

Харківський національний університет
радіоелектроніки
факультет ННЦЗФН
кафедра ЕОМ

Магістерська кваліфікаційна робота
на тему:
Моделі і методи аналізу імовірнісних характеристик
розподілених систем

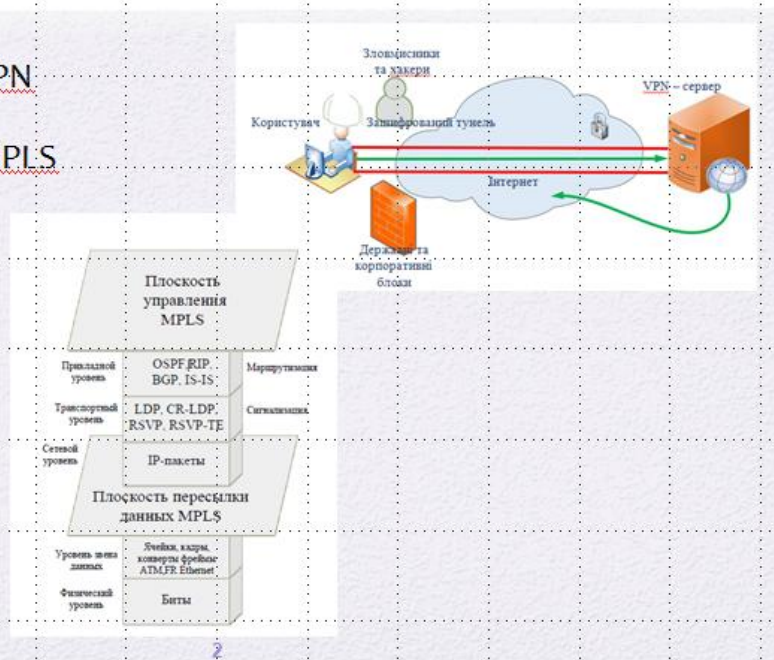
Керівник:
доц. каф. ЕОМ
Іванісенко І.М.

Розробив:
ст. гр. КСМзм-20-1
Мазепа К.М.

Харків 2021

Технології для побудови мереж спеціального призначення (МСП)

- Технологія VPN
- Технологія MPLS



Мета й задачі проекту

Мета роботи полягає у дослідженні імовірнісно-часових характеристик вузлів мереж спеціального призначення при обробці самоподібного трафіку.

Мета кваліфікаційної роботи досягається послідовним вирішенням наступних **задач**:

- аналіз існуючих моделей трафіку та методів його обробки, заснованих на класичній теорії масового обслуговування,
- аналіз методів математичного моделювання трафіку з використанням самоподібних випадкових процесів,
- розробка моделей самоподібного трафіку на основі процесів відновлення, що враховують кореляційні характеристики часових інтервалів трафіку,
- розробка методів аналізу систем масового обслуговування загального виду при обробці самоподібного трафіку,
- аналіз параметрів систем масового обслуговування загального виду при обробці самоподібного трафіку шляхом імітаційного моделювання.

3

Самоподібні властивості мережевого трафіку

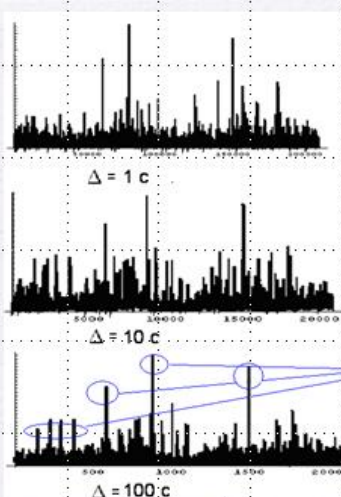


Рис. 1. Масштабований трафік для різних інтервалів часу

Самоподібність:

- 1) Масштабований у часі трафік зберігає закони розподілу ймовірностей і має ті ж статистичні характеристики.
- 2) Характеризується показником Херста – H

Викиди на всіх масштабах часу

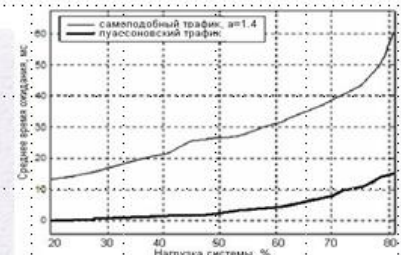


Рис. 2. Середній час очікування для пуассонівського та самоподібного трафіку при $0.8 < \rho < 1.0$

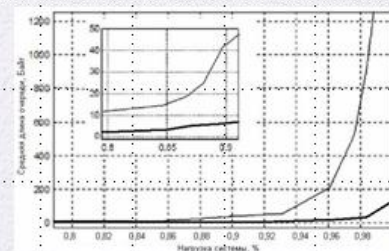


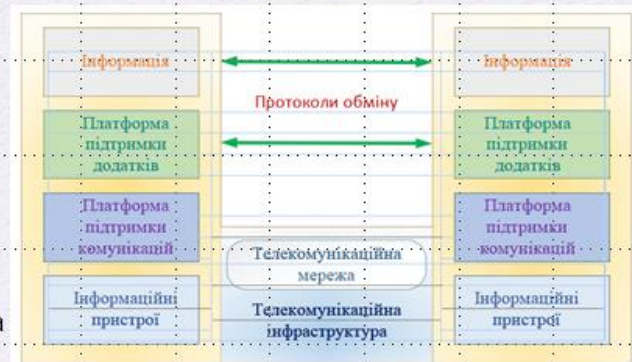
Рис. 3. Середня довжина черги для пуассонівського та самоподібного трафіку при $0.8 < \rho < 1.0$

4

Архітектура мереж спеціального призначення

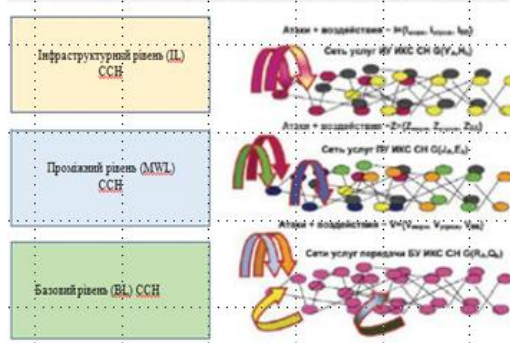
Мережа спеціального призначення включає 4 елементи:

1. Інформаційні пристрої, що виконують функції зберігання та обробки даних, надають доступ до інформації;
2. Комунікаційна частина, що відповідає за транспортування інформації між віддаленими пристроями;
3. Власна інформація, представлена відеоінформацією, промовою, даними, прикладним програмним забезпеченням;
4. Спецкористувачі – джерела та передавачі інформації.



5

Модель мережі спеціального призначення



Кожен рівень повинен виконувати основні завдання управління, які слід враховувати розробки математичного описи МСП як об'єкта управління. До таких завдань належать:

- Управління продуктивністю рівня.
- Управління безпекою.
- Управління структурою та адресацією.
- Управління ресурсами рівня.
- Управління порушеннями.

6

Модель мережі спеціального призначення (1)

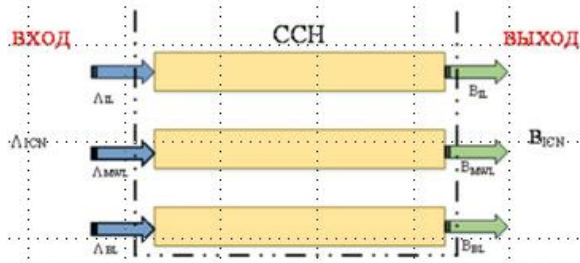


Рисунок 1 – Формалізована структура МСП

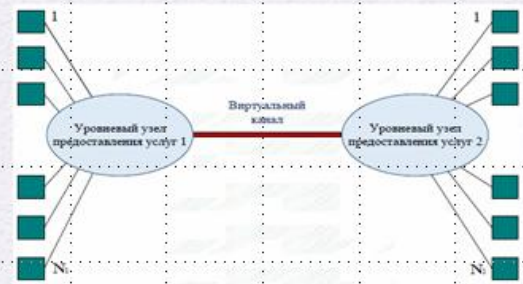


Рисунок 2 – Двополюсний елемент рівневого компонента МСП

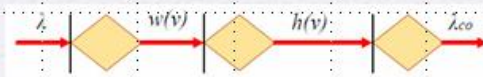
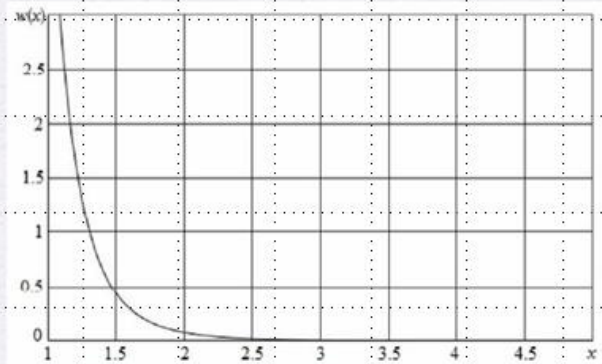


Рисунок 3 – Перетворена модель двополюсного елемента МСП

Методи аналізу статистичних властивостей трафіку



$$W(x) = 1 - \left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha$$

Рисунок 1 – Розподіл Парето із параметрами $\alpha = 5$, $\beta = 1$

При дослідженні мережного трафіку найчастіше використовується випадок $1 < \alpha < 2$

8

Схема реєстрації трафіку в мультисервісній мережі



Рисунок 1 – Схема реєстрації трафіку в мультисервісній мережі

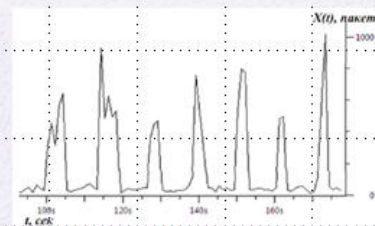


Рисунок 2 – Трафік рівня агрегації

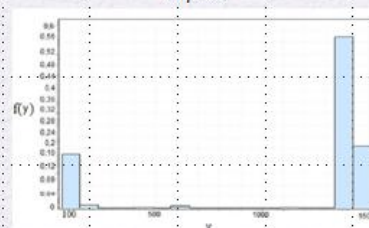


Рисунок 4 – Гістограма довжин пакетів виділеного IPTV трафіку

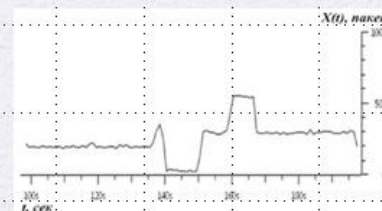


Рисунок 3 – Трафік рівня доступу

9

Оцінювання середнього часу очікування заявки на черги для системи G/D/1

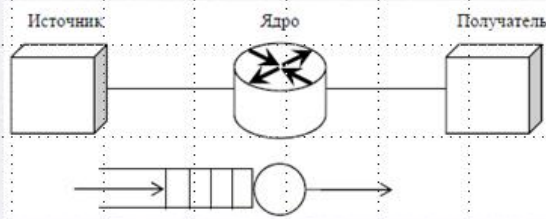


Рисунок 1 – Схема моделювання роботи вузла мережі NS2

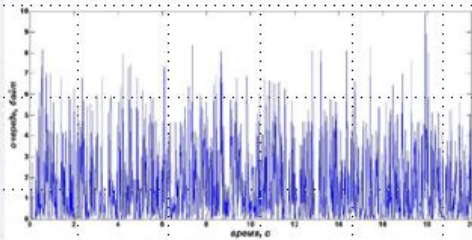


Рисунок 2 – Зміна розміру черги у процесі моделювання системи G/D/1

Самі ж абсолютні значення затримки, отримані з модельного експерименту та аналітичного розрахунку, вказують на допустимість такого порівняння, тому що:

- по-перше, характеристична функція часу очікування в черзі отримана приблизно без оцінки помилки наближення;
- по-друге, моделювання проведено для фіксованого значення параметра гамма-розподілу $z = 0,5$ (у розрахунках передбачався рівномірний розподіл z з інтервалу $(0,2-0,8)$);
- по-третє, не можна не враховувати певні неточності, характерні для будь-якої моделюючої системи, у тому числі й для NS2.

10

Моделювання та обробка самоподібного трафіку стимулятором NS2

```
set traffic [new Traffic/Pareto]
Traffic set packet-size_ 128
Traffic set burst-time_ 500ms
Traffic set idle-time_ 1.5s
Traffic set rate_ 20000.0
Traffic set shape_ 1.2
```

Рисунок 1 – Генератор трафіку Парето

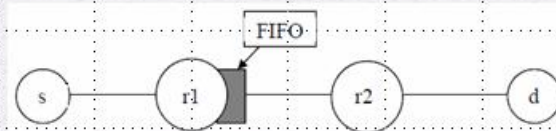


Рисунок 2 – Схема експерименту з негарантованої доставки даних

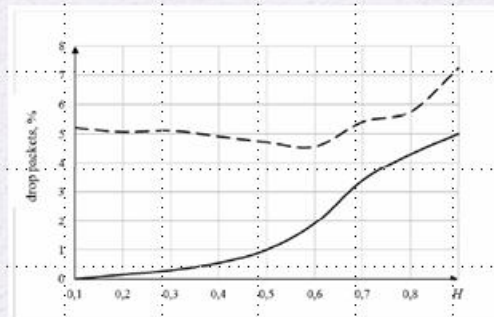


Рисунок 3 – Залежність відсотка відкиннутих пакетів від коефіцієнта Херста

11

Моделювання фрагмента мережі (1)

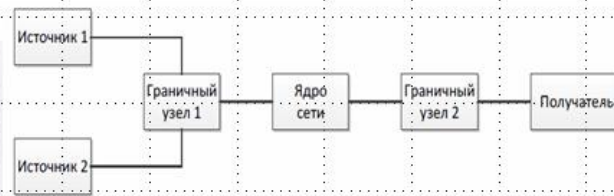


Рисунок 1 – Схема моделювання фрагмента мережі

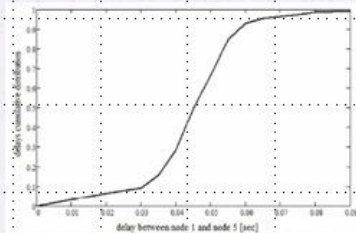


Рисунок 2 – Функція розподілу затримки: швидкість потоку 20 Мбіт/с, довжина пакета 1500 байт, параметр форми 3,5

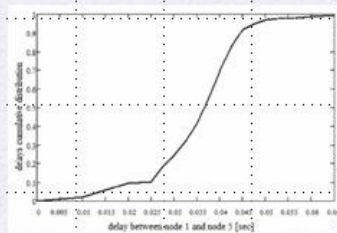


Рисунок 3 – Функція розподілу затримки: швидкість потоку 10 Мбіт/с, довжина пакета 1000 байт, параметр форми 1,5

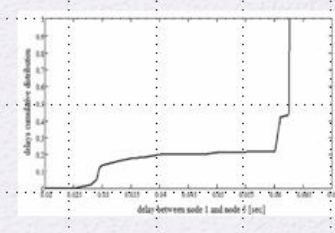


Рисунок 4 – Функція розподілу затримки: швидкість потоку 5 Мбіт/с, довжина пакета 1500 байт, параметр форми 1,5:

12

Моделювання фрагмента мережі (2)

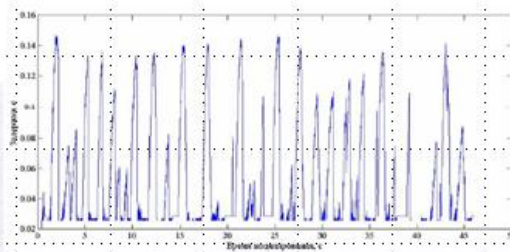


Рисунок 1 – Затримка між джерелом та одержувачем: швидкість потоку 20 Мбіт/с, довжина пакета 1500 байт, параметр форми 1,5

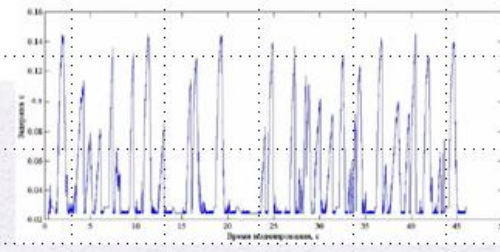


Рисунок 2 – Затримка між джерелом та одержувачем: швидкість потоку 20 Мбіт/с, довжина пакета 1500 байт, параметр форми 3,5

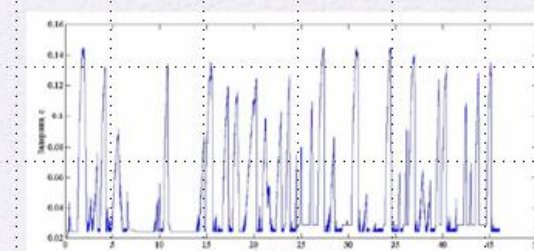


Рисунок 3 – Затримка між джерелом та одержувачем: швидкість потоку 10 Мбіт/с, довжина пакета 1500 байт, параметр форми 1,5

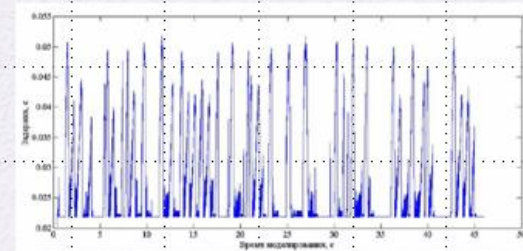


Рисунок 4 – Затримка між джерелом та одержувачем: швидкість потоку 10 Мбіт/с, довжина пакета 500 байт, параметр форми 1,5

13

Моделювання фрагмента мережі (3)

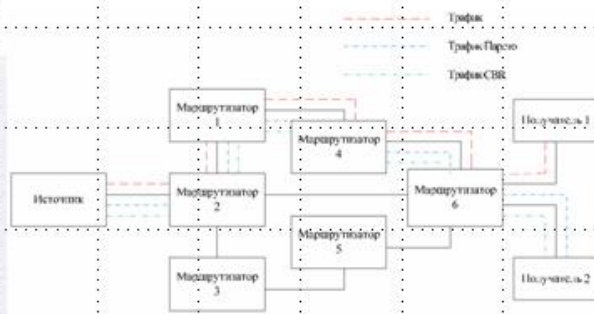


Рисунок 1 – Фрагмент мережі, що моделюється

Таблиця 1 - Результати моделювання

Параметри QoS	Тип трафіку		
	CBR	ON/OFF з розподілом Парето	IPTV
Затримка, мс	80	91	82
Джитер, мс	5	0,31	8
Можливість втрат, %	0	5	0,3
Можливість скидання, %	6,5	0,3	12

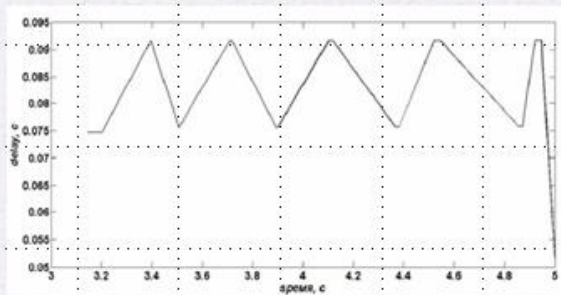


Рисунок 2 – Зміна затримки для трафіку мережі IPTV

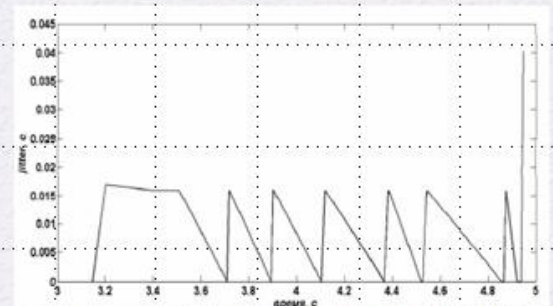


Рисунок 3 – Зміна джиттера для трафіку IPTV

14

Висновки

Відповідно до мети кваліфікаційної роботи та поставлених задач дослідження у роботі отримані наступні результати:

1) Для обліку кореляційних властивостей тимчасових інтервалів у роботі використані моделі трафіку у вигляді оновлюючих процесів з гіперекспоненціальними розподілами. Облік кореляційних властивостей здійснюється через індекс дисперсії часових інтервалів, що визначається сумою всіх значущих коефіцієнтів кореляції послідовності часових інтервалів.

2) Для трафіку, що володіє самоподібними властивостями, розроблена методика оцінювання середнього часу очікування заявки в черзі для системи масового обслуговування загального виду, заснована на вирішенні інтегрального рівняння Ліндлі спектральним методом з використанням моделі самоподібного трафіку у вигляді процесу відновлення з гіперекспоненціальним розподілом миттєвих значень інтервалів часу між заявками.

3) Для оцінки впливу розміру черги на пропускну здатність системи масового обслуговування (або ймовірність блокування) використана модель самоподібного трафіку у вигляді рандомізованого пуассонівського потоку, у якого інтенсивність змінюється при зміні стану системи.