікацією та CRM, яка може використовуватися в хмарі або локально. Вона пропонує широкий спектр інструментів для спільної роботи, обліку клієнтів, автоматизації продажів та інтеграції з іншими сервісами. Bitrix24 має такі функції, як CRM для управління клієнтами та лідами, інструменти для спільної роботи, управління проектами і завданнями, автоматизація бізнес-процесів та маркетингових кампаній. Переваги включають гнучку систему тарифів, потужну CRM, можливість хмарного або локального розгортання та інтеграцію з популярними інструментами. Серед недоліків – обмежена функціональність у безкоштовній версії, деяка складність інтерфейсу та обмеження для великомасштабних підприємств. Bitrix24 має такі альтернативи, як Zoho CRM, Salesforce і Microsoft Dynamics 365 CRM. Zoho CRM популярна завдяки широким можливостям для управління лідами і доступній ціні, особливо підходить для малого та середнього бізнесу, хоча може бути менш масштабованою для великих організацій. Salesforce вважається провідною CRM-системою для великих підприємств, пропонує широкий спектр функцій та потужну аналітику, але коштує дорожче і потребує часу для освоєння. Microsoft Dynamics 365 CRM добре підходить для компаній, що вже використовують інші продукти

Microsoft, надаючи інтеграцію і аналітику, але вона також має високі витрати на впровадження.[5]

М.Е.Дос – українська програма для електронного документообігу та подання звітності в державні органи. Основні функції включають підготовку та подання електронної звітності, обмін документами з контрагентами, підписання документів електронним цифровим підписом та інтеграцію з бухгалтерськими програмами. До переваг можна віднести простоту інтеграції з іншими бухгалтерськими програмами, відповідність українському законодавству, підтримку електронного підпису та вибір форм звітності. Серед недоліків – обмеженість на використання поза Україною, складний інтерфейс для новачків та регулярні витрати на оновлення. М.Е.Дос має аналоги, зокрема FREDO Звіт, Cabinet.minfin.gov.ua та Сота. FREDO Звіт інтегрується з 1С та забезпечує електронний документообіг для подання звітності в Україні, але має обмежену функціональність поза українським ринком. Cabinet.minfin.gov.ua – це безкоштовний державний сервіс для подання звітності, але з меншою функціональністю для корпоративного використання. Сота також пропонує інструменти для електронної звітності і має простий інтерфейс, хоча і з меншим набором функцій, ніж М.Е.Дос.[6]

The Bat! – поштовий клієнт з можливостями управління електронною поштою з високим рівнем безпеки, підтримкою шифрування та безлічі облікових записів. Функції включають шифрування повідомлень, потужний фільтр спаму, автоматизацію управління поштою та підтримку PGP і S/MIME. Серед переваг – високий рівень захисту даних, гнучкість налаштувань для облікових записів та підтримка шаблонів і фільтрів. Однак, програма має обмежену інтеграцію з іншими інструментами, відсутність хмарного доступу і складний інтерфейс для нових користувачів. The Bat! має аналоги Microsoft Outlook, Mozilla Thunderbird та Gmail Web Client. Microsoft Outlook є поштовим клієнтом із розширеними функціями календаря і організації, підходить для корпоративних користувачів, але менш оптимізований для роботи з кількома поштовими скриньками. Mozilla Thunderbird – безкоштовний поштовий клієнт з розширеннями, але може вимагати додаткового налаштування для безпеки. Gmail Web Client пропонує зручний доступ до

електронної пошти з хмари, але має обмеження на налаштування для корпоративного використання.[7]

1.6 Аналіз мережевої інфраструктури та потреба у її модернізації та мета дослідження

У сучасному підприємстві функціонування мережевої інфраструктури базується на значній кількості підсистем, які використовуються для забезпечення бізнес-процесів. До таких підсистем належать комп'ютери, мережеві принтери та сканери, серверні комплекси та інші компоненти, необхідні для стабільної роботи компанії. Кожна з цих підсистем вимагає певної пропускної здатності, надійності та масштабованості мережі, і їхній сукупний обсяг використання ресурсів зростає разом із розвитком підприємства.

Через розширення компанії постає потреба у модернізації та розширенні мережі для підтримки більшого навантаження та забезпечення зростаючої кількості робочих місць та підключених пристроїв. Щоб оцінити поточні можливості мережі, виявити потенційно критичні вузли та визначити оптимальні шляхи її подальшого розвитку, необхідно попередньо проаналізувати і розрахувати пропускні можливості на рівні розподілу.

Ціль дослідження: провести детальні розрахунки та моделювання комп'ютерної мережі, які дозволять оцінити її можливості, виявити критичні елементи та надати обґрунтовані рекомендації для удосконалення рівня розподілу мережі. Це забезпечить більш високу надійність і продуктивність мережевої інфраструктури, дозволяючи компанії підтримувати ефективність роботи та забезпечувати стабільний зв'язок між підсистемами в умовах розширення.

2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунки мережі

Для перевірки надійності мережі потрібно провести розрахунки.

Після моніторингу мережі було задано такі параметри:

- кількість вузлів в найбільшій мережі: 74;
- середня довжина повідомлення: $l=1470$ байт;
- середня інтенсивність трафіку: $\mu=689$ (кадрів/с) ;
- потрібна затримка передачі пакету – ≤ 1 мс.

Вихідний трафік пересилається на маршрутизатор в лінію з пропускною здатністю 1000 Мбіт/с.

Пропускна здатність мережі рівня розподілу обчислюється таким чином: Чотири комутатори рівня доступу підходять для одного комутатора рівня розподілу, а загальна кількість користувачів становить 74, тому пропускна здатність мережі рівня розподілу однакова:

$$P_{p,p} = \mu \cdot l \cdot N \cdot 8, \quad (2.1)$$

де N – кількість вузлів в найбільшій мережі.

$$P_{p,p} = 689 \cdot 1470 \cdot 74 \cdot 8 = 600 \text{ Мбіт/с}$$

Отримані при розрахунку результати не перевищують задані параметри мережі.

Комутатор рівня розподілу пересилає трафік на маршрутизатор через вихідну лінію з пропускною здатністю 1000Мбіт/с.

Загальне навантаження на комутатор не повинно перевищувати:

$$\mu_{\text{вих}} = 1\,000\,000\,000 / (1500 \cdot 8) = 83333 \text{ пакетів/с}$$

Оскільки кожне джерело виробляє в середньому 689 пакетів, то ми обмежені приєднанням до комутатора рівня розподілу максимум:

$$N = 83333 / 689 = 120 \text{ джерел.}$$

Що задовольняє мережу на 74 комп'ютерів.

Кожен з 74 ПК посилає потік заявок з інтенсивністю 689 кадрів/с.

Інтенсивність вихідного трафіку від всіх користувачів:

$$\lambda = N \cdot \mu \quad (2.2)$$

$$\lambda = 74 \cdot 689 = 50986 \text{ пакетів/с}$$

Показник завантаженості вихідного каналу зв'язку, який впливає на час стояння в черзі:

$$\rho = \lambda / \mu_{\text{вих}} \quad (2.3)$$

$$\rho = 50986 / 83333 = 0,6$$

Коефіцієнт зайнятості комутатора рівня розподілу:

$$r = \rho / (1 - \rho) \quad (2.4)$$

$$r = 0,6 / (1 - 0,6) = 1,5$$

Середня затримка кадру, пов'язана з чергою М/М/1, дорівнює:

$$T = 1 / ((\mu - \lambda)) \quad (2.5)$$

$$T = 1 / (83333 - 50986) = 30,9 \text{ мкс}$$

Середня довжина черги:

$$L_{\text{чер}} = \rho^2 / (1 - \rho) \quad (2.6)$$

$$L_{\text{чер}} = (0,6)^2 / (1 - 0,6) = 0,9$$

Середній час перебування пакета в черзі

$$T_{\text{оч}} = L_{\text{чер}} / \lambda \quad (2.7)$$

$$T_{\text{оч}} = 0,9 / 50986 = 17,6 \text{ мкс}$$

Пропускна здатність каналу:

$$\lambda = (\text{пропускна здатність}) / (\text{довжина кадру}) = b / l$$

$$b = \lambda * l \quad (2.8)$$

$$b = 50986 * 1500 * 8 = 611,8 \text{ Мб/с}$$

Що задовольняє пропускній здатності вихідного каналу в 1000Мбіт/с. [8]

2.2 Комп'ютерне і статистичне імітаційне моделювання

Комп'ютерне моделювання базується на:

- створенні математичних моделей для опису досліджуваних процесів;
- застосуванні сучасних високопродуктивних обчислювальних машин, здатних виконувати мільйони операцій за секунду та вести інтерактивний діалог із користувачем.

Суть цього методу полягає у проведенні серії обчислювальних експериментів із використанням математичної моделі на ЕОМ. Такий підхід дозволяє вивчати властивості об'єктів або процесів, визначати їх оптимальні параметри й режими роботи, а також уточнювати моделі.

Типи математичних моделей:

- Аналітичні моделі. Вони описують РПС у вигляді функціональних залежностей (лінійні, нелінійні, диференціальні чи інтегральні рівняння, системи рівнянь). Проте їх можна застосовувати лише для простих РПС, оскільки складні явища потребують спрощення, що призводить до втрати точності. Навіть якщо аналітичну модель для складного РПС вдається створити, її обчислення може бути надто складним.

- Імітаційні моделі. Вони реалізуються у вигляді чисельних експериментів, які розбивають функціонування РПС на елементарні явища, підсистеми та модулі. Для кожного елемента створюється алгоритм, що зберігає логічну структуру та часову послідовність.

ІМ – це комплекс методів, що включає алгоритмізацію, програмну реалізацію, організацію та виконання обчислювальних експериментів. Алгоритмізація полягає в поопераційному описі функціонування підсистем із деталізацією, яка відповідає вимогам моделі.

Основні переваги ІМ:

- Можливість детально описати поведінку компонентів системи.
- Відсутність обмежень між параметрами моделі та умовами середовища.
- Дослідження динаміки взаємодії компонентів у часі й просторі.

ІМ доцільно використовувати у випадках, коли:

- постановка задачі дослідження ще не завершена, а модель слугує засобом вивчення;
- аналітичні методи надто складні чи трудомісткі;
- потрібно спостерігати поведінку компонентів системи протягом певного часу;
- неможливо досліджувати явища в реальних умовах;
- необхідно контролювати перебіг процесів, уповільнюючи чи прискорюючи їх;
- модель використовується для навчання та підготовки кадрів;
- досліджуються нові ситуації для перевірки стратегій або правил;
- важливо передбачити вузькі місця в роботі системи.

Попри переваги, ІМ має певні недоліки:

- висока вартість і тривалість розробки якісних моделей;
- можливість отримання неточних результатів через похибки моделі;
- часті помилки методологічного характеру.

Проте, завдяки універсальності, ІМ залишається одним із найпоширеніших методів аналізу складних систем.

Для систем, що зазнають випадкових впливів, використовують імовірнісні моделі:

- Аналітичні імовірнісні моделі. Вони враховують випадкові фактори через імовірнісні характеристики (закони розподілу, кореляційні функції). Проте складність їх побудови обмежує застосування лише до простих систем.

- Імовірнісні імітаційні моделі. Вони дозволяють враховувати випадкові фактори без суттєвих ускладнень, що робить їх придатними для складних систем.

Результати таких моделей є випадковими реалізаціями, тому для об'єктивності необхідно багаторазово повторювати моделювання з подальшою статистичною обробкою.

Метод Монте-Карло використовується для створення на ЕОМ випадкових числових послідовностей із заданими ймовірнісними властивостями. Його

використовують не лише для статистичного моделювання, а й для чисельного розв'язання задач інтегрування та рівнянь.

Основні етапи статистичного моделювання:

- Генерація випадкових послідовностей за допомогою методу Монте-Карло.
- Обробка отриманих даних на математичних моделях.
- Статистична обробка результатів.

2.3 Методи моделювання комп'ютерних мереж

Аналітичне моделювання базується на математичних підходах, таких як теорія масового обслуговування, теорія ймовірностей, марковські процеси та методи дифузійної апроксимації. Для побудови моделей також використовуються диференціальні й алгебраїчні рівняння, які описують поведінку мережі в часі.

Аналітичні моделі дозволяють розв'язувати широкий спектр задач, пов'язаних із дослідженням комп'ютерних мереж. Однак цей метод має певні обмеження:

- Суттєві спрощення: більшість аналітичних моделей передбачають значне спрощення вихідних даних, що може вплинути на достовірність результатів.
- Складність розрахунків: у разі моделювання складних мереж обчислення можуть стати надто громіздкими й трудомісткими.

Через ці недоліки аналітичне моделювання не завжди здатне адекватно описати реальні ситуації. У деяких випадках математична мова виявляється недостатньо гнучкою для відображення реальних подій та явищ. Навіть коли можливо побудувати формалізовану модель, оптимізація складних задач може перевищувати обчислювальні можливості сучасних алгоритмів.

Імітаційне моделювання є другим методом і часто виступає найкращим, а іноді й єдиним підходом для дослідження реальних систем, зокрема комп'ютерних мереж.

Термін «імітаційне моделювання» відображає необхідність проведення

обчислювальних експериментів, адже поведінка системи важко передбачувана. Для прогнозування змін досліджуваної системи використовуються початкові параметри, що задаються як вихідні дані.

Головна відмінність між аналітичним та імітаційним моделюванням полягає у способі представлення системи. Якщо аналітична модель використовує математичний опис взаємозв'язків між змінними, то імітаційна модель розбиває систему на дрібні функціональні елементи або модулі. Поведінка всієї системи імітується через сукупність взаємодій цих елементів.

Імітаційна модель створюється шляхом встановлення зв'язків між елементами системи, що формують єдину структуру. Розрахунки проводяться поетапно: від вхідного елемента через усі інші елементи до вихідного, дозволяючи дослідити поведінку системи у визначених умовах.

2.3.1 Математичне моделювання мережі як системи масового обслуговування

Продуктивність пристрою визначається обсягом роботи, виконаної ним за одиницю часу. Це дозволяє розрахувати:

- Тривалість обслуговування повідомлення, яка є відношенням обсягу роботи до швидкодії пристрою.
- Інтенсивність обслуговування – величину, зворотну середній тривалості обслуговування, що вимірюється у повідомленнях за секунду.

Сукупна інтенсивність обслуговування центру визначається числом повідомлень, що перебувають у ньому, включаючи як ті, що обробляються, так і ті, що очікують у черзі. У багатьох випадках, за наявності кількох обслуговуючих пристроїв, продуктивність центру зростає пропорційно до їх кількості.

Цей підхід дозволяє враховувати особливості різних центрів обслуговування і їхню здатність адаптуватися до зміни навантаження, що є важливим аспектом у теорії масового обслуговування.

$$\mu_i(n_i) = \begin{cases} n_i \mu_i, & 0 \leq n_i \leq A_i, \\ A_i \mu_i, & n_i > A_i, i = \overline{1, M}, \end{cases}$$

(2.9)

де A_i - кількість однакових обслуговуючих приладів у i -му центрі.

Нехай τ_k - довжина обслуговування k -го повідомлення. Якщо величини випадкові τ_k ($k \geq 1$) незалежні в сукупності і володіють однаковою функцією розподілу $F(t)$, то таке обслуговування називається рекурентним. Основні аналітичні результати в теорії мереж масового обслуговування отримані для випадків, коли перетворення Лапласа функції розподілу часу обслуговування відповідає заданим умовам.

$$\tilde{F}(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} dF(t) \quad (2.10)$$

є раціональною функцією вигляду

$$\tilde{F}(s) = \tilde{E}(s)/\tilde{B}(s), \quad (2.11)$$

де $\tilde{E}(s)$ і $\tilde{B}(s)$ - відповідно поліноми ступеня d_1

Клас функцій розподілу, що мають раціональне перетворення Лапласа, включає в себе значну кількість різних розподілів, які широко застосовуються в теорії масового обслуговування. Серед них можна виділити експоненціальний розподіл, який відзначається своєю простотою та універсальністю, розподіл Ерланга, що використовується для моделювання процесів обслуговування з кількома фазами, а також гіперекспоненціальний розподіл, який дозволяє враховувати більшу варіативність у процесах. Ці розподіли характеризуються специфічними математичними властивостями, зокрема середнім значенням, дисперсією, а також виглядом функції щільності та інтегральної функції розподілу. Детальна інформація про ці розподіли й їх властивості наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Характеристики деяких розподілів

Тип розподілу	Функція розподілу	Математичне сподівання	Дисперсія	Перетворення Лапласа
Експоненціальний	$F(t) = 1 - e^{-\mu t}, t \geq 0$	$\tau = \frac{1}{\mu}$	$D = \frac{1}{\mu^2}$	$\tilde{F}(s) = \frac{\mu}{\mu + s}$
Ерланга k-го порядку	$F(t) = 1 - e^{-\mu t} \times \sum_{j=0}^{k-1} \frac{(k\mu t)^j}{j!}, t \geq 0$	$\tau = \frac{1}{\mu}$	$D = \frac{1}{k\mu^2}$	$\tilde{F}(s) = \left(\frac{k\mu}{k\mu + s}\right)^k$
Гіперекспоненціальний k-го порядку	$F(t) = 1 - \sum_{i=1}^k b_i \mu_i e^{-\mu_i t}, \sum_{i=1}^k b_i = 1, t \geq 0$	$\tau = \begin{cases} \frac{1}{\mu}, \mu_i = \mu \\ \sum_{i=1}^k \frac{b_i}{\mu_i}, \text{ в інш. сум.} \end{cases}$	$D = \frac{1}{\mu^2} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k b_i b_j \times \left(\frac{1}{\mu_i} - \frac{1}{\mu_j}\right)^2$	$F(s) = \sum_{i=1}^k \frac{b_i \mu_i}{\mu_i + s}$

2.3.2 Потоки в мережах

Після припинення обслуговування в одному центрі міграція повідомлень з одного центру в інший відбувається за заданим маршрутом.

Маршрут визначає послідовність мережевих центрів, через які проходить повідомлення. Для мережі МО маршрут повідомлення задається матрицею маршрутів P . Характеристика матриці P залежить від типу мережі – відкритої або закритої. У відкритій мережі МО повідомлення можуть надходити із зовнішніх джерел і виходити з мережі після завершення обслуговування.

Взявши зовнішнє джерело за новий центр мережі та позначивши його індексом 0, маршрути у відкритій мережі задаються матрицею ймовірностей. $P = \| \| P_{ij} \| \|$, де P_{0j} P_{i0} – відповідно ймовірність надходження в j -й центр повідомлення з джерела і ймовірність покидання повідомленням мережі після закінчення обслуговування в i -му центрі; P_{ij} – ймовірність того, що повідомлення, що йде з i -го центру, перейде в j -й центр ($i, j = \overline{1, M}$).

Очевидно, що виконується рівність

$$\sum_{j=0}^M P_{ij} = 1 \quad (i = 0, 1, \dots, M) \quad (2.12)$$

Інтенсивність $e_i \lambda(N)$ складається з інтенсивності надходження повідомлень в i -й центр з джерела $P_{0i} \lambda(N)$ і інтенсивності надходження від інших центрів $e_j P_{ji} \lambda(N)$ ($j = \overline{1, M}$). Таким чином, величини e_i задовольняють наступній системі лінійних рівнянь:

$$e_i = P_{0i} + \sum_{j=1}^M e_j P_{ji}, \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad (2.13)$$

Розв'язок системи рівнянь для замкненої мережі масового обслуговування існує і єдиний за умови, що стохастична матриця маршрутів PP є невідродженою. У замкненій мережі повідомлення не надходять ззовні і не покидають мережу. Кількість повідомлень у системі залишається постійною і дорівнює NN .

Матриця P , яка визначає ймовірності переходів повідомлень між вузлами мережі, є стохастичною та нерозкладною. У замкненій мережі така матриця не містить нульових рядків і стовпців, оскільки в системі немає джерел або поглиначів повідомлень. У порівнянні з відкритими мережами, це означає, що всі повідомлення залишаються в межах системи, циркулюючи між її вузлами.

Система лінійних рівнянь, що описує баланс потоків у замкненій мережі, набуває вигляду, який враховує ці умови.

$$e_i = \sum_{j=1}^M e_j P_{ji}. \quad (2.14)$$

Оскільки кількість незалежних рівнянь у системі (2.6) на одиницю менша за кількість змінних, її розв'язок є єдиним з точністю до мультиплікативного множника. Тобто, якщо $e = \{e_1, e_2, \dots, e_M\}$ – розв'язок системи рівнянь (2.14), то при $\varepsilon \neq 0$ розв'язком є і $\varepsilon e = \{\varepsilon e_1, \varepsilon e_2, \dots, \varepsilon e_M\}$. Для відшукування однозначного розв'язку системи рівнянь (2.14) достатньо довільно задати значення e_i , наприклад покласти $e_i = 1$. У цьому випадку величину e_i можна інтерпретувати як середнє число

відвідувань повідомленням центру $j (j = \overline{1, M})$ між двома послідовними відвідуваннями ним першого центру.

Нехай λ_i – потік, що проходить через i -й центр ($i = \overline{1, M}$) в стаціонарному режимі. Тоді вираз $\lambda_i = e_i \lambda_1$ зв'язує потоки, що проходять через i -й і перший центри мережі.

2.3.3 Однорідні експоненціальні мережі

Математичне дослідження мереж МО описує просту однорідну експоненціальну мережу, тобто функція розподілу тривалості обслуговування в центрі є експоненціальною, а потік вхідних повідомлень є пуассонівським (якщо мережа відкрита). Було відзначено чудовий факт, що в цьому типі мережі стаціонарна ймовірність станів мережі має мультиплікативну форму. Цей факт є основою для подальших аналітичних досліджень більш загальних МО-мереж і для розробки ефективних алгоритмів розрахунку властивостей МО-мереж.

Розглянемо однорідну замкнену мережу МО з багатолінійними центрами, дисципліною обслуговування ПО, в якій циркулюють N повідомлень відповідно до матриці маршрутів $P = \|P_{ij}\|$. Тривалість обслуговування повідомлення приладом i -го центру розподілена за експоненціальним законом з параметром $\mu_i, i = \overline{1, M}$, так, що загальна інтенсивність обслуговування будь-якого центру визначається виразом (2.4). Розглянемо багатовимірний випадковий процес

$$N(t) = \{n_1(t), n_2(t), \dots, n_M(t)\}, \quad (2.15)$$

де $n_k(t)$ – число повідомлень, що знаходяться в k -му центрі (у черзі і на обслуговуванні) у момент t ($k = \overline{1, M}$), і позначимо через

$$P(n, t) = P\{n_1(t) = n_1, n_2(t) = n_2, \dots, n_M(t) = n_M, t\} \quad (2.16)$$

імовірність того, що у момент t мережа знаходиться в стані $n = \{n_1, n_2, \dots, n_M\}$.

Позначимо через $S(N, M)$ множину M -вимірних векторів з невід'ємними цілочисельними координатами

$$S(N, M) = \left\{ n; n_i \geq 0, \sum_{i=1}^M n_i = N \right\}, \quad (2.17)$$

потужність якої (кількість станів) дорівнює C_{N+M-1}^{M-1} .

Випадковий процес $N(t)$, визначений у просторі станів $S(N, M)$, є марковським, оскільки періоди обслуговування в центрі мережі розподіляються за степеневим законом. Аналізуючи можливі переходи цього процесу за проміжок часу dt і переходячи до границі при $dt \rightarrow 0$, одержуємо наступну систему прямих диференціальних рівнянь Колмогорова:

$$\begin{aligned} \frac{dP(n, t)}{dt} = & - \left(\sum_{k=1}^M \gamma(n_k) \alpha(n_k) \mu_k \right) P(n, t) + \\ & + \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^M \gamma(n_k) \alpha_i(n_i + 1) \mu_i P_{ik} P(n - 1_k + 1_i), \end{aligned} \quad (2.18)$$

де 1_i – вектор, i -а координата якого дорівнює 1, а інші дорівнюють нулю; функція $\alpha_k(n_k) = \min\{n_k, A_k\}$ визначає число повідомлень, що знаходяться на обслуговуванні в k -му центрі ($k = \overline{1, M}$), коли загальне число повідомлень в ньому дорівнює n_k ; $\gamma(n_i) = 0$ при $n_i = 0$ і $\gamma(n_i) = 1$ при $n_i \neq 0$.

Розглянемо рішення для системи (2.18) в усталеному режимі, яка завжди існує в замкнутій мережі МО. Нехай ліва похідна системи рівнянь (2.18) дорівнює нулю для ймовірності $N(t)$ стаціонарного розподілу марковського процесу.

$$P(n) = \lim_{t \rightarrow \infty} P(n, t)$$

з урахуванням тотожності $\gamma(n_k)\alpha_k(n_k) = \alpha_k(n_k)$ одержуємо наступну систему лінійних різницевих рівнянь:

$$\sum_{k=1}^M \alpha_k(n_k)\mu_k P(n) = \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^M \gamma(n_k)\alpha_i(n_i + 1)\mu_i P_{ik} P(n - 1_k + 1_i), n \in S(N, M) \quad (2.19)$$

Ліва частина – це частка переходів зі стану n , а права – частка переходів у цей стан. Рівняння (2.19) називають рівнянням глобальної рівноваги.

2.3.4 Розв'язок моделі в мультиплікативній формі

Переходячи до розв'язання системи рівнянь (2.19), введемо функцію

$$\beta_k(n_k) = \begin{cases} n_k! \mu_i, n_k \leq A_k, \\ A_k! A_k^{n_k - A_k}, n_k > A_k, \end{cases} \quad (2.20)$$

яка може бути представлена також рекурсивно:

$$\begin{aligned} \beta_k(0) &= 1, \\ \beta_k(n_k) &= \alpha_k(n_k)\beta_k(n_k - 1), n_k = 1, 2, \dots, N, \end{aligned} \quad (2.21)$$

введемо заміну змінних в (2.19):

$$P(n) = \prod_{i=1}^M \beta_i^{-1}(n_i) Q(n) \quad (2.20)$$

Після підстановки (2.22) в (2.19) одержимо нову систему рівнянь відносно $Q(n)$:

$$\sum_{k=1}^M \alpha_k(n_k)\mu_k Q(n) = \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^M \alpha_k(n_k)\mu_i P_{ik} Q(n - 1_k + 1_i), \quad (2.23)$$

Якщо представити $Q(n)$ у вигляді функції M невідомих параметрів x_i :

$$Q(n) = \prod_{i=1}^M x_i \text{const}$$

$$(2.24)$$

і підставити у вираз (2.23), то (2.23) набуває наступного простого вигляду:

$$\sum_{k=1}^M \alpha_k(n_k) \left\{ \mu_k - \sum_{i=1}^M \mu_i P_{ik} \left(\frac{x_i}{x_k} \right) \right\} = 0 \quad (2.25)$$

З метою подальшого спрощення останньої системи рівнянь припустимо, що всі N повідомлень знаходяться в j -му центрі $j = \overline{1, M}$, отже, в решті центрів повідомлення відсутні. Враховуючи, що функція $\alpha_k(n_k)$ в цьому випадку за означенням дорівнює нулю для всіх $k \neq j$, одержуємо

$$\mu_k x_k = \sum_{i=1}^M (\mu_i x_i) P_{ik} \quad (2.26)$$

або, ввівши позначення $e_i = \mu_i x_i$,

$$e_k = \sum_{i=1}^M e_i P_{ik}, k = \overline{1, M}. \quad (2.27)$$

Отже, невідомі параметри x_k визначаються з системи лінійних рівнянь (2.19), рішення якої в силу припущення про вид маршрутної матриці P єдине з точністю до мультиплікативної константи ε .

Отже, стаціонарний розподіл ймовірностей станів цієї замкнутої однорідної експоненціальної мережі МО має вигляд

$$P(n) = \prod_{i=1}^M [x_i^{n_i} / \beta_i(n_i)] G_M^{-1}(N). \quad (2.28)$$

Нормалізуюча константа $G_M(N)$ визначається з умови нормування

$$1 = \sum_{n \in S(N, M)} P(n) = G_M^{-1} \sum_{n \in S(N, M)} \prod_{i=1}^M [x_i^{n_i} / \beta_i(n_i)] \quad (2.29)$$

Тут підсумовування ведеться по всіх C_{N-1}^{M+N-1} можливих станах вектора $n \in S(N, M)$.

З (2.29) витікає, що

$$G_M(N) = \sum_{n \in S(N, M)} \prod_{i=1}^M [x_i^{n_i} / \beta_i(n_i)] \quad (2.30)$$

Підставляючи (2.30) в (2.28) і враховуючи, що $x_i = e_i / \mu_i$, одержуємо остаточно

$$P(n) = \frac{\prod_{i=1}^M \frac{e_i^{n_i}}{[\mu_i^{n_i} \beta_i(n_i)]}}{\sum_{n \in S(N, M)} \prod_{i=1}^M \frac{e_i^{n_i}}{[\mu_i^{n_i} \beta_i(n_i)]}} \quad (2.31)$$

З останнього виразу видно, що стаціонарні імовірності $P(n)$ не залежать від константи ε з точністю, до якої визначаються значення вектора ε , і мають вид добутку, співмножники якого $Z_i(n_i) = e_i^{n_i} / [\mu_i^{n_i} \beta_i(n_i)] (i = \overline{1, M})$ є стаціонарні імовірності станів i -го центру, що розглядається окремо від мережі.

Формули (2.30) і (2.31) дозволяють визначати різні імовірнісні характеристики мережі МО. Наприклад, ймовірність того, що кількість повідомлень в i -му однолінійному центрі ($i = \overline{1, M}$) більше або рівне n , має вигляд

$$P(n_i \geq n, N) = \frac{x_i^n}{G_M(N)} \sum_{n \in S(N-n, M)} \prod_{j=1}^M x_j^{n_j} = \frac{x_i^n G_M(N-n)}{G_M(N)} \quad (2.32)$$

З останнього виразу, з урахуванням того, що

$$P_i(n, N) = P(n_i \geq n, N) - P(n_i \geq n+1, N), \quad \text{визначається} \quad \text{граничний}$$

розподіл числа повідомлень, що знаходяться в i -му вузлі ($i = \overline{1, M}$):

$$P_i(n, N) = x_i^n [G_M(N - n) - x_i G_M(N - n - 1)] / G_M(N) \quad (2.33)$$

Вирази справедливі відповідно для мереж, що не залежать від навантаження, і мереж, в яких залежність інтенсивності обслуговування центру від числа повідомлень у ньому визначається.

Основною метою використання моделей мереж масового обслуговування (МО) для аналізу обчислювальних систем та мереж є оцінка різних показників якості їх функціонування, а також характеристик самої мережі. Однією з таких ключових характеристик є розподіл ймовірностей станів $P(n)$, який визначає ймовірність того, що мережа буде перебувати в певному стані з n повідомленнями або об'єктами в системі.

Іншими важливими характеристиками однорідних експоненціальних мереж є час обслуговування, що визначає середній час, який система витрачає на обробку одного повідомлення або запиту. Інтенсивність обслуговування, в свою чергу, вимірює середнє число повідомлень, які система може обробити за одиницю часу. Час перебування в системі відображає середній час, протягом якого повідомлення або об'єкт перебувають у системі, від часу надходження до завершення обслуговування. Час очікування в черзі характеризує середній час, що повідомлення проводить у черзі до обслуговування. Також важливою є ймовірність того, що система буде вільною, тобто ймовірність того, що всі обслуговуючі ресурси не зайняті обробкою повідомлень. Ці характеристики дозволяють оцінити ефективність мережі та зрозуміти, як навантаження впливає на її працездатність і швидкість обробки запитів.

За аналогією з рівнянням (2.33), граничний розподіл кількості повідомлень у периферійному центрі визначається як:

$$\begin{aligned} P_M(n, N) &= \sum_{n \in S(N, M), n_M = n} \prod_{i=1}^M Z_i(n_i) / G_M(N) = \\ &= Z_M(n) \sum_{n \in S(N-n, M-1)} \prod_{i=1}^M Z_i(n_i) / G_M(N), \quad n = \overline{1, N}. \end{aligned} \quad (2.34)$$

З урахуванням виразу (2.34) для нормалізуючої константи маємо

$$P_M(n, N) = Z_M(n)G_{M-1}(N - n)/G_M(N) \quad (2.35)$$

Для одержаної таким чином мережі застосовується вираз (2.35). Легко бачити, що для центру M , який не залежить від навантаження ($\mu_M(n) = \mu_M$), вираз (2.31) перетвориться до вигляду (2.19).

Інтенсивність потоку повідомлень, що виходять з i -го центру $\lambda_i(N)$, визначається як середнє число заявок, які обслуговуються в цьому центрі за одиницю часу.

Інтенсивність потоку можна обчислити, враховуючи кількість повідомлень, які потрапляють до i -го центру на обслуговування, а також швидкість обслуговування в цьому центрі. Це дозволяє зрозуміти, як навантаження на мережу та окремі її центри змінюється в залежності від кількості оброблених повідомлень і визначити, чи є система збалансованою та ефективною.

$$\lambda_i(N) = \sum_{n=1}^N P_i(n, N)\mu_i(n) \quad (2.36)$$

$$Z_i(n)\mu_i(n) = Z_i(n - 1)e_i \quad (2.37)$$

Підставляючи (2.34) і (2.35) в (2.36), одержуємо для $i = \overline{1, M}$

$$\lambda_i(N) = e_i \sum_{n=1}^N \frac{Z_i(n - 1)G_{i-1}(N - n)}{G_i(N)} = e_i G_i(N - 1)/G_i(N) \quad (2.38)$$

Для випадку, коли інтенсивність обслуговування в i -му центрі продуктивність $\lambda_i(N)$ може бути визначена через середню кількість зайнятих приладів в i -му центрі $u_i(n)$:

$$\lambda_i(N) = \sum_{n=1}^N \mu_i(n) P_i(n, N) = \mu_i u_i(N), i = \overline{1, M} \quad (2.39)$$

де $u_i(n)$ задовольняє наступному співвідношенню:

$$u_i(N)/u_j(N) = e_i \mu_i^{-1} / e_j \mu_j^{-1}. \quad (2.40)$$

Співвідношення (2.40) дозволяє визначити характеристики зайнятості і пропускної спроможності для всіх центрів, якщо розраховані або вимірні характеристики одного вузла.

З (2.39) і (2.40) встановлюється рівність нормованих пропускних спроможностей для кожного центру

$$\lambda_i(N)/e_i = \lambda_j(N)/e_j \quad (2.41)$$

Із співвідношення $u_i(N) \leq u_i(N+1)$ ($N = 0, 1, \dots$) слідує, що при $N \rightarrow \infty$ один з центрів, наприклад j -й, виявиться насиченим, так що $u_j(\infty) = A_j$. Очевидно, що пропускна спроможність цього центру при $N \rightarrow \infty$ буде $\lambda_j(\infty) = A_j \mu_j$ і значення $u_j(\infty)$, $\lambda_j(\infty)$ для решти центрів мережі можуть бути визначені з (2.37). Цей прийом часто використовується при дослідженні деяких асимптотичних властивостей замкнених мереж масового обслуговування.

Математичне сподівання числа повідомлень в M -му центрі з урахуванням виразу (2.35) має вигляд

$$L_M(N) = \sum_{n=1}^N n P_M(n, N) = \frac{1}{G_M(N)} \sum_{n=1}^N n Z_M(n) G_{M-1}(N-n) \quad (2.42)$$

Для вузла, що не залежить від навантаження, вираз, що описує середню довжину черги в центрі, спрощується:

$$L_i(N) = \sum_{n=1}^N x_i^n G_M(N-n) / G_M(N), i = \overline{1, M} \quad (2.43)$$

Відповідно до формули Літгла середній час перебування повідомлення в i -му центрі обслуговування $T_i(N)$ дорівнює відношенню середньої довжини черги до середньої інтенсивності вхідного потоку. Тому в усталеному режимі сила вихідного струму дорівнює силі вхідного:

$$T_i(N) = L_i(N) / \lambda_i(N), \quad i = \overline{1, M}. \quad (2.44)$$

Особливий інтерес становить час циклу $V_i(N)$. Це середнє значення інтервалу часу між часом відправлення з i -го центру і часом першого надходження даного повідомлення в цей центр. Якщо $e_i=1$, значення e_j можна інтерпретувати як середню кількість відвідувань j -го повідомлення центру між двома послідовними відвідуваннями i -го центру. Таким чином, середній загальний час, який повідомлення проводить у j -му центрі протягом часу циклу, становить: $e_j T_j(N)$.

$$V_i(N) = \sum_{j=1}^M e_j T_j(N) \quad (2.45)$$

Підставляючи в (2.45) вираз (2.44) і враховуючи співвідношення (2.41), яке в даному випадку має вигляд $\lambda_i(N) = \lambda_j(N) e_j$, маємо:

$$V_i(N) = [N - L_i(N)] / \lambda_i(N).$$

Розглянута в попередньому пункті методика дослідження локально збалансованих мереж МО дає можливість отримати розв'язки в практичній мультиплікативній формі. Однак наведене рішення залежить від константи нормалізації. Константа нормалізації, яка має відносно просту форму у відкритих МО мережах, є сумою добутків $Z_1(n_1), Z_2(n_2), \dots, Z_M(n_M)$ для замкнених мереж. Кількість доданків в цій сумі відповідає потужності простору станів мережі і навіть для однорідних замкнених мереж складає C_{N+M-1}^{M-1} . Оскільки простір станів мережі

МО комбінаторно зростає зі збільшенням кількості центрів, класів і повідомлень, продуктивність простору станів мережі швидко покращується, тому неможливо безпосередньо обчислити константу нормалізації для великовимірних мереж дуже важко.

З цієї причини були розроблені спеціальні методи розрахунку ймовірностей стаціонарного стану та інших особливостей закритих МО-мереж, які в своїй сукупності становлять окремий розділ теорії МО-мереж.

Основою для більшості цих алгоритмів є рекурсивний метод Бузена (алгоритм згортки).

2.3.5 Метод Бузена

Відповідно до цього методу алгоритм розрахунку нормалізуючої константи

$$G_M(N) = \sum_{n \in (N, M)} \prod_{i=1}^M Z_i(n_i), \quad (2.38)$$

де множник $Z_i(n_i)$ має вигляд

$$Z_i(n_i) = \begin{cases} e_i^{n_i} / \prod_{j=1}^{n_i} \mu_i(j), & \text{якщо центр } i \text{ залежить від навантаження,} \\ (e_i / \mu_i)^{n_i}, & \text{якщо центр } i \text{ не залежить від навантаження,} \end{cases}$$

а простір станів мережі

$$S(n, M) = \left\{ \mathbf{n} = (n_1, n_2, \dots, n_M) \left| \sum_{i=1}^M n_i = N, n_i \geq 0, i = \overline{1, M} \right. \right\} \quad (2.39)$$

зводиться до простої ітеративної процедури, суть якої полягає в наступному.

Розглянемо функцію

$$g(n, m) = \sum_{n \in S(n, m)} \prod_{i=1}^m Z_i(n_i). \quad (2.40)$$

Очевидно, що при $g(N, M) = G_M(N)$ та $g(n, M) = G_M(n)$ для $n = \overline{0, N}$

при $m > 1$ маємо

$$g(n, m) = \sum_{k=1}^n \left[\sum_{n \in S(n, m), n_m = k} \prod_{i=1}^M Z_i(n_i) \right] = \sum_{k=0}^n Z_m(k) \sum_{n \in S(n-k, m-1)} \prod_{i=1}^{m-1} Z_i(n_i) =$$

$$= \sum_{k=0}^n Z_m(k) g(n-k, m-1).$$

Таким чином, для мережі, що складається з центрів, інтенсивність обслуговування яких залежить від навантаження

$$G_M(N) = \sum_{k=1}^N Z_M(k) G_{M-1}(N-k).$$

Якщо центр t не залежить від навантаження, той вираз (2.39) можна спростити. В цьому випадку

$$Z_m(k) = (e_m / \mu_m)^k = x_m^k = x_m Z_m(k-1). \quad (2.41)$$

Підставивши (2.41) у вираз (2.39), після спрощень одержуємо

$$g(n, m) = g(n, m-1) + x_m g(n-1, m). \quad (2.42)$$

Формули (2.42) і (2.39) дозволяють здійснювати рекурентне обчислення $g(n, m)$ при початкових умовах $g(n, 1) = Z_1(n), n = \overline{1, N}$, та $g(0, m) = 1, m = \overline{1, M}$.

У табл. 2.1 і 2.2 показаний схематичний опис алгоритму Бузена. Стівці таблиці заповнюються послідовно зверху вниз. Якщо центр t не залежить від навантаження, то елементи стівця t обчислюються по формулі (2.42), інакше – використовується вираз (2.40) і для відшукування $Z_j(k)$ застосовується рекурентний вираз

$$Z_i(k) = \begin{cases} \frac{e_i}{\mu_i(k)} Z_i(k-1), & \text{якщо вузол } i \text{ залежить від навантаження,} \\ x_i Z_i(k-1), & \text{якщо вузол } i \text{ не залежить від навантаження.} \end{cases} \quad (2.43)$$

Шукане значення нормалізуючої константи $G_M(N)$ знаходиться у нижньому правому куті таблиці.

Подальше спрощення обчислювальної процедури можливе в окремому випадку мереж, що залежать від навантаження, коли m -й центр мережі містить A_m однакових обслуговуючих приладів. При цьому інтенсивність обслуговування m -го центру:

$$\mu_m(k) = \begin{cases} k\mu_m, & \text{якщо } 0 \leq k \leq A_m, \\ A_m\mu_m, & \text{якщо } k > A_m; \end{cases} \quad (2.44)$$

$$Z_m(k) = \begin{cases} \frac{x_m^k}{k!}, & \text{якщо } 0 \leq k \leq A_m, \\ \frac{x_m^k}{A_m! A_m^{k-A_m}}, & \text{якщо } k > A_m \end{cases} \quad (2.45)$$

Останній вираз можна записати у рекурентному вигляді

$$Z_m(k) = x_m d_m(k) Z'_m(k-1), k \geq 1, \quad (2.46)$$

де $Z'_m(k) = x_m^k$;

$$d_m(k) = \begin{cases} [k!]^{-1}, & \text{якщо } 0 \leq k \leq A_m \\ [A_m! A_m^{k-A_m}]^{-1}, & \text{якщо } k > A_m + 1. \end{cases} \quad (2.47)$$

Підставляючи (2.46) в (2.39), одержуємо

$$g(n, m) = g(n, m-1) + x_m \left[\sum_{k=0}^{A_m-1} \frac{1}{k+1} Z_m(k) g(n-k-1, m-1) + \sum_{k=A_m}^{n-1} \frac{1}{A_m} Z_m(k) g(n-k-1, m-1) \right] \quad (2.48)$$

Після перетворень маємо остаточно

$$g(n, m) = g(n, m-1) + \left(+ \frac{x_m}{A_m} \left[g(n-1, m) + \sum_{k=0}^{A_m-2} \left(\frac{A_m-k-1}{k+1} \right) Z_m(k) g(n-k-1, m-1) \right] \right)$$

Для мережі, що не залежить від навантаження ($A_m = 1, m = \overline{1, M}$), вираз (2.49) співпадає з (2.42). Якщо $A_m = 2$, то

$$g(n, m) = g(n, m - 1) + x_m [g(n - 1, m) + g(n - 1, m - 1)]/2.$$

вираз (2.49) дозволяє значно скоротити обчислення по порівнянню з прямим використанням формули (2.39) для випадку, коли центр t складається з кількох однакових обслуговуючих центрів.

Відмітимо, що нормалізуючі константи, які обчислені в результаті роботи описаного вище алгоритму не є однозначними, оскільки залежать від конкретного вибору величин e_j , які визначаються з системи рівнянь

$$e_j = \sum_{i=1}^M e_i P_{ij}, j = \overline{1, M}.$$

Розв'язок цієї системи рівнянь, єдиний з точністю до мультиплікативної константи, тому конкретне значення нормалізуючи констант $G_M(n)$ можна одержати шляхом довільного завдання e_{i^*} , наприклад $e_{i^*} = 1$.

3 СИНТЕЗ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ КОМПАНІЇ АМТ

3.1 Призначення, функції системи

Підсистема моніторингу мережі призначена для забезпечення ефективного управління локальною мережею підприємства шляхом збору, аналізу та відображення інформації про її стан. Її основне призначення полягає у створенні умов для стабільної роботи мережевої інфраструктури, виявлення проблемних зон, оптимізації використання ресурсів та забезпечення високого рівня продуктивності всіх підключених пристроїв.

Функції підсистеми включають в себе збір даних про мережевий трафік, аналіз отриманої інформації для визначення середнього та пікового навантаження, а також виявлення можливих перевантажень. Підсистема дозволяє отримувати дані про швидкість завантаження та вивантаження інформації, стан окремих сегментів мережі та їхню продуктивність. Це дає змогу своєчасно реагувати на будь-які зміни в роботі мережі, попереджати проблеми або усувати їх до того, як вони стануть критичними.

Програма моніторингу, яка є ключовою частиною підсистеми, виконує функцію інтерактивного інструменту для користувачів. Вона забезпечує зручний графічний інтерфейс, де в реальному часі відображається інформація про стан мережі, навантаження на окремі сегменти та пристрої, а також рекомендації для оптимізації. Завдяки цьому користувачі отримують чітке уявлення про стан мережі та можуть приймати обґрунтовані рішення для її покращення.

Поєднання призначення та функцій підсистеми спрямоване на підвищення ефективності роботи мережі та стабільності всіх процесів, які залежать від її функціонування. Інтеграція підсистеми моніторингу до загальної інфраструктури підприємства сприяє покращенню взаємодії між підрозділами, мінімізує ризики простоїв та створює умови для масштабування мережі відповідно до потреб бізнесу.

3.2 Схеми функціональної структури комп'ютерної системи

Після огляду структурної схеми яка зображена було розроблено функціональну схему, яка описує бізнес процес який відбувається в компанії і для цього потрібна комп'ютерна система яка дозволяє зберігати детальну інформацію про сільськогосподарську техніку, включаючи типи техніки, технічні характеристики, ціни, наявність товару на складі тощо. Це дає можливість легко оновлювати дані, знаходити потрібні товари за певними параметрами та забезпечувати точність інформації при продажу.

Система автоматизує процес прийому та обробки замовлень. Вона дозволяє клієнтам створювати замовлення через онлайн-платформи або безпосередньо в офісі, після чого система відправляє їх у обробку. Це значно зменшує кількість помилок та затримок, оскільки всі замовлення централізовані в одному місці та підлягають автоматичній перевірці.

Система включає функції для ведення контактних даних клієнтів, історії їх покупок, попередніх взаємодій та аналізу їхніх потреб. Це дозволяє побудувати персоналізоване обслуговування, пропонувати вигідні умови на основі попередніх покупок, створювати акції або знижки для постійних клієнтів, що підвищує лояльність і стимулює повторні продажі.

У такій системі потрібен функціонал для автоматизованого управління запасами та зв'язків із постачальниками. Вона дозволяє відслідковувати наявність товарів на складі, контролювати рівень запасів, автоматично генерувати замовлення на поповнення товару, що допомагає уникати дефіциту чи надмірного зберігання техніки.

Комп'ютерна система інтегрована з бухгалтерським програмним забезпеченням для автоматичного обліку фінансових операцій, таких як виставлення рахунків, управління витратами та доходами. Це значно спрощує ведення фінансових звітів і забезпечує точність у фінансових даних компанії.

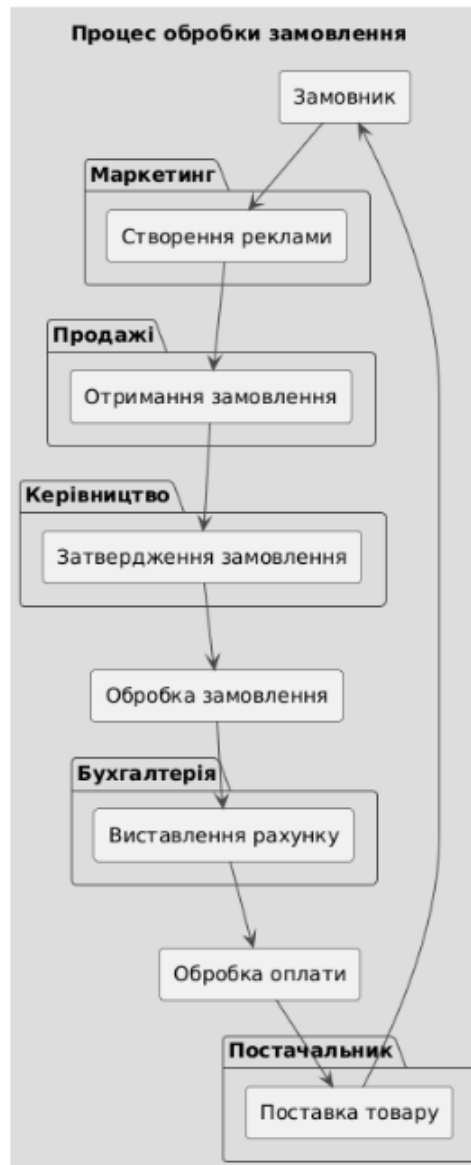


Рисунок 3.1 – Схема робочого процесу

3.3 Структура комплексу технічних засобів комп'ютерної системи компанії

Комп'ютерна система для продажу сільськогосподарської техніки є важливим інструментом для автоматизації та оптимізації процесів, пов'язаних із продажами, обліком та обробкою даних. Така система зазвичай охоплює кілька ключових функцій, що дозволяють ефективно здійснювати операції та взаємодіяти з клієнтами, постачальниками та іншими учасниками бізнес-процесів.

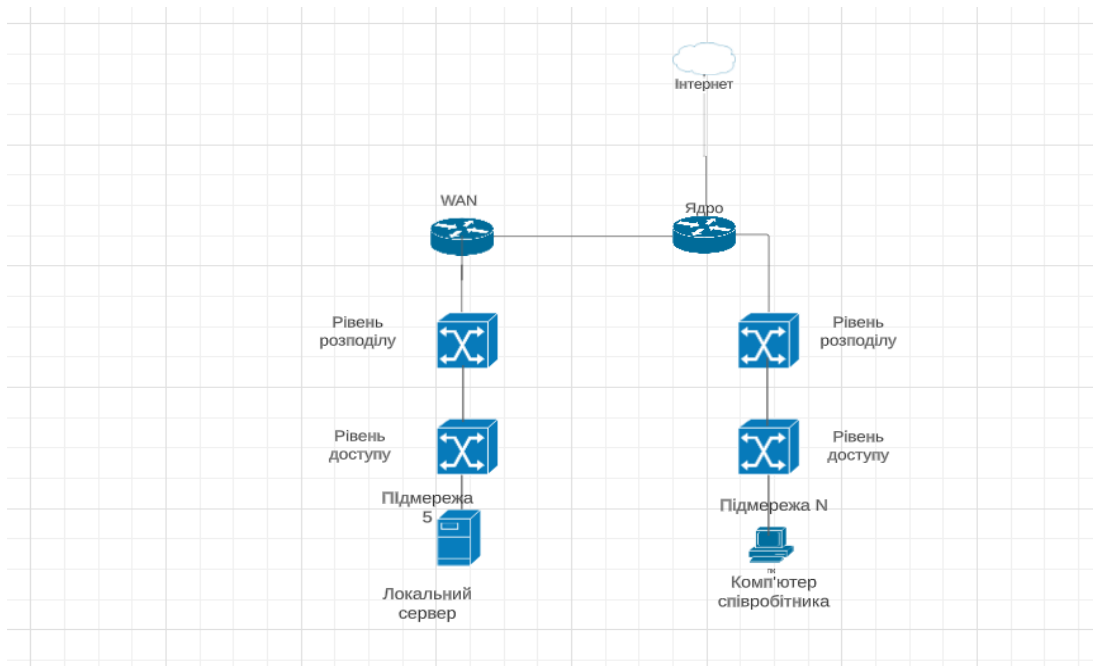


Рисунок 3.2 – Структурна схема комплексу технічних засобів

На рисунку 3.2 наведена структурна схема технічної реалізації мережі для компанії, що займається продажем сільськогосподарської та побутової техніки. Мережа побудована з трьох рівнів: ядра, розподілу та доступу, що забезпечує ефективну взаємодію між підрозділами організації.

На рівні доступу розташовані комутатори, до яких підключаються кінцеві пристрої, такі як локальні сервери для зберігання даних та робочі комп'ютери співробітників різних відділів. Для відділів маркетингу, бухгалтерії, керівництва та розробки передбачено окремі підмережі, які забезпечують незалежність і безпеку передачі даних.

Рівень розподілу містить комутатори з аналогічними характеристиками, які об'єднують підмережі та виконують функцію маршрутизації даних між сегментами мережі. Це дозволяє відокремити трафік між підрозділами, забезпечуючи більш високу продуктивність і надійність мережі.

На рівні ядра розташовані маршрутизатори, що забезпечують передачу даних між підмережами компанії та доступ до зовнішнього інтернет-з'єднання. Завдяки маршрутизаторам, компанія отримує можливість централізовано керувати потоками даних і забезпечувати безперебійну роботу мережі.

Така структура мережі дозволяє оптимізувати роботу підрозділів компанії, знизити час доступу до корпоративних ресурсів та забезпечити високу масштабованість інфраструктури у разі зростання потреб підприємства.

3.4 Схема структури інформаційних зв'язків комп'ютерної системи компанії «АМТ»

Після створення та аналізу структурної схеми було розроблено схема структури інформаційних зв'язків яка показана на рисунку 3.3.

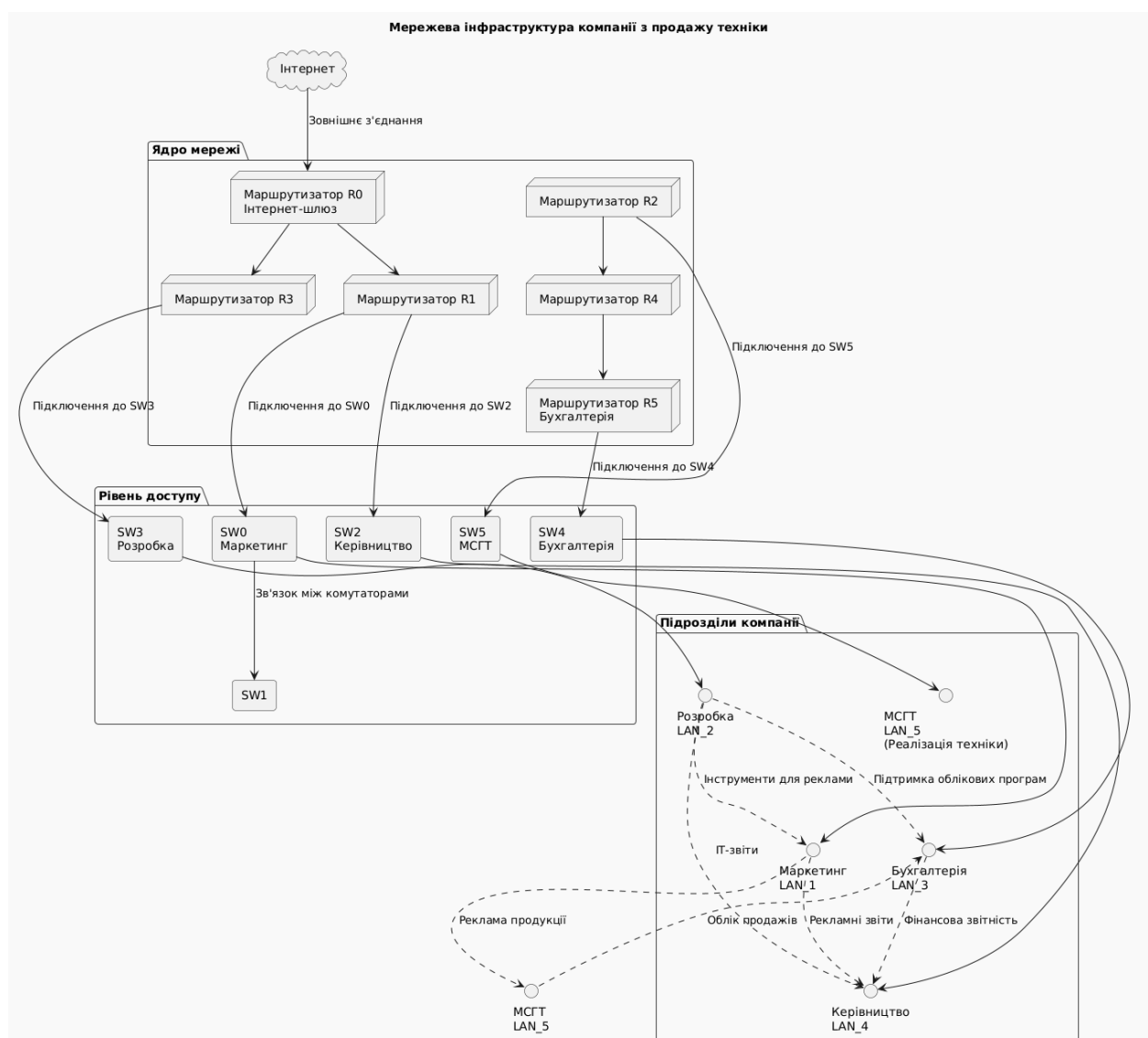


Рисунок 3.3 – Схема структури інформаційних зв'язків

Мережа компанії побудована таким чином, щоб забезпечити ефективну роботу кожного з підрозділів, які мають чітко визначене функціональне призначення. Серед основних підрозділів виділяються "Маркетинг", "Розробка", "Керівництво", "Бухгалтерія" та "МСГТ". Кожен із цих відділів має власну підмережу (LAN) і працює на базі окремого мережевого обладнання, з'єднаного з іншими підрозділами через маршрутизатори та комутатори.

Підрозділ "Маркетинг", що працює у підмережі LAN_1, виконує функції створення рекламних матеріалів і проведення маркетингових кампаній, спрямованих на просування продукції компанії. Для цього підрозділ підключений до комутатора SW0, який забезпечує його зв'язок з іншими частинами мережі. Водночас "Маркетинг" активно взаємодіє з підрозділом "МСГТ", що займається реалізацією малої сільгосптехніки. Цей зв'язок базується на передачі рекламних матеріалів, які сприяють популяризації продукції. Також "Маркетинг" взаємодіє з "Керівництвом", надаючи звіти про проведені кампанії та їх ефективність.

Підрозділ "Розробка", що розташований у підмережі LAN_2, спеціалізується на підтримці та розробці програмного забезпечення для компанії, включаючи такі інструменти, як 1С і Бітрікс. Обладнання "Розробки" підключене до комутатора SW3, який забезпечує стабільний зв'язок з іншими підрозділами. Цей відділ має важливу роль у підтримці роботи "Бухгалтерії", створюючи і обслуговуючи програмні рішення для фінансового обліку. Крім того, "Розробка" співпрацює з "Маркетингом", створюючи технічні інструменти для оптимізації рекламних кампаній, а також з "Керівництвом", забезпечуючи аналітичні звіти та ІТ-підтримку для прийняття стратегічних рішень.

"Керівництво", що функціонує у підмережі LAN_4, є центральним підрозділом, відповідальним за управління компанією та прийняття ключових рішень. Підключення до мережі здійснюється через комутатор SW2, який забезпечує прямий зв'язок із іншими підрозділами. "Керівництво" отримує регулярні звіти від "Маркетингу", що стосуються ефективності рекламних кампаній, і від "Бухгалтерії", які містять детальну фінансову інформацію. Ці дані дозволяють приймати стратегічні рішення для подальшого розвитку компанії.

Також "Керівництво" співпрацює з "Розробкою", отримуючи технічні аналітичні звіти та підтримку.

"Бухгалтерія", яка працює в підмережі LAN_3, відповідає за фінансовий облік, підготовку звітності та контроль фінансових операцій. Її обладнання підключено до комутатора SW4, що взаємодіє з маршрутизатором R5 для з'єднання з іншими частинами мережі. Цей підрозділ отримує дані про продажі від "МСГТ", обробляє їх і формує звітність, яку передає до "Керівництва". Крім того, "Бухгалтерія" активно взаємодіє з "Розробкою", яка забезпечує підтримку облікових програм та автоматизацію фінансових процесів.

Підрозділ "МСГТ", що працює у підмережі LAN_5, є найбільшим відділом компанії, оскільки займається реалізацією малої сільгосптехніки, яка є основним напрямком діяльності організації. Його обладнання підключено до комутатора SW5, який забезпечує зв'язок із маршрутизатором R2. "МСГТ" співпрацює з "Маркетингом", отримуючи рекламну підтримку для популяризації продукції, та з "Бухгалтерією", передаючи дані про продажі для подальшої обробки.

Окрім фізичних з'єднань, у мережі також відображено логічні зв'язки між підрозділами, які підкреслюють їхню взаємодію для виконання бізнес-процесів. Так, "Маркетинг" взаємодіє з "МСГТ", створюючи рекламу продукції, а також із "Керівництвом", надаючи звіти про проведені кампанії. "МСГТ", у свою чергу, співпрацює з "Бухгалтерією", передаючи дані про продажі для фінансового обліку. "Бухгалтерія" забезпечує звітністю "Керівництво", яке приймає стратегічні рішення на основі отриманої інформації. "Розробка" підтримує облікові програми для "Бухгалтерії", надає аналітичні звіти "Керівництву" та розробляє технічні рішення для "Маркетингу". Таким чином, кожен підрозділ у мережі виконує важливу роль у загальному функціонуванні компанії.

3.5 Особливості структурної схеми комп'ютерної системи компанії

У корпоративній мережі компанії реалізована складна інфраструктура, яка об'єднує різноманітні підрозділи за допомогою маршрутизаторів, комутаторів,

робочих станцій, серверів та друкарського обладнання. Кожен компонент відіграє важливу роль у підтримці бізнес-процесів та забезпеченні стабільного функціонування компанії.

Мережеві маршрутизатори є основними вузлами, які забезпечують обмін даними між підрозділами. Центральний маршрутизатор R0 керує трафіком всієї мережі, об'єднуючи підрозділи "Маркетинг", "Керівництво" та "Розробка" в єдину мережу. R1 відповідає за зв'язок "Маркетингу" та "Керівництва", забезпечуючи швидкий доступ до звітів та рекламних матеріалів. R2 обслуговує найбільший підрозділ "МСГТ", з'єднуючи його з "Бухгалтерією" та іншими відділами для обліку продажів. R3 підтримує роботу "Розробки", забезпечуючи доступ до програмних серверів. R4 об'єднує "Бухгалтерію" та "МСГТ", дозволяючи їм взаємодіяти в обліку продажів та звітності. R5 обслуговує виключно "Бухгалтерію", забезпечуючи стабільне з'єднання її вузлів із центральною мережею.

Комутатори служать для розподілу мережевого трафіку всередині кожного підрозділу. У "Маркетингу" використовується SW0, який підключає робочі станції, сервери та принтери до мережі. Додатковий комутатор SW1 допомагає оптимізувати розподіл трафіку між вузлами відділу. У "Керівництві" встановлено SW2, який забезпечує підключення робочих станцій керівників та серверів звітності. SW3 використовується у "Розробці" для підключення комп'ютерів розробників та серверів тестування. У "Бухгалтерії" функціонує SW4, що обслуговує фінансові сервери та робочі місця бухгалтерів. У підрозділі "МСГТ" встановлений SW5, який підтримує роботу менеджерів із продажів, складських працівників та серверів обліку.

Робочі станції є основними засобами праці співробітників. У "Маркетингу" використовується 6 комп'ютерів для маркетингологів, графічних дизайнерів і менеджерів відділу. У "Розробці" функціонує 35 робочих станцій для програмістів, тестувальників і системних адміністраторів. У "Керівництві" встановлено 25 комп'ютерів для керівників та їхніх асистентів. У "Бухгалтерії" використовується 8 робочих станцій для ведення обліку та підготовки звітності. У "МСГТ"

встановлено 60 робочих станцій для менеджерів із продажів, складських працівників і консультантів.

Сервери забезпечують централізовану обробку даних та підтримку функцій підрозділів. У "Маркетингу" є сервер для зберігання рекламних матеріалів та управління маркетинговими кампаніями. У "Розробці" використовуються сервери для тестування програмного забезпечення, аналітики та управління базами даних. У "Керівництві" встановлені сервери для зберігання документів і підготовки звітності. У "Бухгалтерії" функціонує сервер фінансового обліку, який працює з програмою 1С. У "МСГТ" є сервер для обліку продажів та управління даними про клієнтів.

Принтери використовуються для друку документів, звітів і рекламних матеріалів. У "Маркетингу" встановлено 3 принтери для друку рекламної продукції. У "Розробці" використовується 2 принтери для друку технічної документації. У "Керівництві" є 2 принтери для звітів і внутрішніх документів. У "Бухгалтерії" встановлено 3 принтери для друку фінансових документів, рахунків та звітів. У "МСГТ" використовується 4 принтери для друку накладних, товарних чеків і складання облікової документації.

Така організація мережі дозволяє кожному підрозділу працювати автономно, водночас забезпечуючи їх ефективну взаємодію між собою. Нижче в таблиці 3.1 наведена кількість працівників та посади. За кожним працівником закріплений 1 пристрій або навіть декілька.

Таблиця 3.1 – Кількість працівників

№	Підрозділ	Призначення посади	Кількість працівників
1	МСГТ	Менеджер з продажів	45
		Керівник відділу продажів	2
		Складські працівники	5
		Консультанти з технічного обслуговування	20

Продовження таблиці 3.1

2	Розробка програмного забезпечення	Розробник програмного забезпечення	30
		ІТ-аналітики	10
		Керівник відділу розробки	1
		Системний адміністратор	4
3	Керівництво	Директор компанії	1
		Фінансовий директор	1
		Керівники підрозділів	10
		Асистенти керівництва	10
		Аналітики	10
4	Бухгалтерія	Головний бухгалтер	1
		Бухгалтери з обліку	5
		Спеціалісти з фінансової звітності	4
5	Маркетинг	Фахівці з реклами	5
		Графічні дизайнери	3
		Керівник відділу маркетингу	1

Нижче на рисунках 3.4 та 3.5 приведена фізична топологія головного офісу компанії АМТ. Точно відобразити робочі місця неможливо так як співробітники постійно переміщуються. Відділ бухгалтерія знаходиться в іншому приміщенні.

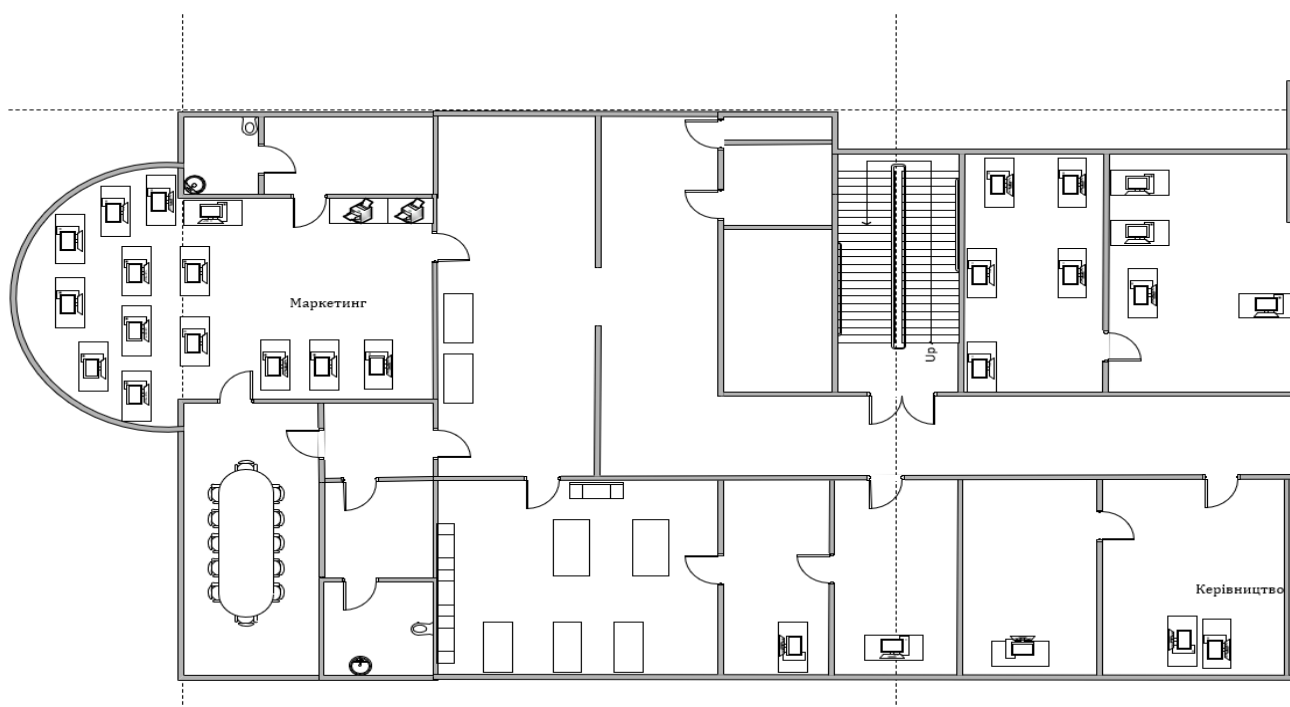


Рисунок 3.4 – Схема фізичної топології КС частина 1



Рисунок 3.5 – Схема фізичної топології КС частина 2

3.6 Характеристики використаних апаратних засобів

Маршрутизатори Cisco 2901 є оптимальним вибором для потреб компанії завдяки їх модульній архітектурі та широким функціональним можливостям, що відповідають специфіці бізнес-процесів. Їх використання забезпечує високу інтеграцію мережевих сервісів, які необхідні для ефективної роботи підрозділів компанії, таких як маркетинг, продажі, бухгалтерія, керівництво та логістика. Ці маршрутизатори створені для впровадження всіх необхідних мережевих сервісів у філіях або офісах малого та середнього розміру, що робить їх ідеальним вибором для компанії зі складною структурою підрозділів.

Модульна архітектура Cisco 2901 дозволяє гнучко налаштовувати маршрутизатор відповідно до зростаючих потреб компанії. Завдяки підтримці широкого спектра модулів та інтерфейсних карт, цей маршрутизатор може адаптуватися до нових технологічних вимог без необхідності повної заміни обладнання. Це дає змогу впроваджувати сучасні рішення, такі як захист даних, оптимізація мережевих ресурсів та інтеграція з хмарними сервісами, що є критично важливими для цифрової трансформації компанії. Крім того, використання Cisco 2901 як базової платформи для всієї мережевої інфраструктури допоможе компанії

суттєво знизити капітальні та операційні витрати. Завдяки високій надійності, масштабованості та можливості централізованого управління, ці маршрутизатори мінімізують потребу в частому оновленні обладнання, забезпечуючи тривалу експлуатацію і стабільність мережі.

Таким чином, Cisco 2901 відповідає вимогам компанії, оскільки забезпечує стабільність, продуктивність та адаптивність мережі, необхідної для підтримки ключових бізнес-процесів, таких як обробка замовлень, фінансові операції, логістика та управління даними. Це обладнання дозволяє компанії забезпечити безперебійну роботу, ефективну комунікацію між підрозділами та підвищити загальну продуктивність бізнесу.

Характеристики:

- серія: Cisco 2900 Series ISR;
- WAN порти Ethernet: 2 x GE;
- LAN порти Ethernet: Поєднуються с WAN;
- слоти інтерфейсних карт: 4 слота;
- пам'ять FLASH: 256 Mb;
- пам'ять FLASH максимум: 4 Gb;
- обсяг ОЗУ: 512 Mb;
- потужність номінальна / максимальна: 50/210 Watt;
- типи підтримуваних карт: 4 слоти HWIC;
- слоти DSP ресурсів: 2 слоти PVDM;
- внутрішній сервісний слот: 1 слот ISM;
- тип установки: Стійкове / настільне;
- мережевий слот: 1 слот SM.

З метою розширення можливостей маршрутизатора потрібне використання модуля Cisco HWIC-2T. Інтерфейсні або лінійні модулі Cisco надають можливість розширити функціональність маршрутизатора або модульної платформи шляхом додавання необхідних портів доступу з різними швидкостями, такими як 1GbE, 10GbE, 40GbE або 100GbE. Cisco HWIC-2T є серією 2-портових послідовних інтерфейсних карт WAN, призначених для використання з маршрутизаторами

інтегрованих сервісів Cisco 1800, 1900, 2800, 2900, 3800 та 3900. Використання модулів HWIC дозволяє клієнтам активувати різноманітні програми, включаючи доступ до WAN. Застосування HWIC може бути налаштовано залежно від потреб мережі, наприклад, для віддаленого управління мережею та підтримки великої кількості портів. В даному випадку модуль буде використаний для підключення маршрутизаторів за допомогою послідовних портів (Serial). Характеристики:

- назва модуля: HWIC-2T;
- форм фактор: вбудований модуль;
- мережеві інтерфейси: 2xSerial;

Комутатор Netgear GS724T-400EUS було обрано для побудови мережевої інфраструктури компанії завдяки його відповідності вимогам надійності, продуктивності та ефективності. Це обладнання ідеально підходить для середніх і малих компаній, таких як компанія АМТ, які мають потребу в обробці зростаючого трафіку та забезпеченні стабільної роботи прикладних систем.

Однією з ключових переваг цього комутатора є наявність двох виділених портів Gigabit SFP для підключення оптоволоконних кабелів. Це дозволяє інтегрувати його в сучасну мережеву інфраструктуру, забезпечуючи високу пропускну здатність і швидкість передачі даних, необхідну для підтримки бізнес-процесів компанії, таких як маркетингові операції, обробка замовлень, фінансові транзакції та управління даними.

Netgear GS724T-400EUS також забезпечує зручне управління мережею завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу, що спрощує налаштування і моніторинг мережевих ресурсів. Завдяки цьому комутатору компанія може оптимізувати витрати на адміністрування та експлуатацію мережі, мінімізуючи потребу в додатковому обладнанні та технічній підтримці.

Крім того, його конструкція та функціональність дозволяють легко масштабувати мережу у відповідь на зростання бізнесу, що забезпечує довготривалу інвестиційну ефективність. Таким чином, вибір Netgear GS724T-400EUS як основного комутатора мережі дозволяє компанії досягти балансу між високою продуктивністю, економічністю та простотою експлуатації, що сприяє

стабільному функціонуванню та розвитку мережевої інфраструктури.

Нижче представлені характеристики комутатора:

- рівень комутатора: 2+ рівень;
- порти доступу Ethernet: 24 x FE RJ-45;
- таблиця MAC адрес: 16000 MAC адрес;
- протоколи VLAN: 802.1Q / Private VLAN (Edge) / Voice VLAN / VTP / URT / VMPS;
- потужність максимальна: 17.4 Watt;
- тип харчування: AC 220 V;
- висота RM UNIT: 1U;
- комутація пакетів/с (MPPS): 6,5 MPPS;
- матриця комутації: 52 Gb / s;
- тип установки: Стійкове / настільне;
- порти консольні: RJ-45 (RS232);
- середній час напрацювання на відмову (MTBF): 567680 год.

Для того, аби зменшити навантаженість при підключеннях пристроїв було прийняте рішення у розділі «Керівництво» встановити WIFI - маршрутизатор WiFi6 TP-Link Archer AX1500 і його характеристики приведені нижче:

- WAN-порт: Ethernet;
- інтерфейси: 1 x WAN 10/100/1000 Мбіт/с, 4 x LAN 10/100/1000 Мбіт/с;
- стандарти: 802.11 g/n/ac/ax (WiFi 6);
- частота роботи Wi-Fi: 2,4 ГГц і 5 ГГц (двохдіапазонний).

Для серверної інфраструктури компанії було обрано HPE ProLiant DL380 Gen9, оскільки він ідеально відповідає вимогам сучасних бізнес-процесів завдяки своїй надійності, гнучкості та високій продуктивності. Цей сервер, призначений для монтажу в стійку, є стандартом у сфері центрів обробки даних і забезпечує підтримку передових технологій, які перевершують звичайні бізнес-рішення та критично важливі програми.

Однією з головних переваг HPE ProLiant DL380 Gen9 є підтримка інноваційних технологій, таких як 25GbE для швидкого з'єднання та постійна

пам'ять HPE NVDIMM, яка оптимізована для серверів серії ProLiant. Ці можливості забезпечують виняткову продуктивність під час роботи з базами даних та аналітичними задачами, що є важливими для обробки великих обсягів даних і підтримки складних бізнес-операцій.

Додатковою перевагою цього серверу є відсутність попередньо встановлених накопичувачів, що забезпечує гнучкість у виборі обладнання відповідно до потреб компанії. Замовником було обрано SSD-накопичувачі, які встановлюються у 12 вільних слотів, що дозволяє значно підвищити швидкість роботи системи та забезпечити необхідний рівень зберігання даних.

HPE ProLiant DL380 Gen9 також вирізняється своєю масштабованістю та можливістю адаптації до зростаючих вимог компанії, забезпечуючи ефективну роботу критично важливих бізнес-додатків, таких як фінансові системи, управління замовленнями та аналіз даних. Його використання гарантує надійну підтримку бізнес-процесів, оптимізує витрати на інфраструктуру та сприяє довготривалому розвитку компанії. Характеристики серверу:

- процесор: Intel Core I9 – 13900KF;
- частота процесору: 6.0 GHz;
- кількість ядер процесору: 24 ядер;
- тип оперативної пам'яті: DDR4-3200;
- оперативна пам'ять: 256GB;
- тип накопичувача: SSD;
- пам'ять: 9 Tb;
- 4 порти RJ-45 1 Gb.

Щоб правильно розмістити мережеве обладнання, забезпечити його комфортне підключення та обслуговування, знадобиться монтажна стійка 16U 400 Lite. Модель серії Lite має міцну конструкцію, що забезпечує їй хороші показники вантажопідйомності.

Для персональних комп'ютерів співробітників компанії було обрано моделі ALMATECH XR909, оскільки вони забезпечують оптимальне поєднання продуктивності та вартості. Ураховуючи специфіку роботи різних підрозділів, для

співробітників відділів маркетингу та розробки було обрано версії з дискретними відеокартами. Це зумовлено необхідністю обробки графічного контенту, виконання складних дизайнерських задач та підтримки програмного забезпечення для розробки.

Для інших співробітників, таких як персонал відділів продажів, бухгалтерії та адміністрації, потреби у високій графічній продуктивності немає. Тому для цих підрозділів було обрано версії ALMATECH XR909 з інтегрованою відеокартою. Такий підхід дозволяє знизити витрати на обладнання без втрати продуктивності для виконання типових офісних завдань:

Характеристики комп'ютера:

- процесор: Intel Core I5 4670;
- частота процесору: 3.4 – 3.8 GHz;
- кількість ядер процесору: 4 ядер;
- тип оперативної пам'яті: DDR4-2666;
- оперативна пам'ять: 16GB;
- тип накопичувача: SSD;
- пам'ять: 256 Gb;
- відеокарта: Nvidia GTX 1660 Super;
- кількість відеопам'яті : 6 Gb.

Для забезпечення комунікації між кінцевими пристроями та мережевим обладнанням у офісі буде використовуватись кабель DIGITUS Cat.5e UTP. Цей кабель є неекранованим витою парою категорії 5e, що дозволяє досягти швидкості підключення до 1000 Mb/s. Одним з особливостей цього кабелю від даного виробника є його відносна гнучкість, що полегшує прокладання в офісних приміщеннях. Характеристики:

- частотне розділення каналів;
- смуга частот 500 MHz;
- кількість провідників – 8 (4 пари по 2 провідники);
- швидкість передачі даних до 1000 Mb/c;
- наявність екранування: Ні;

- підтримується дуплексний режим роботи.

Для підключення кабелів до кінцевих пристроїв у офісі використовується стандартний інтерфейс RJ45. Це створює необхідність в наявності коннекторів цього типу. Для цієї цілі було обрано Patron UTP RJ-45 Cat.5e, який не має екранування. Для цих потреб було обрано Cisco CAB-SS-2626X-3. Основні характеристики цього кабелю включають:

- Довжина: 1 метр.

Тип підключення: Male DTE to Male DCE.

Для забезпечення комунікації між кінцевими пристроями та мережевим обладнанням у офісі буде використовуватись кабель DIGITUS Cat.5e UTP. Цей кабель є неекранованим витю парю категорії 5e, що дозволяє досягти швидкості підключення до 1000 Mb/s. Одним з особливостей цього кабелю від даного виробника є його відносна гнучкість, що полегшує прокладання в офісних приміщеннях. Характеристики:

- частотне розділення каналів;
- смуга частот 500 MHz;
- кількість провідників – 8 (4 пари по 2 провідники);
- швидкість передачі даних до 1000 Mb/s;
- наявність екранування: Ні;
- підтримується дуплексний режим роботи.

Для підключення кабелів до кінцевих пристроїв у офісі використовується стандартний інтерфейс RJ45. Це створює необхідність в наявності коннекторів цього типу. Для цієї цілі було обрано Patron UTP RJ-45 Cat.5e, який не має екранування. Для з'єднання маршрутизаторів у центральному офісі використовуються Serial інтерфейси, що вимагає використання спеціальних Serial-кабелів. Для цих потреб було обрано Cisco CAB-SS-2626X-3. Основні характеристики цього кабелю включають:

- Довжина: 1 метр;
- Тип підключення: Male DTE to Male DCE.

Для розрахунку необхідної довжини кабелю для одного робочого місця в центральному офісі було використано емпіричний метод. Кабельна прокладка передбачена по підстельовому простору, а висота стелі встановлена на рівні 3,5 метра відповідно до плану центрального офісу.

$$L = (L_{\max} + L_{\min}) \cdot 0,5 \cdot K_s + X, \quad (3.1)$$

Де L_{\max} і L_{\min} – це довжина кабельної траси від точки введення кабельних каналів у кросову до телекомунікаційної розетки для найближчого та найвіддаленішого робочого місця відповідно. Вона розраховується з урахуванням особливостей прокладання кабелю, включаючи всі спуски, підйоми, повороти, міжповерхові проходи (за їх наявності) тощо.

X – це запас, необхідний для оброблення кабелю. На стороні робочого місця цей параметр приймається рівним 30 см. На стороні кросової запас залежить від її розмірів і визначається як відстань від точки входу горизонтальних кабелів у приміщення кросової до найдалшого комутаційного елемента, з урахуванням усіх спусків, підйомів і поворотів. Відповідно до 3.1:

$$L = (43 + 25) \cdot 0,5 \cdot 1,1 + 1,30 = 38,7 \text{ м.}$$

Враховуючи, що загальна кількість робочих місць – 176, довжина кабельних ліній складає:

$$L_{\text{заг}} = L \cdot N = 38,7 \cdot 176 = 6812 \text{ м.} \quad (3.2)$$

Спираючись на структурну схему комплексу технічних засобів було складено специфікацію обладнання системи яка представлена у таблиці 3.2. [8]

Таблиця 3.2 – Специфікація обладнання

Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Одиниці виміру	кількість	Примітки
1	Маршрутизатор	Cisco 2911	шт.	6	

Продовження таблиці 3.2

2	Комутатор	Netgear GS724T-400EUS	шт.	10	
3	Персональний комп'ютер	ALMATECH XR909	шт.	119	
		ALMATECH XR909(інт. Відеокарта)	шт.	57	
4	Сервер	HPE ProLiant DL380 Gen9	шт.	1	
5	Інтерфейсний модуль	Cisco HWIC-2T	шт.	7	Інтерфейсний модуль маршрутизатора
6	Стойка серверна	EServer 24U 400 Lite	шт.	1	
7	Кабель Serial	CAB-SS-2626X-3	шт.	5	
8	Кабель Ethernet	DIGITUS Cat.5e UTP	м.п.	6812	Неекранований кабель
9	Накінецьник для кабелю	Patron UTP RJ-45 Cat.5e	шт.	370	Неекранований накінецьник
10	Розетка Ethernet	Schneider Leona Cat. 5e LNA4300121	шт.	176	

У підсумку, підсистема моніторингу мережі є ключовим компонентом всієї системи, що забезпечує ефективне управління локальною мережею підприємства. Її впровадження дозволяє створити умови для стабільної та надійної роботи мережі, своєчасно виявляти та усувати проблеми, оптимізувати використання ресурсів і підтримувати високий рівень продуктивності пристроїв. Інтерактивний інструмент моніторингу забезпечує доступність інформації в реальному часі, сприяючи оперативному реагуванню на зміни у мережевій інфраструктурі.

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОДАТКУ МОНІТОРИНГУ МЕРЕЖІ КОМПАНІЇ АМТ

4.1 Призначення й сфера застосування програми моніторингу

Програма моніторингу мережевого навантаження розроблена для компанії АМТ, що спеціалізується на продажу сільськогосподарської техніки. Вона призначена для забезпечення ефективного управління інформаційними потоками, підвищення продуктивності мережі та своєчасного реагування на перевантаження чи аномалії в її роботі. Використання програми дає можливість отримати повну картину стану мережі в реальному часі, що є критично важливим для стабільної роботи бізнесу.

Основною функцією програми є моніторинг поточного навантаження на мережу з визначенням ключових показників, таких як швидкість завантаження та вивантаження даних, загальний рівень завантаженості, а також середнє навантаження на один підключений пристрій. Це дозволяє системним адміністраторам відслідковувати, як використовується пропускна здатність мережі, і приймати рішення щодо її оптимізації.

Програма також забезпечує виявлення пікових навантажень, які можуть негативно впливати на роботу мережі. Зокрема, вона дозволяє своєчасно виявляти ділянки, що потребують розширення пропускної здатності, модернізації обладнання або впровадження нових технологічних рішень. Завдяки цьому компанія може уникати простоїв, збоїв у роботі систем та зниження продуктивності персоналу.

Ще однією важливою функцією програми є аналіз продуктивності мережі в контексті планування ресурсів. Адміністратори отримують змогу оцінювати ефективність роботи мережевої інфраструктури, прогнозувати потреби у збільшенні її потужностей та раціонально розподіляти навантаження між підключеними пристроями. Це особливо актуально для великих компаній, таких як АМТ, де одночасно працюють десятки співробітників, і стабільний доступ до

мережі є важливою умовою виконання повсякденних завдань.

Крім того, програма сприяє підвищенню рівня безпеки мережі. Відстеження аномального навантаження дозволяє виявляти можливі зловживання ресурсами чи підозрілі активності, такі як спроби несанкціонованого доступу чи атаки на систему. Це значно зменшує ризик втрати конфіденційної інформації та фінансових даних, які є важливими для діяльності компанії.

Застосування програми також має стратегічне значення для керівництва компанії, оскільки вона дозволяє отримувати звіти про стан мережі та оцінювати її продуктивність у динаміці. На основі цих даних можна ухвалювати обґрунтовані рішення щодо інвестицій у розвиток ІТ-інфраструктури та планувати її модернізацію відповідно до поточних і майбутніх потреб бізнесу.

Таким чином, програма моніторингу мережевого навантаження є ключовим інструментом для підтримки стабільності та безперебійної роботи мережевої інфраструктури компанії АМТ. Її впровадження сприяє оптимізації ресурсів, зниженню операційних ризиків та забезпечує основу для ефективного управління інформаційними потоками в сучасному цифровому середовищі.

4.2 Обґрунтування технічних характеристик програми моніторингу

Постановка завдання на розробку програми моніторингу мережевого навантаження передбачає створення програмного продукту, здатного забезпечити ефективний контроль і аналіз використання локальної мережі компанії. Основні аспекти завдання включають:

а) Мета розробки

Розробити програму, яка дозволить моніторити ключові параметри роботи мережі в реальному часі, зокрема швидкість завантаження (Upload), вивантаження (Download) та загальне навантаження на мережу. Ця інформація допоможе оперативно виявляти проблеми з мережею, оцінювати її ефективність і планувати оптимізацію.

б) Функціональні вимоги

- 1) Надати користувачеві зручний графічний інтерфейс для взаємодії.
- 2) Дозволити вибір сегментів мережі для отримання конкретних даних.
- 3) Відображати інформацію про навантаження на мережу, кількість підключених пристроїв та розрахункове навантаження на кожен пристрій.
- 4) Генерувати значення швидкості передачі даних у реалістичному діапазоні, враховуючи пропускну здатність мережі.

в) Нефункціональні вимоги

- 1) Програма повинна бути розроблена на мові програмування Python.
- 2) Забезпечення високої продуктивності та мінімальних вимог до системних ресурсів.
- 3) Підтримка роботи на операційних системах Windows, Linux та macOS.
- 4) Простота встановлення та запуску для кінцевого користувача.

г) Інструменти розробки. Для створення програми використовуються наступні інструменти:

- 1) Python – основна мова програмування.
- 2) Tkinter – для розробки графічного інтерфейсу.
- 3) psutil – для роботи з системними ресурсами, включаючи аналіз мережевого трафіку.

Готова програма повинна забезпечувати повноцінний моніторинг стану мережі, включаючи аналіз швидкості передачі даних і навантаження на окремі сегменти. Інтерфейс має бути зручним та інтуїтивно зрозумілим, дозволяючи користувачам швидко отримувати необхідну інформацію для прийняття управлінських рішень.

4.3 Обґрунтування технічних характеристик програми моніторингу

Програма моніторингу мережевого навантаження розроблена з урахуванням специфіки діяльності компанії АМТ, яка потребує надійної роботи локальної мережі для забезпечення ефективності бізнес-процесів. Для досягнення високої продуктивності та стабільності роботи програми було враховано низку ключових технічних характеристик, які забезпечують її функціональність і надійність.

Основні технічні характеристики програми:

- Пропускна здатність моніторингу: програма адаптована для роботи з мережею, що має пропускну здатність до 1 Гбіт/с. Це дозволяє забезпечувати точний контроль за завантаженням каналів передачі даних, незалежно від кількості підключених пристроїв чи активності користувачів.

- Масштабованість: програма здатна обробляти дані з різної кількості підключених пристроїв у кожному сегменті мережі. Наприклад, найбільший підрозділ компанії має понад 70 вузлів, що вимагає ефективного управління ресурсами без втрати продуктивності.

- Реальний час: моніторинг даних здійснюється в реальному часі з мінімальною затримкою. Це дозволяє швидко реагувати на критичні ситуації, такі як перевантаження мережі чи різке зниження швидкості.

- Середній показник навантаження: у програмі передбачено автоматичний розрахунок середнього завантаження мережі для кожного пристрою, що дозволяє більш точно оцінювати розподіл трафіку.

- Інтерфейс користувача: інтерфейс програми спроектовано для зручності користувача. Він містить інтуїтивно зрозумілу структуру, яка включає список сегментів мережі та відображення інформації в текстовому та графічному вигляді. Такий підхід спрощує роботу як для ІТ-фахівців, так і для керівників підрозділів.

- Обробка даних швидкості: програма надає інформацію про швидкість завантаження (Upload) і вивантаження (Download) у межах реалістичних значень (до 1000 Мбіт/с). Це дозволяє оцінювати продуктивність каналів зв'язку та визначати ділянки для оптимізації.

- Легкість у розгортанні: додаток не потребує складної установки та може бути розгорнута на будь-якому комп'ютері з операційною системою Windows, що підтримує роботу Python. Всі необхідні бібліотеки легко інтегруються, а системні вимоги мінімальні.

Обґрунтування вибору характеристик:

- Продуктивність: Програма повинна обробляти великі обсяги даних без зниження швидкості роботи. Для цього використовується ефективна обробка запитів за допомогою Python і бібліотеки psutil.

- Зручність використання: Інтерфейс програми дозволяє отримувати необхідну інформацію швидко і без додаткового навчання персоналу. Це важливо для скорочення часу на ухвалення рішень.

- Гнучкість: Масштабованість програми дозволяє легко адаптувати її до змін у мережевій інфраструктурі компанії, включаючи розширення мережі чи збільшення кількості підключених пристроїв.

- Надійність: Постійний моніторинг з використанням перевірених алгоритмів обробки даних мінімізує ризики пропуску критичних подій у мережі.

4.4 Опис розробленої програми моніторингу

Програма моніторингу розроблена для забезпечення ефективного контролю мережевого навантаження та підтримки стабільності локальної мережі компанії. Її основна мета – надання точних і актуальних даних про стан мережі, що дозволяє оперативно реагувати на перевантаження та оптимізувати використання ресурсів.

Програма створена з акцентом на функціональність та зручність використання. Графічний інтерфейс інтуїтивно зрозумілий: він поділений на зони, що дозволяють користувачу легко вибрати сегмент мережі, переглянути основну статистику і деталі щодо стану обраної частини мережі. Ключовим елементом є інтерактивність, яка дозволяє в реальному часі отримувати інформацію про швидкість передачі даних (Upload та Download) та загальне завантаження мережі у відсотках.

Програма інтегрує сучасні бібліотеки Python для обробки даних, включаючи psutil, що дозволяє отримувати системні показники роботи мережі. Завдяки цьому забезпечується точність показників навіть для великих мереж із різною кількістю пристроїв. Швидкість роботи програми залишається стабільною, що дозволяє її використовувати в реальних бізнес-середовищах без значного впливу на продуктивність комп'ютерів.

Особливістю програми є здатність працювати з різними мережами компанії, кожна з яких має свою кількість пристроїв і середнє навантаження. Вибір сегмента мережі автоматично ініціює процес обчислення показників, які включають кількість пристроїв, середнє навантаження на мережу та поточну швидкість передачі даних. Для кожного сегмента програма генерує реалістичні показники швидкості, що відповідають пропускну́й здатності мережі, створюючи детальну і зрозумілу картину її стану.

Програма також має високу масштабованість: її можна адаптувати до змін у структурі мережі, включаючи розширення підрозділів або збільшення кількості вузлів у сегменті. Завдяки модульній архітектурі програму можна легко вдосконалювати чи інтегрувати нові функціональні можливості.

4.4.1 Загальні відомості

Програма моніторингу мережевого навантаження отримала назву "Network Load Monitor". Вона розроблена для контролю стану локальної мережі та аналізу її ключових параметрів, таких як швидкість передачі даних (Upload і Download) та загальне навантаження на мережу у відсотках.

Програма створена з використанням мови програмування Python. Для роботи з графічним інтерфейсом застосовано бібліотеку Tkinter, яка забезпечує зручний дизайн і функціональність користувацького інтерфейсу. Для моделювання та отримання показників мережевого навантаження використовується бібліотека psutil, що дозволяє збирати дані про системні ресурси в реальному часі.

Програму розроблено з акцентом на простоту використання, модульність та

можливість масштабування, що робить її зручною для впровадження у компанії з різною структурою мережевої інфраструктури.

4.4.2 Функціональне призначення

Функціональне призначення програми "Network Load Monitor" полягає в забезпеченні оперативного моніторингу стану локальної мережі, аналізу її ключових параметрів та візуалізації отриманих даних у зручному форматі. Програма надає можливість користувачам контролювати швидкість передачі даних (Upload і Download), визначати загальне навантаження на мережу, а також оцінювати середнє навантаження на кожен пристрій у мережевому сегменті.

Основною метою програми є покращення управління мережею через надання актуальної інформації, що дозволяє оперативно реагувати на перевантаження, виявляти потенційні проблеми та приймати рішення щодо оптимізації використання мережевих ресурсів.

Програма призначена для використання у середовищі компаній з розгалуженою мережевою інфраструктурою, де є потреба в ефективному розподілі ресурсів між різними підрозділами. Вона може використовуватися як ІТ-фахівцями для технічного моніторингу, так і керівниками для оцінки стану мережі та планування її розвитку.

4.4.3 Використовувані технічні засоби

Для розробки та роботи програми "Network Load Monitor" використовуються такі технічні засоби:

а) Мова програмування Python:

Python обрано як основну мову розробки завдяки її універсальності, простоті у використанні та широкому набору бібліотек, що забезпечують доступ до системних ресурсів і створення графічного інтерфейсу.

б) Бібліотека Tkbootstrap:

Tkbootstrap: використовується для створення графічного інтерфейсу програми. Вона забезпечує зручне відображення компонентів, таких як списки, кнопки та текстові поля, і дозволяє створювати інтуїтивно зрозумілий дизайн для взаємодії користувача з програмою.

в) Бібліотека psutil:

Psutil використовується для збору інформації про системні ресурси, включаючи мережевий трафік. Вона забезпечує доступ до даних про швидкість передачі даних і дозволяє відображати актуальну інформацію в реальному часі.

г) Комп'ютер користувача:

Для роботи програми потрібен комп'ютер із встановленою операційною системою Windows, Linux або macOS. Мінімальні технічні вимоги включають:

1. процесор із тактовою частотою 1 ГГц або вище;
2. оперативна пам'ять обсягом 2 ГБ;
3. наявність встановленого Python версії 3.7 або вище.

г) Програма сумісна з популярними операційними системами:

1. Windows (7, 8, 10, 11);
2. Linux (дистрибутиви з підтримкою Python);
3. macOS (версії, які підтримують Python).

д) Додаткові засоби:

Для встановлення залежностей і запуску програми потрібен інструмент командного рядка (Command Prompt, Terminal).

4.4.4 Виклик і завантаження

Програма "Network Load Monitor" запускається як окремий програмний продукт і не потребує складного налаштування. Для її роботи необхідно заздалегідь підготувати програмне середовище. На комп'ютері користувача має бути встановлена актуальна версія мови програмування Python (не нижче 3.7), яка забезпечує виконання програмного коду.

Перед запуском програми необхідно встановити всі необхідні бібліотеки, які забезпечують роботу з мережевими даними та створення графічного інтерфейсу. Це робиться один раз, після чого програма готова до використання.

Для запуску програми користувачеві достатньо відкрити відповідний файл із програмою. Після цього автоматично відкриється головне вікно програми, в якому буде представлено список сегментів мережі та зона для відображення даних про їхнє навантаження. Інтерфейс розроблений таким чином, щоб забезпечити максимально просте та інтуїтивно зрозуміле використання.

Програма починає працювати відразу після вибору сегмента мережі, дозволяючи користувачеві отримувати актуальну інформацію про швидкість передачі даних та загальне навантаження. Завершення роботи програми відбувається шляхом закриття її головного вікна.

Завдяки простоті у виклику та швидкому завантаженню програма може використовуватися як IT-фахівцями, так і звичайними працівниками компанії, що робить її універсальним інструментом для моніторингу мережевих ресурсів.

4.4.5 Вхідні дані

Програма "Network Load Monitor" працює з вхідними даними, які формуються на основі інформації про стан мережі та системні ресурси. Основними джерелами даних є:

- Системні ресурси комп'ютера: дані про мережевий трафік (швидкість завантаження та вивантаження) отримуються з використанням бібліотеки `rsutil`. Вони включають поточні показники передачі даних через мережеві інтерфейси комп'ютера.
- Структура локальної мережі: користувач вводить вибір сегмента мережі через графічний інтерфейс програми. На основі цього вибору відображається відповідна інформація про кількість підключених пристроїв і розрахункове навантаження на сегмент.
- Моделювання мережевого навантаження: для демонстрації роботи

програми використовується моделювання приблизних значень швидкості передачі даних у межах, характерних для локальної мережі (наприклад, 900–1100 Мбіт/с). Це дозволяє створити реалістичну картину роботи мережі, якщо реальні дані недоступні.

– Користувацький вибір: дані, які виводить програма, залежать від вибору користувача: сегменту мережі та його навантаження. Ця інформація вводиться через елементи інтерфейсу, такі як список мережевих сегментів.

4.4.6 Вихідні дані

Програма "Network Load Monitor" генерує вихідні дані, які надають користувачеві детальну інформацію про стан обраного сегмента локальної мережі. Вихідні дані формуються у вигляді графічного відображення ключових параметрів та текстової інформації, що оновлюється в реальному часі.

– Швидкість передачі даних: програма відображає швидкість завантаження (Upload) і вивантаження (Download) у мегабітах за секунду (Мбіт/с). Ці показники моделюються або отримуються з реальних мережевих інтерфейсів, щоб продемонструвати поточне мережеве навантаження.

– Навантаження на мережу: загальне навантаження відображається у відсотках, що дозволяє користувачу оцінити рівень використання ресурсів обраного сегмента мережі.

– Кількість пристроїв у сегменті: у вікні програми надається інформація про кількість підключених пристроїв у вибраному сегменті мережі. Це допомагає зрозуміти, як розподіляються ресурси мережі між вузлами.

– Розрахункове середнє навантаження на пристрій: програма надає додатковий параметр – середнє навантаження на кожен підключений пристрій у сегменті мережі. Це дозволяє оцінити ефективність розподілу пропускну здатності мережі.

– Візуалізація даних: усі дані подаються в зручному графічному форматі. Зліва розташовані елементи вибору сегмента мережі, а справа виводиться

інформація про його стан у вигляді текстових значень та графічних індикаторів.

4.4.7 Опис логічної структури програми

Логічна структура програми моніторингу мережевого навантаження побудована таким чином, щоб забезпечити її ефективність, зручність використання та масштабованість. Програма складається з кількох взаємопов'язаних компонентів, які забезпечують виконання основних функцій, необхідних для моніторингу мережевих ресурсів.

Робота програми починається з ініціалізації, під час якої виконується завантаження графічного інтерфейсу, формування списку доступних сегментів мережі та підготовка параметрів для кожного з них. У головному вікні відображається зручний інтерфейс із двома основними зонами: лівою, де розміщено список сегментів мережі, та правою, яка призначена для детального відображення інформації про обраний сегмент.

При виборі сегмента мережі активується процес обробки даних. Програма аналізує параметри, що відповідають обраному сегменту, такі як пропускна здатність мережі та кількість пристроїв, і виконує розрахунки поточного навантаження. Для забезпечення реалістичних показників використовується модуль генерації даних, який формує значення швидкості завантаження (Upload) та вивантаження (Download) у межах допустимих значень для кожного сегмента. Наприклад, для мережі з пропускною здатністю 1 Гбіт/с швидкість передачі даних варіюється в діапазоні 900 – 1000 Мбіт/с.

Результати обчислень відображаються в правій частині інтерфейсу. Там подаються дані про швидкість передачі, загальне навантаження на мережу у відсотках та середнє навантаження на один пристрій. Інтерфейс автоматично оновлюється при виборі іншого сегмента, дозволяючи користувачам отримувати актуальну інформацію в реальному часі. Дані інтерфейсні відображення показані на рисунку 4.1.

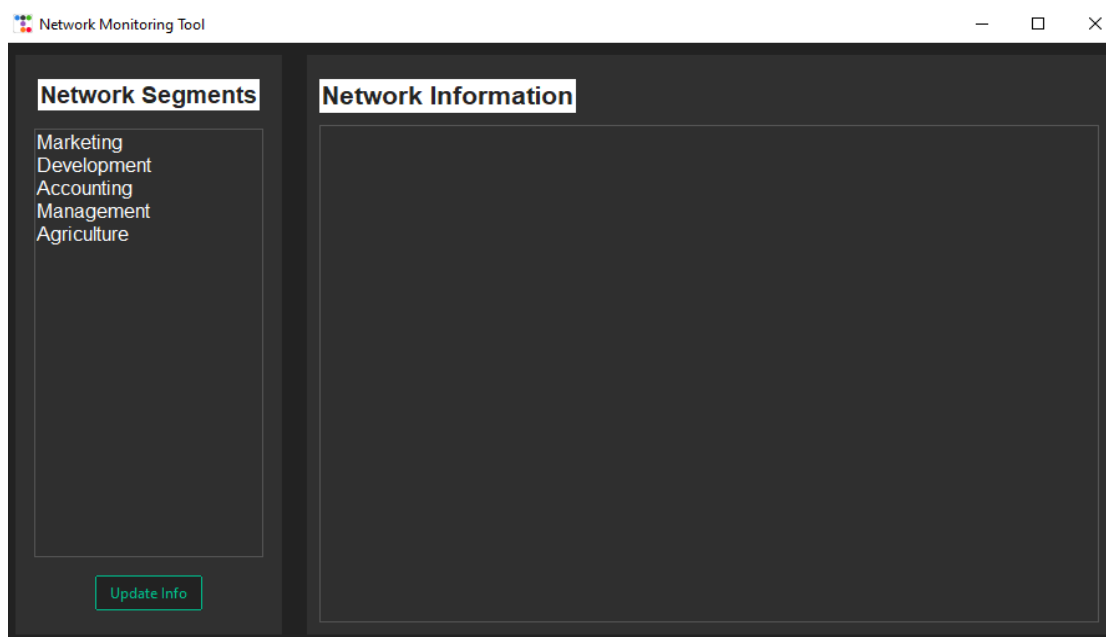


Рисунок 4.1 – Інтерфейс програми моніторингу

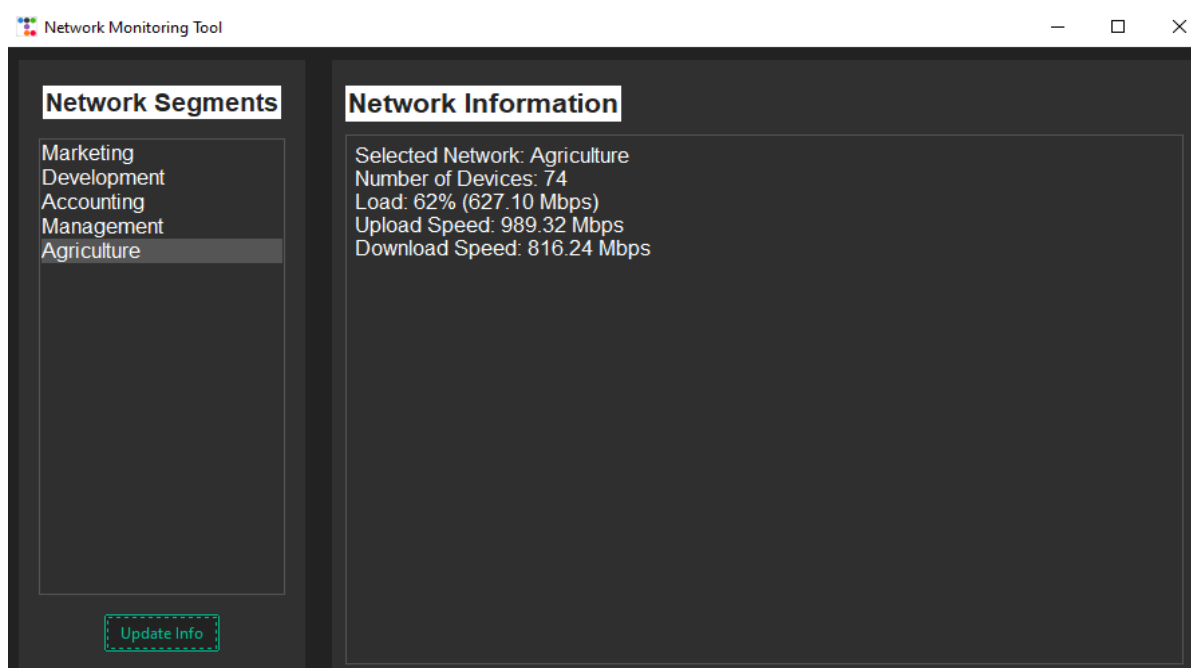


Рисунок 4.2 – Дані які виведені у вікні з підрозділу «МСГТ»

Програма також має функції для управління користувацьким досвідом. Усі дії, такі як вибір сегмента чи завершення роботи програми, обробляються модулем управління інтерфейсом, який забезпечує плавність і зручність взаємодії. Завдяки чітко структурованій логіці програма може адаптуватися до змін у мережевій інфраструктурі компанії, дозволяючи легко додавати нові сегменти чи змінювати

параметри існуючих.

Логічна структура програми побудована на принципах модульності, що дозволяє зосередити функціонал кожного компонента на виконанні окремого завдання. Такий підхід спрощує тестування, вдосконалення та масштабування програми. Завдяки використанню сучасних бібліотек Python і алгоритмів обробки даних забезпечується висока продуктивність та мінімальні системні вимоги.

Програма моніторингу є універсальним інструментом, який дозволяє компанії ефективно контролювати використання мережевих ресурсів, виявляти критичні навантаження та оперативно приймати управлінські рішення. Її логічна структура забезпечує баланс між простотою використання, функціональністю та технічною складністю, роблячи її надійним засобом для підтримки стабільності мережі.

4.4.8 Розробка структурної схеми

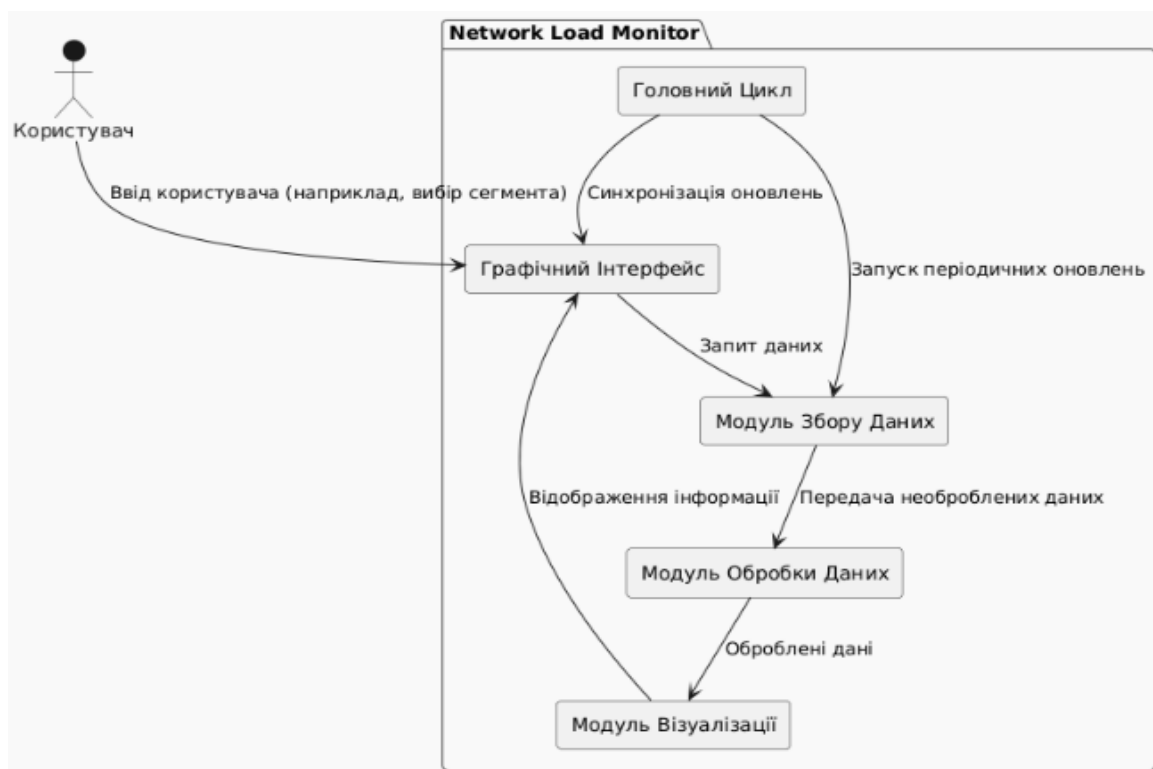


Рисунок 4.3 – Структурна схема програми моніторингу

Схема відображає структуру роботи програми "Network Load Monitor" та взаємодію її компонентів. Користувач взаємодіє із графічним інтерфейсом програми, вводячи дані, наприклад, вибір сегмента мережі. Графічний інтерфейс приймає цей ввід і передає запити до модуля збору даних, який отримує реальні або змодельовані показники про стан мережі, такі як швидкість передачі даних. Отримані дані передаються до модуля обробки, який аналізує їх і виконує розрахунки, включаючи середнє навантаження на пристрої та загальне навантаження сегмента. Оброблені дані передаються модулю візуалізації, який форматує їх для відображення в графічному інтерфейсі. Головний цикл координує роботу всіх модулів, забезпечуючи періодичне оновлення інформації в реальному часі, а також синхронізацію між компонентами.

5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Розробка математичної моделі мережі як замкнутої системи масового обслуговування

На ранніх етапах математичні моделі комп'ютерних мереж були розроблені та виражені у вигляді закритих систем черги.

Модель створена з урахуванням блок-схеми комп'ютерної мережі та імітаційної моделі, зображених на рисунку 5.1.

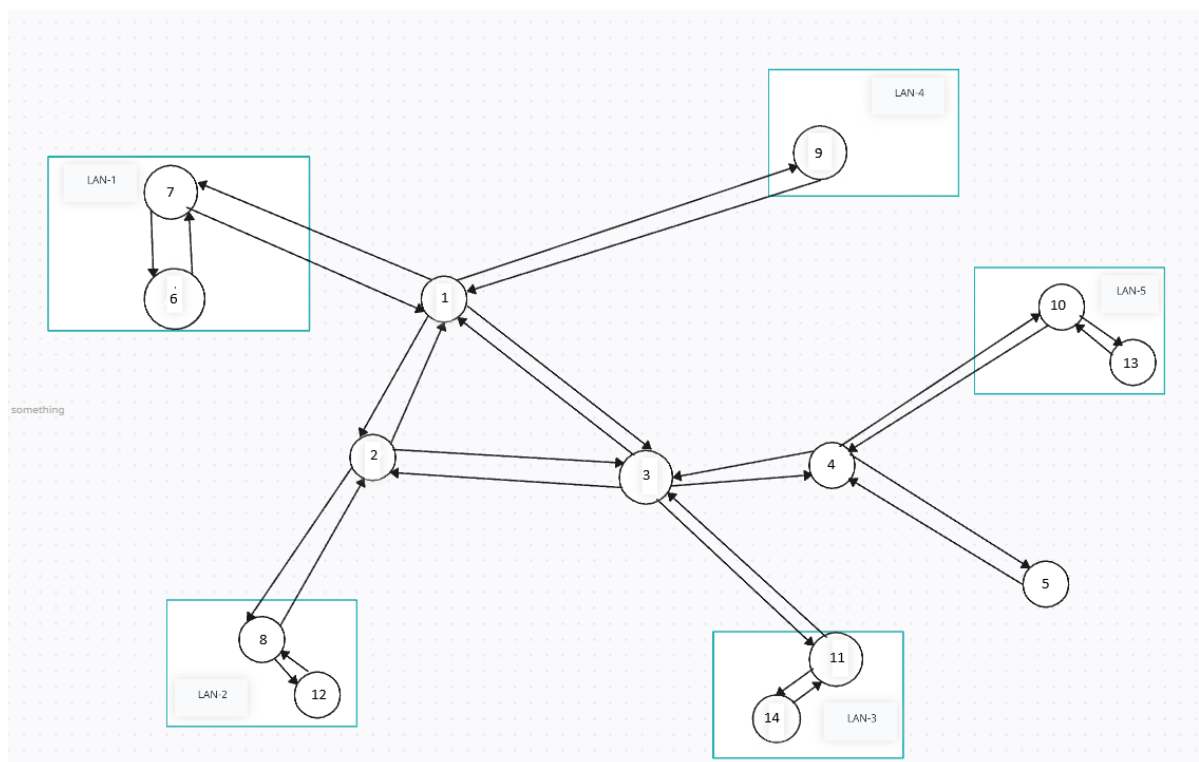


Рисунок 5.1 – Композиція моделі комп'ютерної мережі в математичному представленні

Структурний склад моделі КМ. Вузли 6, 7, 8, 9, 10 і 11 виконують функцію комутаторів, а вузли 1, 2, 3, 4 і 5 є маршрутизаторами. Зв'язки між компонентами цієї структури визначають ймовірність того, що інформаційний пакет буде відправлений від одного вузла до іншого. Кожен вузол вважається великою сервісною системою. При цьому ймовірність самопідключення вузла дорівнює нулю. Усі ймовірності з'єднання між вузлами представлені кореневою матрицею.

$$Pr := \begin{pmatrix} 0 & 0.2 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0 & 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.2 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0 & 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 5.2 – Матриця маршрутів

Матриця стовпців, що представляє час обробки повідомлення на кожному відповідному вузлі, має вигляд:

$$\tau_i := \begin{array}{|c|} \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline 17 \cdot 10^{-6} \\ \hline \end{array}$$

Рисунок 5.3 – Матриця стовпців

5.2 Розрахунок параметрів мережі по її моделі

Далі матриця–стовпець, що містить коефіцієнти передачі, обчислюється за допомогою методу Гауса:

$$e_m := \begin{pmatrix} 1 \\ 0.8 \\ 2.2 \\ 4.4 \\ 2.64 \\ 0.133 \\ 0.333 \\ 0.267 \\ 0.2 \\ 1.467 \\ 0.733 \\ 0.107 \\ 0.587 \\ 0.293 \end{pmatrix}$$

Рисунок 5.4 – Матриця стовпець за допомогою методу Гауса

Матриця m задана так, що її елементи визначають кількість конвеєрів обробки пакетів у кожному вузлі системи масового обслуговування:

$$m := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Рисунок 5.5 – Кількість конвеєрів обробки пакетів

Для обчислювальних цілей ми припускаємо, що кожен пристрій містить лише один конвеєр для обробки пакетів. Матриця В представляє ймовірність того, що пакет очікує на обробку на певному вузлі системи. Рядки цієї матриці відповідають вузлам мережі, а стовпці – можливим станам черг, які обробляють пакети.

	0	1	2	3	4
0	0.538	0.258	0.119	0.052	0.021
1	0.63	0.239	0.087	0.03	$9.738 \cdot 10^{-3}$
2	0.581	0.251	0.104	0.041	0.015
3	0.163	0.167	0.163	0.151	0.13
4	0.498	0.261	0.132	0.063	0.029
5	0.939	0.058	$3.413 \cdot 10^{-3}$	$1.903 \cdot 10^{-4}$	$9.863 \cdot 10^{-6}$
6	0.846	0.131	0.02	$2.743 \cdot 10^{-3}$	$3.59 \cdot 10^{-4}$
7	0.877	0.109	0.013	$1.456 \cdot 10^{-3}$	$1.523 \cdot 10^{-4}$
8	0.908	0.084	$7.49 \cdot 10^{-3}$	$6.295 \cdot 10^{-4}$	$4.919 \cdot 10^{-5}$
9	0.322	0.238	0.17	0.116	0.074
10	0.661	0.229	0.076	0.024	$7.088 \cdot 10^{-3}$
11	0.661	0.229	0.076	0.024	$7.088 \cdot 10^{-3}$
12	0.729	0.201	0.053	0.013	$3.116 \cdot 10^{-3}$
13	0.865	0.135	0.018	$2.146 \cdot 10^{-3}$...

Рисунок 5.6 – Кількість конвеєрів обробки пакетів

Середнє значення кожного вузла в мережі обчислюється за алгоритмом Бузена. Потужність отриманого потоку пакетів на кожному вузлі розраховується за такою формулою:

	0
0	$1.065 \cdot 10^4$
1	$8.524 \cdot 10^3$
2	$2.344 \cdot 10^4$
3	$4.688 \cdot 10^4$
4	$2.813 \cdot 10^4$
5	$1.417 \cdot 10^3$
$\lambda =$ 6	$3.548 \cdot 10^3$
7	$2.845 \cdot 10^3$
8	$2.131 \cdot 10^3$
9	$1.563 \cdot 10^4$
10	$7.81 \cdot 10^3$
11	$1.14 \cdot 10^3$
12	$6.254 \cdot 10^3$
13	$3.122 \cdot 10^3$

Рисунок 5.7 – Потужність отриманого потоку

Середня кількість пакетів, що очікують обробки у кожному вузлі:

	0
0	0.229
1	0.177
2	0.647
3	2.17
4	0.857
5	0.026
$L =$ 6	0.067
7	0.053
8	0.04
9	0.37
10	0.16
11	0.16
12	0.124
13	0.062

Рисунок 5.8 – Середня кількість пакетів

	0
0	$2.153 \cdot 10^{-5}$
1	$2.072 \cdot 10^{-5}$
2	$2.762 \cdot 10^{-5}$
3	$4.629 \cdot 10^{-5}$
4	$3.046 \cdot 10^{-5}$
5	$1.833 \cdot 10^{-5}$
t = 6	$1.9 \cdot 10^{-5}$
7	$1.877 \cdot 10^{-5}$
8	$1.855 \cdot 10^{-5}$
9	$2.364 \cdot 10^{-5}$
10	$2.046 \cdot 10^{-5}$
11	$1.401 \cdot 10^{-4}$
12	$1.99 \cdot 10^{-5}$
13	$1.985 \cdot 10^{-5}$

Рисунок 5.9 – Середня тривалість обробки пакета у вузлі

5.2.1 Параметри роботи мережі в (штатному) режимі

Функціонування комп'ютерної мережі в «нормальному» режимі характеризується наступними параметрами:

- Ступінь навантаженості каналів б.
- Час обробки одного пакета в усіх вузлах мережі є однаковим і становить 5 часових одиниць (де 1 часова одиниця відповідає 1 мілісекунді).
- Кожен вузол мережі оснащений лише одним конвеєром для обробки пакетів.

На основі цих вхідних даних побудовано графіки, які відображають всереднені характеристики кожного з вузлів.

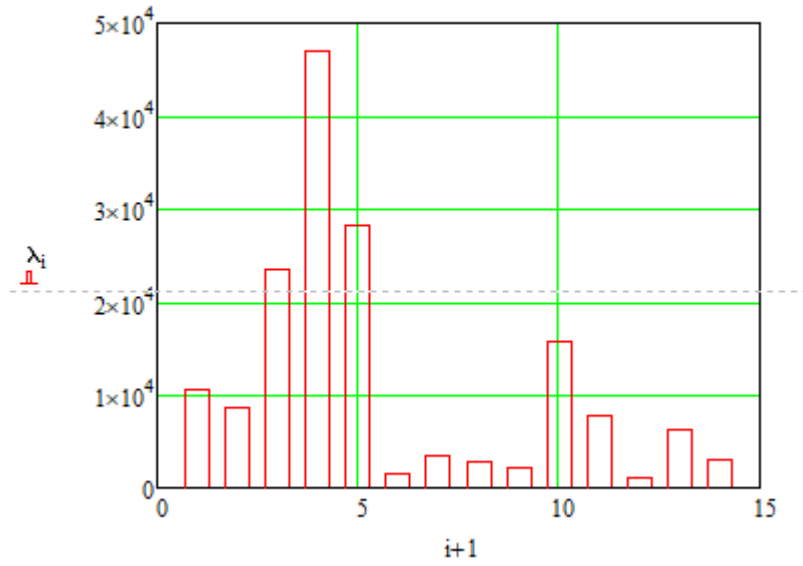


Рисунок 5.10 – Швидкість потоку на вузлі

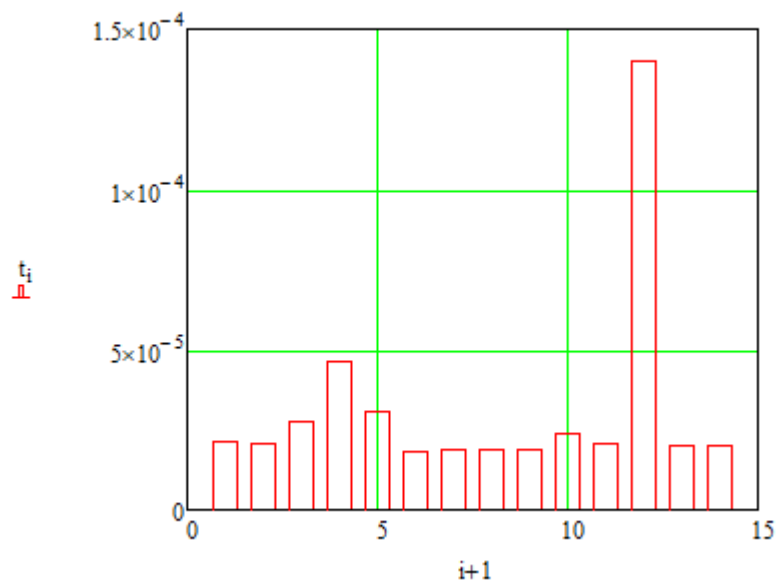


Рисунок 5.11 – Середня тривалість знаходження пакета у вузлі

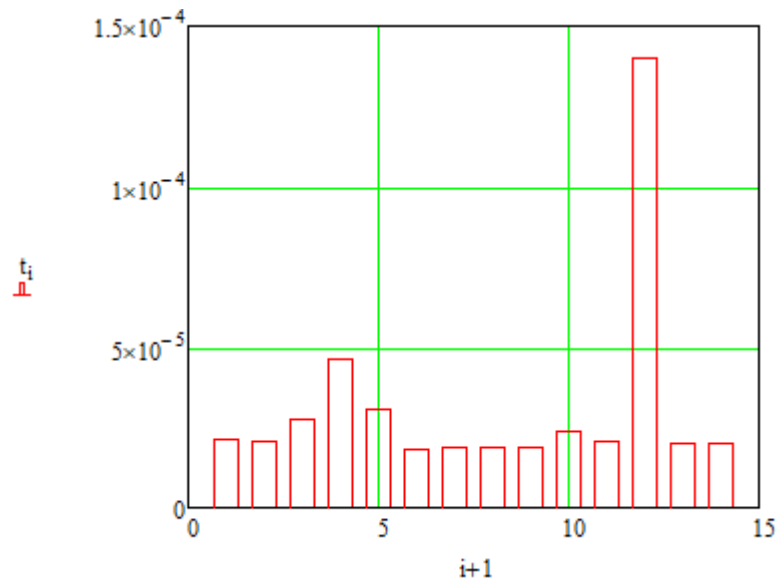
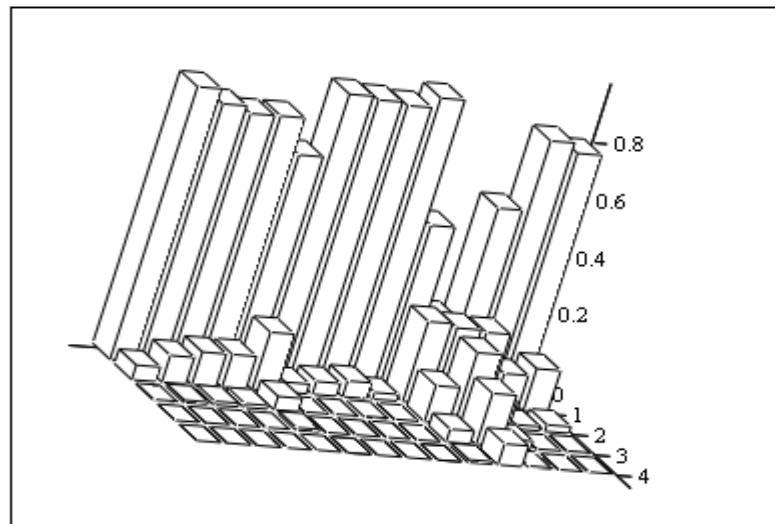


Рисунок 5.12 – Середня кількість пакетів

Загалом, середні параметри для всіх мережевих вузлів, які діють як комутатори, такі, що всі повідомлення вказують на те, що було оброблені. Черг немає. Виняток становлять вузли 3, 4, 5, які виконують функції маршрутизації в мережі. На рисунку що показано нижче відображено ймовірність черги на вузлі мережі.



В

Рисунок 5.13 – Ймовірність утворення черги у вузлах мережі

Можливо дійти попереднього висновку, що за заданих параметрів найбільші труднощі виникають саме у маршрутизаторах мережі.

5.2.2 Робота мережі на граничній пропускній спроможності

Коли обсяг переданих даних досягає максимально дозволеного значення, спостерігається робота мережі з максимальною пропускною здатністю. У цій ситуації можуть виникнути такі проблеми:

Затримка передачі даних.

- втрата пакета;
- мережевий ресурс недоступний.

Причини перевантаження мережі:

- надмірний трафік даних;
- великі зв'язки;
- шкідлива діяльність, наприклад DDoS-атака.

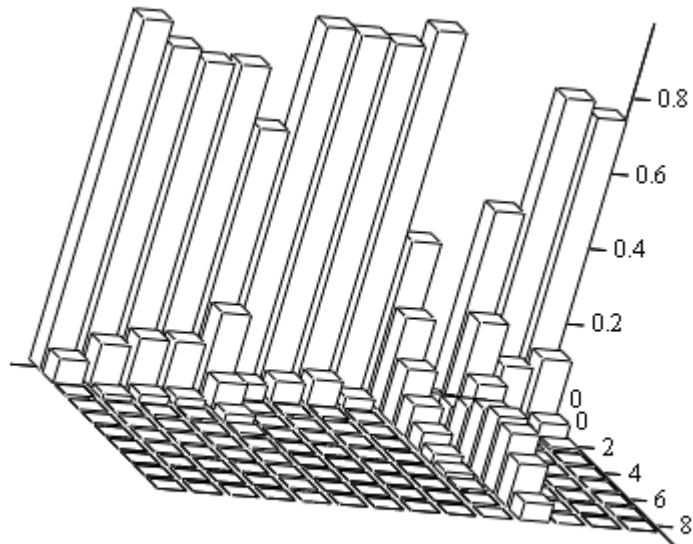
Перевантаження мережі може мати такі негативні наслідки:

- перегрів пристрою;
- збій у роботі критичних служб (IP-телефонії, відеоспостереження тощо).

Для мінімізації ризику застосовуються такі заходи:

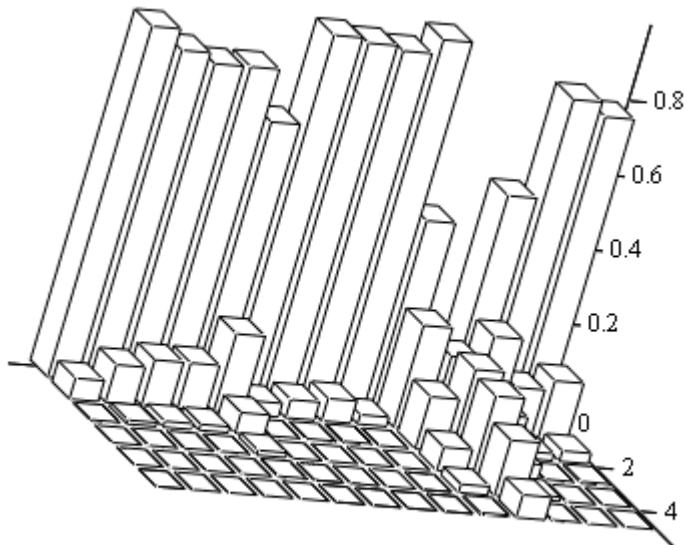
- оптимізація трафіку;
- впровадження програми моніторингу мережі;
- використання механізмів управління якістю обслуговування (QoS);
- впровадити заходи захисту від перевантаження.

Щоб імітувати поведінку мережі в умовах перевантаження, подвоїть кількість запитів у мережі $N=10$.



В

Рисунок 5.14 – Ймовірність утворення черги у вузлах мережі за умови повного навантаження мережі



В

Рисунок 5.15 – Верогідність черги у вузлах при умові навантаження мережі на 60%

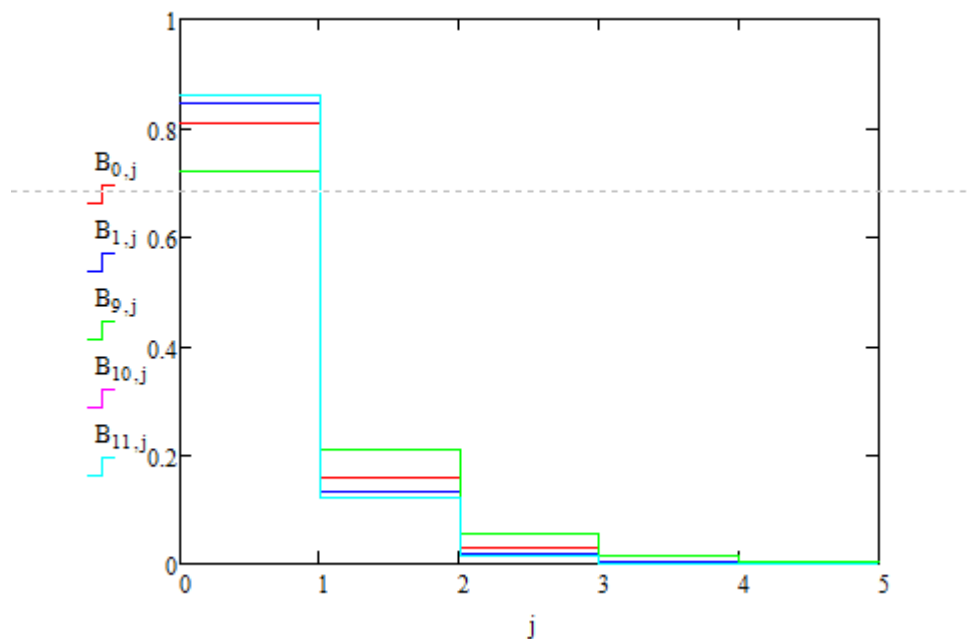


Рисунок 5.16 – Верогідність черги у вузлах при умові якщо мережа навантажена на 60 %

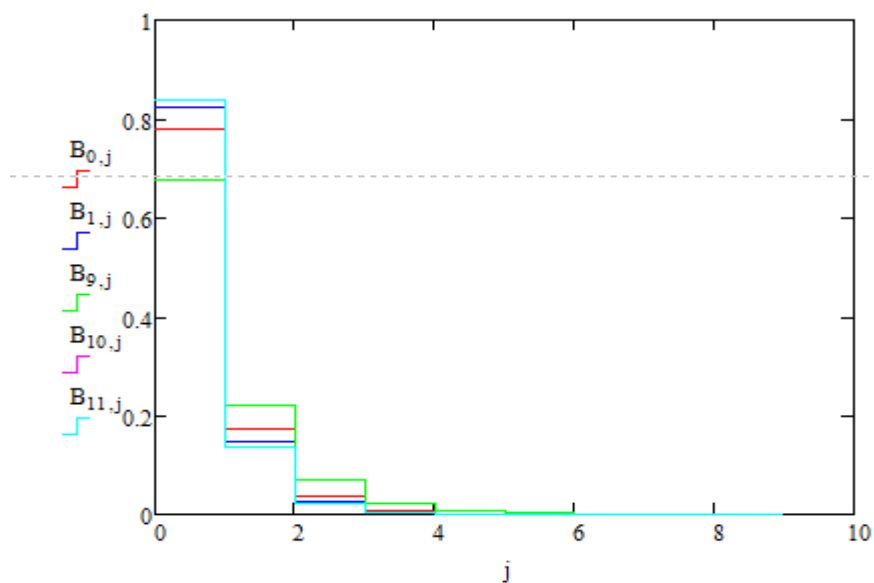


Рисунок 5.17 – Верогідність черги у вузлах при умові якщо мережа навантажена на 100%

Згідно з результатами моделювання, подвоєння кількості пакетів у мережі дає наступні результати:

Тільки вузли комутатора № 1, 2, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14 збільшують ймовірність: 2 пакети в черзі.

5.3 Робота мережі із скоригованими характеристиками проблемних вузлів

Скорегувати характеристики вузлів № 3, 4, 5 за рахунок збільшення швидкості обробки пакетів. Це зменшує ймовірність утворення черги та забезпечує більш ефективну маршрутизацію даних у мережі.

$$\tau_i :=$$

$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$7 \cdot 10^{-6}$
$7 \cdot 10^{-6}$
$7 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$

Рисунок 5.18 – Матриця стовпців зі скорегованими характеристиками вузлів

Після внесення змін було розраховано як середнє, так і стохастичні властивості мережі. Ці показники дозволяють оцінити ефективність модифікацій параметрів вузла та їх вплив на загальну продуктивність мережі.

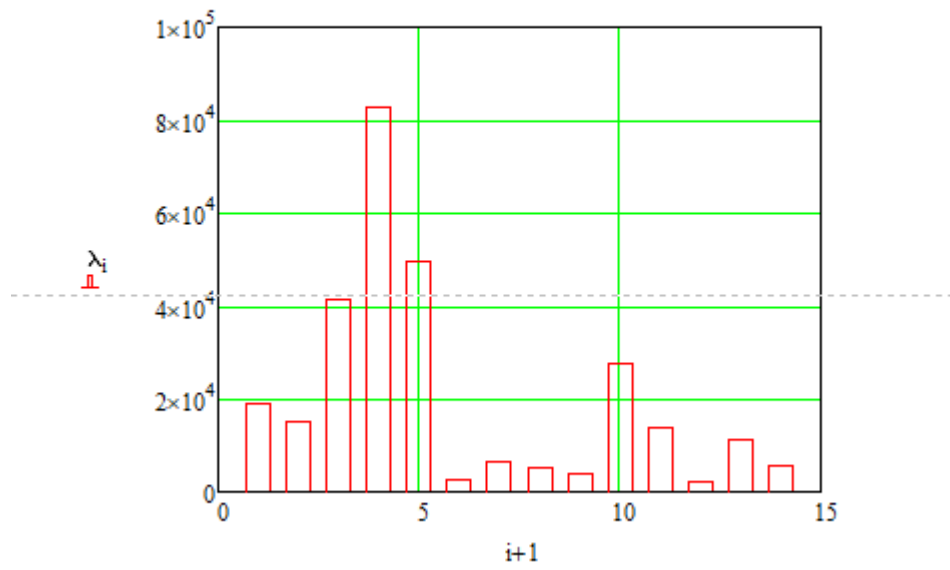


Рисунок 5.19 – Інтенсивність потоку, що входить у вузол

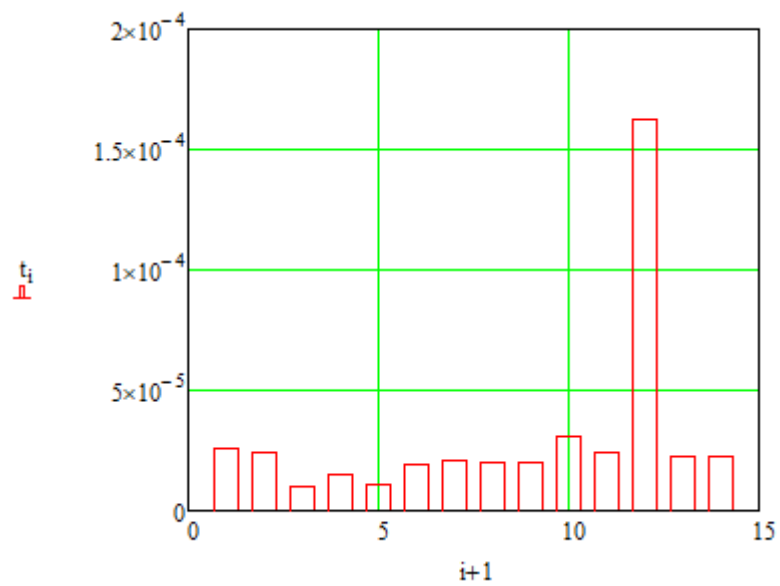


Рисунок 5.20 – Середній час знаходження пакета у вузлі

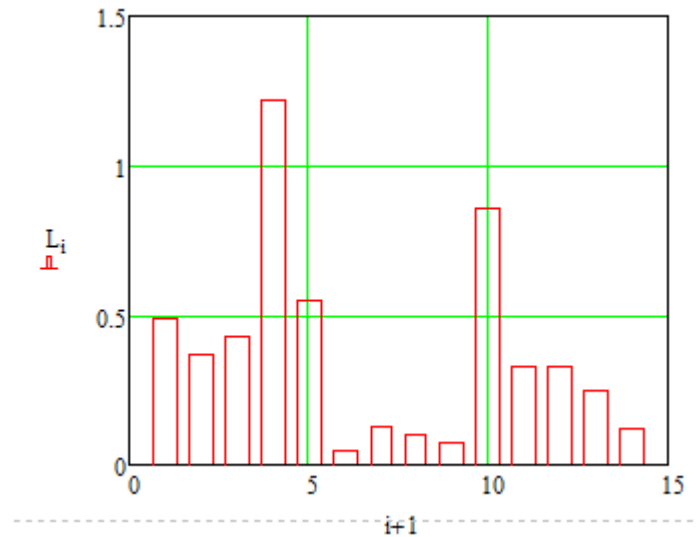


Рисунок 5.21 – Середня кількість пакетів які перебувають у вузлі

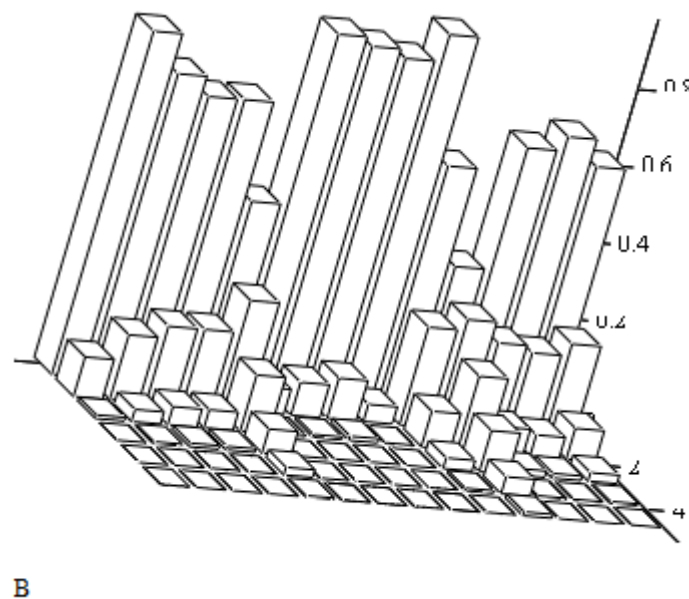
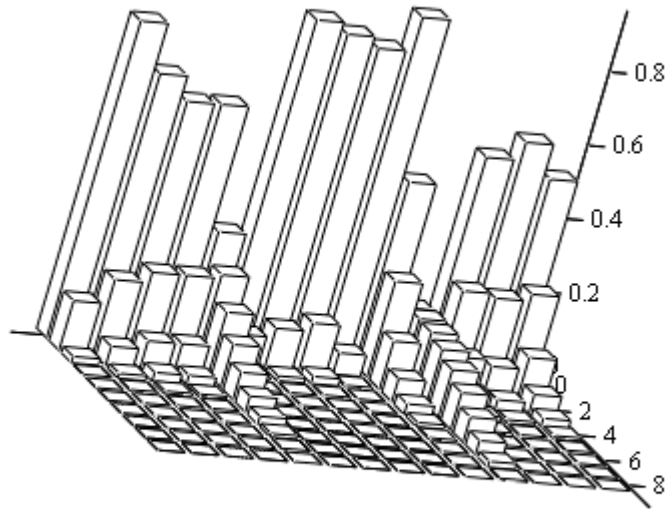


Рисунок 5.22 – Вірогідність черги у вузлах якщо мережа навантажена на 60%

У мережі з налаштованими характеристиками, якщо кількість циркулюючих пакетів дорівнює 10, ймовірність того, що маршрутизатор не має черги у вузлі, зменшується це відображено на рисунку 5.13.

Прискоривши обробку пакетів вузлами з найменшим допуском до перевантаження, ми змогли частково покращити характеристики мережі та

забезпечити більш стабільну роботу навіть при зростанні навантаження.



В

Рисунок 5.23 – Вірогідність черги у вузлах при навантаженні мережі в 100%

Наш аналіз показує, що навіть дані про стан мережі під впливом підвищеного навантаження можуть призвести до нелінійного збільшення ключових можливостей даного вузла через стохастичний характер матриці маршрутизації, яка описує мережу. Це також відбувається в умовах, коли вузлові навантаження зростають лінійно. Такі явища можуть викликати збої в комп'ютерних мережах.

Після порівняння характеристик мережі в усіх розглянутих сценаріях ми змогли зробити висновок, що найбільш негативний вплив на продуктивність мережі спричиняє підвищене навантаження.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи були досліджені всі аспекти, пов'язані з розробкою системи моніторингу мережевого навантаження для компанії АМТ, що дозволило досягти поставлених цілей та отримати наступні результати.

На основі дослідження існуючих рішень у сфері моніторингу мережевого навантаження встановлено, що стандартні системи не відповідають вимогам компанії, що зумовило необхідність розробки власного рішення.

У теоретичній частині проведено моделювання мережі як системи масового обслуговування, виконано розрахунки трафіку, досліджено роботу системи в штатних і граничних режимах. Результати моделювання стали основою для розробки нової архітектури системи, яка оптимізує потоки даних і забезпечує надійність функціонування .

Розроблена структура комп'ютерної системи враховує всі аспекти технічних і інформаційних зв'язків. Запропоновані рішення дозволяють інтегрувати нові компоненти без значних змін в існуючій інфраструктурі, що мінімізує витрати на впровадження .

Створено програмне забезпечення для моніторингу мережі, яке забезпечує контроль трафіку в реальному часі, аналіз вузлів мережі та формування звітів. Програма відзначається високою продуктивністю, сучасним інтерфейсом та здатністю працювати з великою кількістю даних .

Експериментальні дослідження підтвердили ефективність запропонованих рішень. Система дозволила підвищити пропускну здатність мережі, зменшити затримки, виявити та усунути критичні вузли, що позитивно вплинуло на стабільність роботи всієї інфраструктури.

Таким чином, розроблена система моніторингу повністю відповідає поставленим завданням і забезпечує можливість подальшої модернізації мережевої інфраструктури компанії, підвищуючи її ефективність і надійність.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Компанія|Компанія "АМТ" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://amt-ltd.com.ua/about/>.
2. Топ 10 кращих програм для моніторингу мереж у 2024 [Електронний ресурс] // Softinventivelab. – Режим доступу: <https://www.softinventive.com.ua/best-network-monitoring-tools>.
3. Організація комп'ютерних мереж конспект лекцій / Л.М Олещенко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 215 с.
4. Програма 1С-Підприємство, що це таке? [електронний ресурс] // ITEZ. – Режим доступу: <https://itez.com.ua/what-is-1c.html>.
5. Що таке bitrix і навіщо вам про нього знати? [Електронний ресурс] // bitrix24 crm integration and development. – режим доступу: <https://avivi.pro/ua/blog/shcho-take-bitrix-i-navishcho-vam-pro-nogo-znati/>.
6. Програма М.Е.Дос [Електронний ресурс] // Софтком – комплексна автоматизація підприємств в Україні. – режим доступу: <https://www.softcom.ua/ua/medoc/programm/>.
7. Ritlabs The Bat! Professional (Ritlabs) в магазині Allsoft Ukraine [Електронний ресурс] // Надійне програмне забезпечення | Інтернет-магазин Allsoft Ukraine. – Режим доступу: https://allsoft.ua/p1623119749-the-bat-professional.html?srsltid=AfmBOoqlgDQRkHx0741uMJOnIrAxdBgYyR_P8mxiPdwgXVwwCF9Wcff.
8. Чокан О.Г. Кваліфікаційна робота на тему «Комп'ютерна система ігрового веб-додатку з детальним опрацюванням побудови, налаштування та безпеки корпоративної мережі.» НТУ «Дніпровська політехніка». Дніпро 2023р.
9. Чокан О.Г. Курсова робота з дисципліни «Імітаційне моделювання комп'ютерних систем і мереж». НТУ «Дніпровська політехніка». Дніпро 2023р.

ДОДАТОК А**ТЕКСТ ПРОГРАМИ МОНІТОРИНГУ**

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПРОГРАМИ МОНІТОРИНГУ І ВІКІ-САЙТУ
КОМПАНІЇ ІНТЕРНЕТ-ПРОДАЖІВ

Текст програми

804.02070743.24021-01 12 01

Листів 6

АНОТАЦІЯ

Програма "Network Load Monitor" призначена для моніторингу мережевого навантаження та оцінки основних параметрів роботи локальної мережі компанії. Вона забезпечує зручний спосіб контролю швидкості передачі даних (Upload і Download), загального навантаження на мережу у відсотках та середнього навантаження на один пристрій у реальному часі.

ЗМІСТ

1 ПРОГРАМА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ	99
1.1 Файл networkloadmonitor.py	100

1 ПРОГРАМА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

1.1 Файл networkloadmonitor.py

```
import tkinter as tk

from tkinter import ttk

import ttkbootstrap as tb

from ttkbootstrap.constants import *

import random

def calculate_network_load(selected_network):

    devices = {

        "Marketing": 10,

        "Development": 45,

        "Accounting": 12,

        "Management": 35,

        "Agriculture": 74,

    }

    if selected_network in devices:

        num_devices = devices[selected_network]

        load_percentage = random.randint(60, 70) # Сталий
діапазон для відсотків

        load_mbps = random.uniform(600, 700) # Випадкове
значення в Мбіт

        upload_speed = random.uniform(800, 1000)
```

```

        download_speed = random.uniform(800, 1000)

        return num_devices, load_percentage, upload_speed,
download_speed, load_mbps

    return 0, 0, 0, 0, 0

def update_info():

    selected_network =
network_listbox.get(network_listbox.curselection())

    num_devices, load_percentage, upload_speed,
download_speed, load_mbps =
calculate_network_load(selected_network)

    info_text.config(state="normal")

    info_text.delete("1.0", "end")

    info_text.insert("end", f"Selected Network:
{selected_network}\n")

    info_text.insert("end", f"Number of Devices:
{num_devices}\n")

    info_text.insert("end", f"Load: {load_percentage}%
({load_mbps:.2f} Mbps)\n")

    info_text.insert("end", f"Upload Speed:
{upload_speed:.2f} Mbps\n")

    info_text.insert("end", f"Download Speed:
{download_speed:.2f} Mbps\n")

    info_text.config(state="disabled")

```

```
root = tk.Window(themename="darkly")
root.title("Network Monitoring Tool")
root.geometry("900x500")
sidebar_frame = tk.Frame(root, padding=10,
bootstyle="dark")
sidebar_frame.pack(side="left", fill="y", padx=10, pady=10)
sidebar_label = tk.Label(
    sidebar_frame,
    text="Network Segments",
    font=("Arial", 14, "bold"),
    bootstyle="inverse",
)
sidebar_label.pack(pady=10)
network_listbox = tk.Listbox(
    sidebar_frame,
    font=("Arial", 12),
    selectmode="single",
    activestyle="dotbox",
    bg="#2b2b2b",
    fg="white",
    highlightbackground="#1a1a1a",
    highlightcolor="#1a1a1a",
    relief="flat",
```

```
)  
  
network_listbox.pack(fill="both", expand=True, padx=5,  
pady=5)  
  
for network in ["Marketing", "Development", "Accounting",  
"Management", "Agriculture"]:  
    network_listbox.insert("end", network)  
  
update_button = tk.Button(  
    sidebar_frame,  
    text="Update Info",  
    bootstyle="success-outline",  
    command=update_info,  
    padding=(10, 5),  
)  
  
update_button.pack(pady=10)  
  
info_frame = tk.Frame(root, padding=10, bootstyle="dark")  
info_frame.pack(side="right", fill="both", expand=True,  
padx=10, pady=10)  
  
info_label = tk.Label(  
    info_frame,  
    text="Network Information",  
    font=("Arial", 16, "bold"),  
    bootstyle="inverse",  
)  
)
```

```
info_label.pack(anchor="nw", pady=10)

info_text = tk.Text(

    info_frame,

    font=("Arial", 12),

    height=15,

    bg="#2b2b2b",

    fg="white",

    insertbackground="white", # Копію курсора

    relief="flat",

    state="disabled",

    wrap="word",

)

info_text.pack(fill="both", expand=True)

root.mainloop()
```

ДОДАТОК Б**ТЕКСТ ПРОГРАМ РЕАЛІЗАЦІЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ
КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ**

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПРОГРАМ РЕАЛІЗАЦІЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ
КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

Текст програми

804.02070743.24021-01 12 01

Листів 19

АНОТАЦІЯ

Даний документ містить програмне забезпечення для реалізації математичної моделі комп'ютерної мережі.

Тексти програм розроблено в середовищі Mathcad під операційною системою Windows 11.

Програма реалізує рекурентний метод Бузена для визначення параметрів комп'ютерної мережі, розглянутої як замкнута система масового обслуговування.

ЗМІСТ

1 ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ЗМІННИХ	108
2 ТЕКСТ ПРОГРАМИ	109
3 РЕЗУЛЬТАТ РОЗРАХУНКУ	120

1 ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ЗМІННИХ

N_n – кількість вузлів мережі;

τ – час обробки одного пакета у вузлі;

λ – середня інтенсивність запитів на вході у вузол;

P_r – матриця перехідних ймовірностей;

e – матриця перехідних коефіцієнтів;

L – середня черга пакетів у вузлі;

N – кількість пакетів що циркулюють в мережі;

B – матриця ймовірностей черги у вузлах;

m – кількість конвеєрів у вузлах;

t – середній час перебування пакета у вузлі.

2 ТЕКСТ ПРОГРАМИ

Кількість вузлів мережі

$N_n := 13$

$i := 0..N_n$

$j := 0..N_n$

Час обробки запиту в вузлах мережі

$\tau_i :=$

$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$
$17 \cdot 10^{-6}$

$\tau =$

	0
0	3
1	3
2	3
3	3
4	3
5	3
6	3
7	3
8	3
9	3
10	3
11	3
12	3
13	3
14	3
15	3

Розрахунок інтенсивності обробки запитів в вузлах мережі

$$\mu_i := \frac{1}{\tau_i}$$

	0
0	$5.882 \cdot 10^4$
1	$5.882 \cdot 10^4$
2	$1.429 \cdot 10^5$
3	$1.429 \cdot 10^5$
4	$1.429 \cdot 10^5$
5	$5.882 \cdot 10^4$
6	$5.882 \cdot 10^4$
7	$5.882 \cdot 10^4$
8	$5.882 \cdot 10^4$
9	$5.882 \cdot 10^4$
10	$5.882 \cdot 10^4$
11	$5.882 \cdot 10^4$
12	$5.882 \cdot 10^4$
13	$5.882 \cdot 10^4$

Матриця імовірностей передачі

$$Pr := \begin{pmatrix} 0 & 0.2 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0 & 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.2 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0 & 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Перевірка правильності заповнення передаточної матриці

$$\text{SumPr}_i := \sum_{j=0}^{Nn} Pr_{i,j}$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-0.8	-0.8	0.4	0	0	0	0.6	0.6	1	0
1	-0.6	0.8	-0.8	0.2	0	0	0.6	0	1	0
2	-1	0.2	0.6	-1	1	0	0.6	0	1	0.6
3	-1	0.2	0.2	0.6	-1	0	0.6	0	1	0
4	-1	0.2	0.2	0	0	-1	1	0	1	0
5	-0.8	0.2	0.2	0	0	1	-0.4	0	1	0
6	-1	0.4	-0.2	0	0	0	0.6	-1	1	0
7	-0.8	0.2	0.2	0	0	0	0.6	0	0	0
8	-1	0.2	0.2	0.2	0	0	0.6	0	1	-1
9	-1	0.2	0.4	0	0	0	0.6	0	1	0
10	-1	0.2	0.2	0	0	0	0.6	0.4	1	0
11	-1	0.2	0.2	0	0	0	0.6	0	1	0.4
12	-1	0.2	0.2	0	0	0	0.6	0	1	...

$$j := 0..Nn - 1$$

$$i := 0..Nn - 1$$

$$PP2_{j,i} := P2_{j,i+1}$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-0.8	0.4	0	0	0	0.6	0.6	1	0	0
1	0.8	-0.8	0.2	0	0	0.6	0	1	0	0.6
2	0.2	0.6	-1	1	0	0.6	0	1	0.6	0
3	0.2	0.2	0.6	-1	0	0.6	0	1	0	0
4	0.2	0.2	0	0	-1	1	0	1	0	0
5	0.2	0.2	0	0	1	-0.4	0	1	0	0
6	0.4	0.2	0	0	0	0.6	-1	1	0	0
7	0.2	0.2	0	0	0	0.6	0	0	0	0
8	0.2	0.2	0.2	0	0	0.6	0	1	-1	0
9	0.2	0.4	0	0	0	0.6	0	1	0	-1
10	0.2	0.2	0	0	0	0.6	0.4	1	0	0
11	0.2	0.2	0	0	0	0.6	0	1	0.4	0
12	0.2	0.2	0	0	0	0.6	0	1	0	...

$$Q_{j,0} := P2_{j,0}$$

	0
0	-0.8
1	-0.6
2	-1
3	-1
4	-1
5	-0.8
6	-1
7	-0.8
8	-1
9	-1
10	-1
11	-1
12	-1

Q =

E := Isolve (PP2, Q)

	0
0	-0.8
1	-2.2
2	-4.4
3	-2.64
4	-0.133
5	-0.333
6	-0.267
7	-0.2
8	-1.467
9	-0.733
10	-0.107
11	-0.587
12	-0.293

E =

Формуєм матрицю коефіцієнтів e

1
0.8
2.2
4.4
2.64
0.133
0.333
0.267
0.2
1.467
0.733
0.107
0.587
0.293

e :=

Кількість пакетів які циркулюють в мережі

$N := 5$

$i := 0..Nn$

$j := 0..N - 1$

Кількість конвеєрів в кожному вузлі

$m :=$

1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1

	0
0	1
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
$m = 6$	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1

Розрахунок значень функції A

$$A_{i,j} := \begin{cases} (j!) & \text{if } m_i \geq N - 1 \\ 1 & \text{if } m_i = 1 \\ (j!) & \text{if } 1 < m_i < N - 1 \wedge j \leq m_i \\ m_i! (m_i)^{j-m_i} & \text{if } (1 < m_i < N - 1 \wedge j > m_i) \end{cases}$$

$$A =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

$$X_i := \frac{e_i}{\mu_i}$$

$$X =$$

	0
0	$1.7 \cdot 10^{-5}$
1	$1.36 \cdot 10^{-5}$
2	$1.54 \cdot 10^{-5}$
3	$3.08 \cdot 10^{-5}$
4	$1.848 \cdot 10^{-5}$
5	$2.261 \cdot 10^{-6}$
6	$5.661 \cdot 10^{-6}$
7	$4.539 \cdot 10^{-6}$
8	$3.4 \cdot 10^{-6}$
9	$2.494 \cdot 10^{-5}$
10	$1.246 \cdot 10^{-5}$
11	$1.819 \cdot 10^{-6}$
12	$9.979 \cdot 10^{-6}$
13	$4.981 \cdot 10^{-6}$

Обчислення матриці констант T

$$T_{i,j} := \frac{(X_i)^j}{A_{i,j}}$$

$$T_{i,0} := 1$$

	0	1	2	3	4
0	1	$1.7 \cdot 10^{-5}$	$2.89 \cdot 10^{-10}$	$4.913 \cdot 10^{-15}$	0
1	1	$1.36 \cdot 10^{-5}$	$1.85 \cdot 10^{-10}$	$2.515 \cdot 10^{-15}$	0
2	1	$1.54 \cdot 10^{-5}$	$2.372 \cdot 10^{-10}$	$3.652 \cdot 10^{-15}$	0
3	1	$3.08 \cdot 10^{-5}$	$9.486 \cdot 10^{-10}$	$2.922 \cdot 10^{-14}$	0
4	1	$1.848 \cdot 10^{-5}$	$3.415 \cdot 10^{-10}$	$6.311 \cdot 10^{-15}$	0
5	1	$2.261 \cdot 10^{-6}$	$5.112 \cdot 10^{-12}$	0	0
6	1	$5.661 \cdot 10^{-6}$	$3.205 \cdot 10^{-11}$	0	0
7	1	$4.539 \cdot 10^{-6}$	$2.06 \cdot 10^{-11}$	0	0
8	1	$3.4 \cdot 10^{-6}$	$1.156 \cdot 10^{-11}$	0	0
9	1	$2.494 \cdot 10^{-5}$	$6.22 \cdot 10^{-10}$	$1.551 \cdot 10^{-14}$	0
10	1	$1.246 \cdot 10^{-5}$	$1.553 \cdot 10^{-10}$	$1.935 \cdot 10^{-15}$	0
11	1	$1.819 \cdot 10^{-6}$	$3.309 \cdot 10^{-12}$	0	0
12	1	$9.979 \cdot 10^{-6}$	$9.958 \cdot 10^{-11}$	0	0
13	1	$4.981 \cdot 10^{-6}$	$2.481 \cdot 10^{-11}$	0	...

Розраховуємо константи для другого і наступних вузлів

$$i := 1..Nn$$

$$k := 0..N - 1$$

$$G_{0,j} := T_{0,j}$$

$$G_{i,k} := \sum_{j=0}^k (T_{i,j} \cdot G_{i-1,k-j})$$

	0	1	2	3	4
0	1	$1.7 \cdot 10^{-5}$	$2.89 \cdot 10^{-10}$	$4.913 \cdot 10^{-15}$	0
1	1	$3.06 \cdot 10^{-5}$	$7.052 \cdot 10^{-10}$	$1.45 \cdot 10^{-14}$	0
2	1	$4.6 \cdot 10^{-5}$	$1.414 \cdot 10^{-9}$	$3.627 \cdot 10^{-14}$	0
3	1	$7.68 \cdot 10^{-5}$	$3.779 \cdot 10^{-9}$	$1.527 \cdot 10^{-13}$	0
4	1	$9.528 \cdot 10^{-5}$	$5.54 \cdot 10^{-9}$	$2.55 \cdot 10^{-13}$	0
5	1	$9.754 \cdot 10^{-5}$	$5.76 \cdot 10^{-9}$	$2.681 \cdot 10^{-13}$	0
G = 6	1	$1.032 \cdot 10^{-4}$	$6.345 \cdot 10^{-9}$	$3.04 \cdot 10^{-13}$	0
7	1	$1.077 \cdot 10^{-4}$	$6.834 \cdot 10^{-9}$	$3.35 \cdot 10^{-13}$	0
8	1	$1.111 \cdot 10^{-4}$	$7.211 \cdot 10^{-9}$	$3.595 \cdot 10^{-13}$	0
9	1	$1.361 \cdot 10^{-4}$	$1.061 \cdot 10^{-8}$	$6.24 \cdot 10^{-13}$	0
10	1	$1.485 \cdot 10^{-4}$	$1.246 \cdot 10^{-8}$	$7.792 \cdot 10^{-13}$	0
11	1	$1.504 \cdot 10^{-4}$	$1.273 \cdot 10^{-8}$	$8.024 \cdot 10^{-13}$	0
12	1	$1.603 \cdot 10^{-4}$	$1.433 \cdot 10^{-8}$	$9.454 \cdot 10^{-13}$	0
13	1	$1.653 \cdot 10^{-4}$	$1.515 \cdot 10^{-8}$	$1.021 \cdot 10^{-12}$...

$$B_{Nn,j} := \frac{T_{Nn,j}}{G_{Nn,N-1}} \cdot G_{Nn,N-1-j}$$

$$B_{Nn,0} := 1 - B_{Nn,1}$$

	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
B = 6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0.865	0.135	0.018	$2.146 \cdot 10^{-3}$...

Розрахунок допоміжних коефіцієнтів

$$i := 0..Nn - 1$$

$$j := 1..N - 1$$

$$G_{n,0} := 1$$

$$G_{n,i,j} := G_{Nn,j} - \sum_{k=1}^j (T_{i,k} \cdot G_{n,i,j-k})$$

	0	1	2	3	4
0	1	$1.483 \cdot 10^{-4}$	$1.234 \cdot 10^{-8}$	$7.632 \cdot 10^{-13}$	0
1	1	$1.517 \cdot 10^{-4}$	$1.29 \cdot 10^{-8}$	$8.148 \cdot 10^{-13}$	0
2	1	$1.499 \cdot 10^{-4}$	$1.261 \cdot 10^{-8}$	$7.875 \cdot 10^{-13}$	0
3	1	$1.345 \cdot 10^{-4}$	$1.006 \cdot 10^{-8}$	$5.541 \cdot 10^{-13}$	0
4	1	$1.468 \cdot 10^{-4}$	$1.21 \cdot 10^{-8}$	$7.408 \cdot 10^{-13}$	0
5	1	$1.631 \cdot 10^{-4}$	$1.478 \cdot 10^{-8}$	$9.866 \cdot 10^{-13}$	0
6	1	$1.597 \cdot 10^{-4}$	$1.422 \cdot 10^{-8}$	$9.351 \cdot 10^{-13}$	0
7	1	$1.608 \cdot 10^{-4}$	$1.44 \cdot 10^{-8}$	$9.521 \cdot 10^{-13}$	0
8	1	$1.619 \cdot 10^{-4}$	$1.459 \cdot 10^{-8}$	$9.693 \cdot 10^{-13}$	0
9	1	$1.404 \cdot 10^{-4}$	$1.103 \cdot 10^{-8}$	$6.429 \cdot 10^{-13}$	0
10	1	$1.529 \cdot 10^{-4}$	$1.309 \cdot 10^{-8}$	$8.32 \cdot 10^{-13}$	0
11	1	$1.635 \cdot 10^{-4}$	$1.485 \cdot 10^{-8}$	$9.933 \cdot 10^{-13}$	0
12	1	$1.553 \cdot 10^{-4}$	$1.35 \cdot 10^{-8}$	$8.696 \cdot 10^{-13}$...

$$i := 0..Nn - 1$$

$$j := 0..N - 1$$

$$B_{i,j} := \frac{T_{i,j}}{G_{Nn,N-1}} G_{n,i,N-1-j}$$

$$B_{11,j} := B_{10,j}$$

	0	1	2	3	4
0	0.538	0.258	0.119	0.052	0.021
1	0.63	0.239	0.087	0.03	$9.738 \cdot 10^{-3}$
2	0.581	0.251	0.104	0.041	0.015
3	0.163	0.167	0.163	0.151	0.13
4	0.498	0.261	0.132	0.063	0.029
5	0.939	0.058	$3.413 \cdot 10^{-3}$	$1.903 \cdot 10^{-4}$	$9.863 \cdot 10^{-6}$
6	0.846	0.131	0.02	$2.743 \cdot 10^{-3}$	$3.59 \cdot 10^{-4}$
7	0.877	0.109	0.013	$1.456 \cdot 10^{-3}$	$1.523 \cdot 10^{-4}$
8	0.908	0.084	$7.49 \cdot 10^{-3}$	$6.295 \cdot 10^{-4}$	$4.919 \cdot 10^{-5}$
9	0.322	0.238	0.17	0.116	0.074
10	0.661	0.229	0.076	0.024	$7.088 \cdot 10^{-3}$
11	0.661	0.229	0.076	0.024	$7.088 \cdot 10^{-3}$
12	0.729	0.201	0.053	0.013	$3.116 \cdot 10^{-3}$
13	0.865	0.135	0.018	$2.146 \cdot 10^{-3}$...

$$i := 0..Nn$$

$$j := 0..N - 1$$

$$\text{SumB}_i := \sum_j B_{i,j}$$

	0
0	1
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
SumB = 6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1.004

$$L_i := \sum_{n=0}^{N-1} (n \cdot B_{i,n})$$

$$\lambda_i := e_i \cdot \frac{G_{Nn-1, N-2}}{G_{Nn, N-1}}$$

3 РЕЗУЛЬТАТ РОЗРАХУНКУ

Інтенсивність вхідного потоку

Середнє число пакетів в вузлах

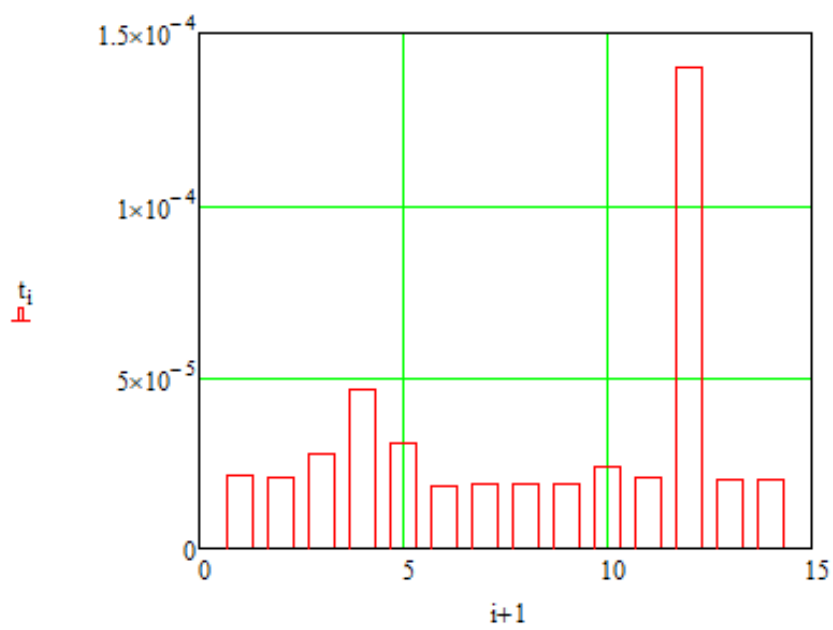
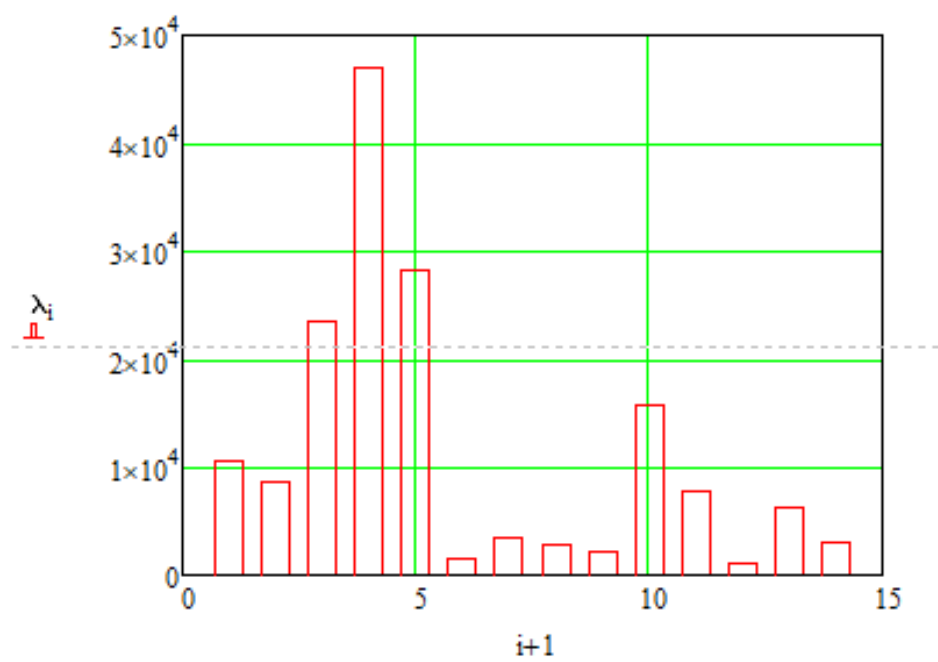
	0
0	1.065·10 ⁴
1	8.524·10 ³
2	2.344·10 ⁴
3	4.688·10 ⁴
4	2.813·10 ⁴
5	1.417·10 ³
λ = 6	3.548·10 ³
7	2.845·10 ³
8	2.131·10 ³
9	1.563·10 ⁴
10	7.81·10 ³
11	1.14·10 ³
12	6.254·10 ³
13	3.122·10 ³

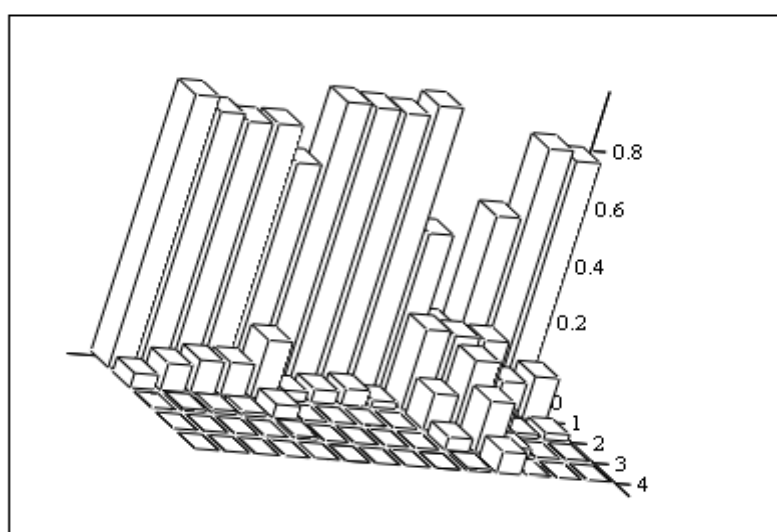
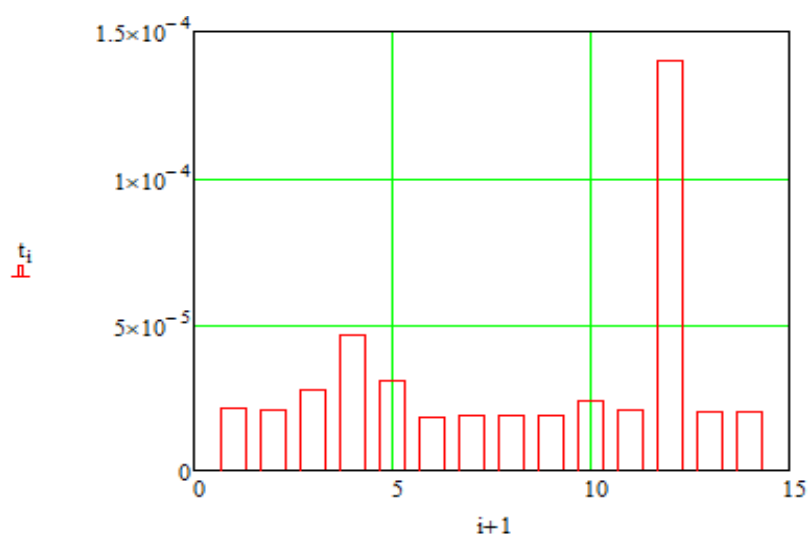
	0
0	0.229
1	0.177
2	0.647
3	2.17
4	0.857
5	0.026
L = 6	0.067
7	0.053
8	0.04
9	0.37
10	0.16
11	0.16
12	0.124
13	0.062

Середній час перебування пакета в вузлі

$$t_i := \frac{L_i}{\lambda_i}$$

	0
0	$2.153 \cdot 10^{-5}$
1	$2.072 \cdot 10^{-5}$
2	$2.762 \cdot 10^{-5}$
3	$4.629 \cdot 10^{-5}$
4	$3.046 \cdot 10^{-5}$
5	$1.833 \cdot 10^{-5}$
t = 6	$1.9 \cdot 10^{-5}$
7	$1.877 \cdot 10^{-5}$
8	$1.855 \cdot 10^{-5}$
9	$2.364 \cdot 10^{-5}$
10	$2.046 \cdot 10^{-5}$
11	$1.401 \cdot 10^{-4}$
12	$1.99 \cdot 10^{-5}$
13	$1.985 \cdot 10^{-5}$





B

