

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет
радіоелектроніки
факультет КІУ
кафедра ЕОМ

Магістерська кваліфікаційна робота
на тему:
Методи та засоби управління мережевими
ресурсами

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

Розробив:
ст. гр. СМм-20-2
Поліканов Д.А.

Харків 2022

Мета й задачі проекту

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження моделей та методів обслуговування трафіку у М2М мережі

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

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі **задачі**:

- провести дослідження сучасного стану трафіку мережі М2М;
- розробити алгоритм використання мережних ресурсів;
- виконати аналіз видів трафіку в мережах М2М;
- зробити аналіз та моделювання процесу обслуговування різних типів трафіку М2М у бездротовій мережі з використанням системи моделювання AnyLogic.
- провести аналіз параметрів систем масового обслуговування загального виду при обробці самоподібного трафіку шляхом імітаційного моделювання.

Безпроводні вузькосмугові технології передачі даних

Технічні характеристики	LoRaWAN	Стриж	SigFox	NB IoT	NB LTE
Віддалі дії	2-5 км в міській зоні та 45 км в приміській зоні	До 40 км	10 км в міській зоні, до 50 км в приміській зоні	-	-
Частота	< 1 ГГц	868,8 МГц	Частотно незалежна технологія	7-900 МГц	7-900 МГц
Швидкість передавання даних	0,3 – 50 кбіт/с	50 біт/с	10 – 1000 біт/с	UL 1-32 кбіт/с; DL 1-20 кбіт/с	UL 1-144 кбіт/с; DL 1-200 кбіт/с
Споживання електроенергії	низьке	пийське	пийське	пийське	пийське
Підтримка мобільності датчиків	Так	Так	Ні	Так	Так
Відомості про місцезнаходження датчика	Так	Ні	Ні	Так	Так
Масштабованість	Так	Так	Так	Так	Так

Технічні характеристики технологій ближньої дії



Архітектура мережі LoRa

Архітектура M2M мереж

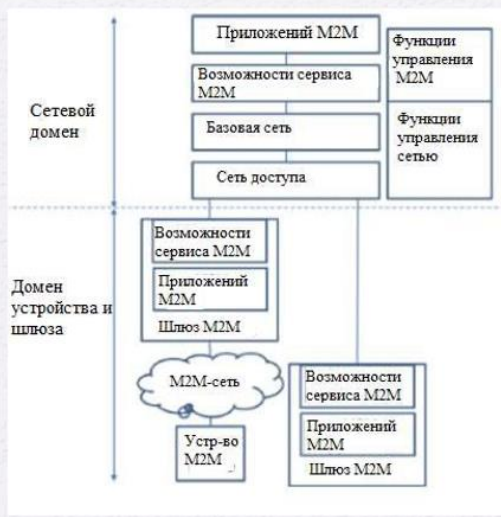


Рисунок 1 – Архітектура високого рівня

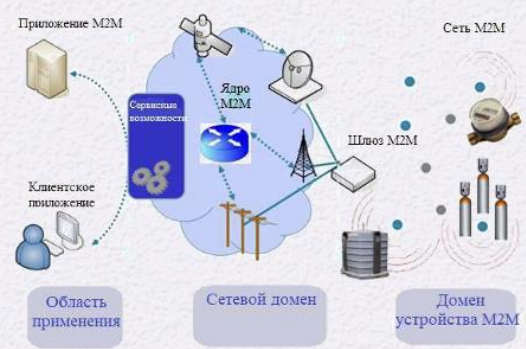


Рисунок 2 - Взаємодія з мережевим доменом M2M

Особливості M2M трафіку

Основні елементи архітектури мережі M2M розділені на три області:

- польовий пристрій M2M (локальна мережа);
- мережеве поле (середина мережі M2M)
- сфера дії

Розподіл M2M-трафіку мереж різних технологій

Бізнес-моделі	2012 рік			2022		
	2G	3G	4G	2G	3G	4G
Розумні виміри	13	4	0	8	3	5
Потокове відео	0	1	1	0	1	1
Торговий автомат	1	1	0	1	1	0
Електронне здоров'я	1	1	0	1	2	0
Відеоспостереження та безпека	7	4	1	5	5	1
Пункти продажу	3	2	0	2	2	1
Індустріальна автоматизація	1	4	0	1	4	1
Автоматизація будівель	10	3	0	7	4	1
Автомобільні програми	20	21	2	13	30	6
Загальний	56	56	40	4	37	52

5

Самоподібні властивості мережевого трафіку

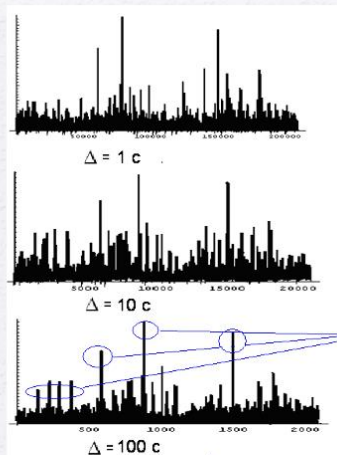


Рис. 1. Масштабований трафік для різних інтервалів часу

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

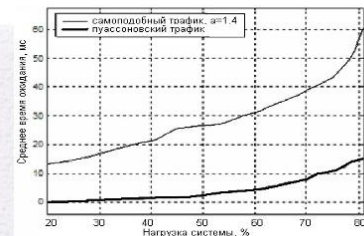


Рис. 2. Середній час очікування для пуассонівського та самоподібного трафіку при $0.8 < \rho < 1.0$

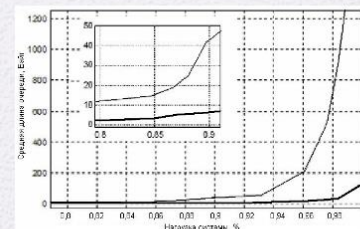


Рис. 3. Середня довжина черги для пуассонівського та самоподібного трафіку при $0.8 < \rho < 1.0$

6

Розробка алгоритму використання мережевих ресурсів

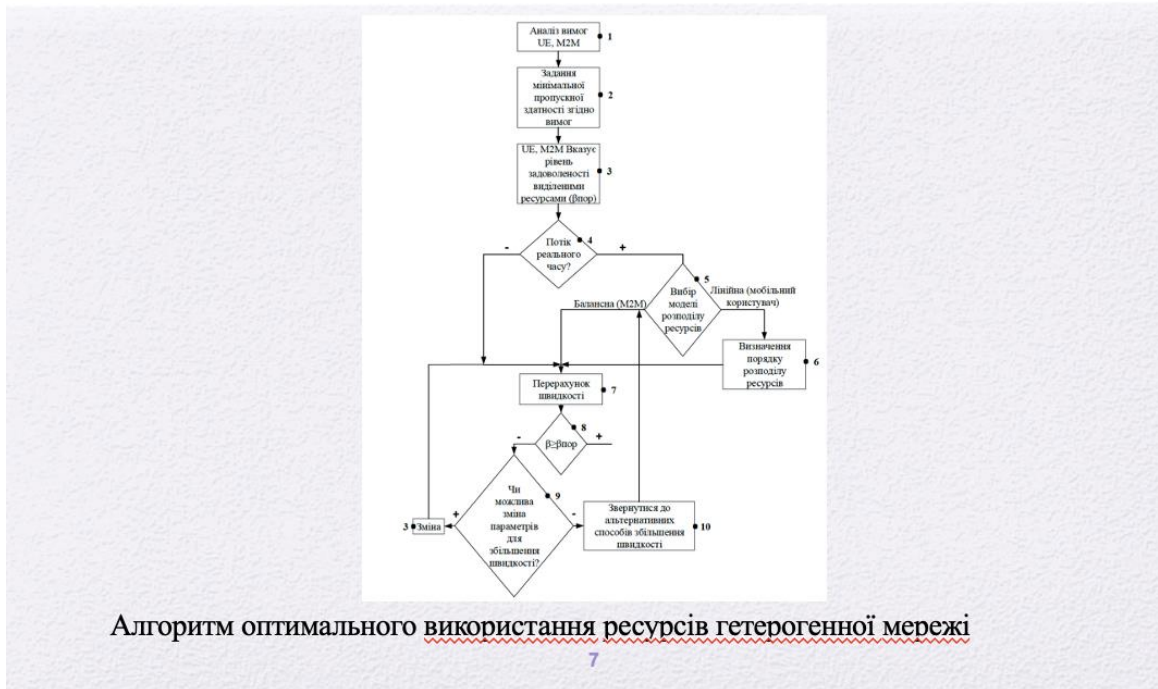


Схема та дані для експерименту

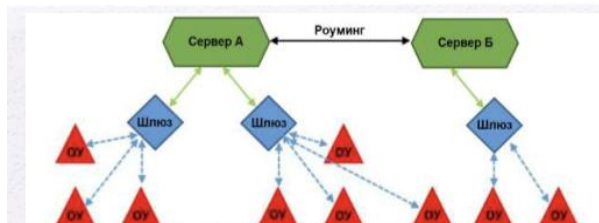


Рисунок 1 – Схема топології мережі LoRaWAN



Рисунок 2 - Трафік у мережі LoRaWAN

Таблиця 1 – Дані реального трафіку

Час, хв	Дані, біт/с	Час, хв	Дані, біт/с
1	100	7	250
2	100	8	110
3	125	9	210
4	300	10	80
5	180	11	150
6	200	12	100

Параметр Херста визначимо із застосуванням методу R/S статистики. Тенденцію зміни часового ряду, поданого в таблиці 1, можна передбачити. Для цього розглянемо рівняння (1):

$$R/S = (aN)^H, \text{ звідки } H = \log(R/S) / \log(aN) \quad (1)$$

S – середньоквадратичне відхилення для інтервалу їх N членів;

N - довжина інтервалу;

a – константа;

R - Розмах відхилень.

Результати розрахунків (1)

Порядок розрахунку параметра Херста:

- Нехай дано часовий ряд $\{x_1, x_2, \dots, x_k\}$. $k = 12$.
- Розбиваємо ряд на інтервали завдовжки N . У нашому випадку нехай N набуває значення 3, 4, 6. Наступні дії повторюємо 3 рази для різних N .
- У першому випадку $N = 3$. Розбиваємо ряд на 3 інтервали.
- Для кожного інтервалу знаходимо середнє значення:

$$X_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i.$$
- Для кожного інтервалу знаходимо середньоквадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (x_i - X_{cp})^2}.$$
- Для кожного інтервалу знаходимо розмах відхилень $R = \max z_i - \min z_i$; де $y_i = x_i - X_{cp}$, $z_i = y_i + y_i = 2y_i$.
- Визначаємо відношення R/S для кожного інтервалу та знаходимо середнє значення. Записуємо значення N та усередненого R/S .
- Повертаємося до пункту 2 та повторюємо дії для $N = 4$ та 6.
- Заповнюємо таблицю 1.

Таблиця 1– Дані для розрахунків

N	R/S	$x = \lg(N)$	$y = \lg(R/S)$	N
2	4.194	0.301	0.622	2
3	4.006	0.477	0.602	3
4	3.666	0.602	0.564	4

9

Результати розрахунків (2)

10. Тепер необхідно побудувати рівняння лінійної регресії:

$$y = a \cdot x + b,$$

де $a = H$ - параметр Херста

11. Складемо систему лінійних рівнянь.

$$\begin{cases} n \cdot a + \sum x \cdot b = \sum y \\ \sum x \cdot a + \sum x^2 \cdot b = \sum x \cdot y, \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1 \cdot a + 1.38 \cdot b = 1.788 \\ 1.38 \cdot a + 0.681 \cdot b = 0.814, \end{cases}$$

$$a = 1.788 - 1.38 \cdot b,$$

$$1.38 \cdot (1.788 - 1.38 \cdot b) + 0.681 \cdot b = 1.394,$$

$$2.467 - 1.904 \cdot b + 0.681 \cdot b = 1.394,$$

$$b = 0.877,$$

$$a = 1.788 - 1.38 \cdot 0.877 = 0.578,$$

$$a = 0.578,$$

$$H = a = 0.578,$$

$$y = 0.578 \cdot x - 0.877.$$

Таблиця 2 – Дані для знаходження параметра Херста

n	x	y	x ²	x*y
1	0.301	0.622	0.091	0.187
2	0.477	0.602	0.228	0.287
3	0.602	0.564	0.362	0.34
Sum, Σ	1.38	1.788	0.681	0.814

10

Моделювання трафіку М2М для СМО W/M/1/k в Anylogic (1)

Починаючи з моделювання розподілу Вейбулла серед AnyLogic, в першу чергу необхідно побудувати модель передачі пакетів.

Нам потрібно:

- **Source** - джерело заявок.
- **Queue** - черга чекаючих на обслуговування заявок.
- **Delay** - Елемент моделюючий вузол обслуговування.
- Sink** - Елемент, який приймає відпрацьовані заявки.

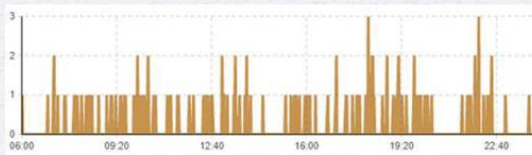


Рисунок 2 – Моделювання самоподібного трафіку для СМО типу W/M/1/K в AnyLogic

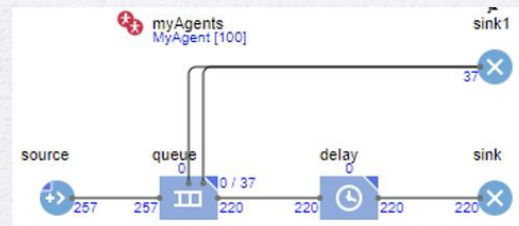


Рисунок 1 – Основна модель пакетної передачі

За отриманими результатами моделювання, наведеними на рисунку 1, можна зробити наступні висновки:

- одержаний графік показує, що процес неоднорідний і відповідає характеристикам самоподібності, описаним вище;
- є масштабна інваріантність, наявність «сплесків» запитів і тривалий зв'язок між моментами надходження запитів.

11

Моделювання трафіку М2М для СМО W/M/1/k в Anylogic (2)

$$T_{\text{queue}} + T_{\text{service}} = T_{\text{system}}$$

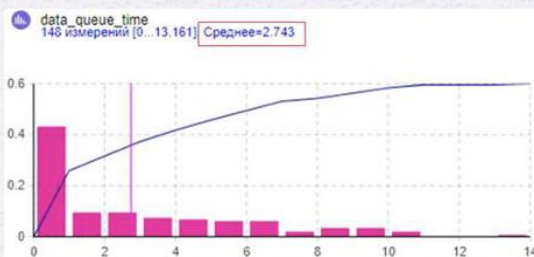


Рисунок 1 - Гістограма за часом очікування у черзі

$$T_{\text{queue}}=2.743, T_{\text{service}}=4.365, T_{\text{system}}=7.108$$



Рисунок 2 – Гістограма залежності від часу обслуговування

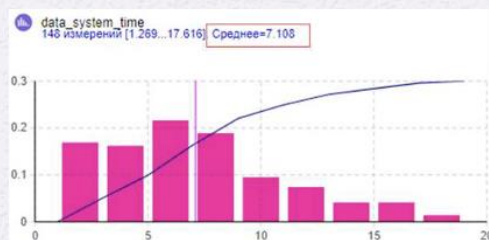


Рисунок 3 - Гістограма за системним часом

Моделювання самоподібного трафіку здійснюється СМО з типу W/M/1/∞ з використанням розподілу Вейбулла. Початкові дані:

- значення параметра Херста $H = 0,65$;
- параметр форми кривої розподілу $\alpha = 0,7$ і параметр розподілу $\beta = 0,0099$.

12

Моделювання сервісу трафіку М2М як СМО типу $Pa/M/1/\infty$ в Anylogic (1)

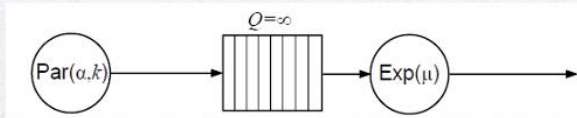


Рисунок 1 - Імітаційна модель $Pa/M/1/\infty$

У моделі приймаємо параметр Херста = 0,1445, тоді $k = 0,7225$. Де k - нижня межа даних та α - параметр форми.

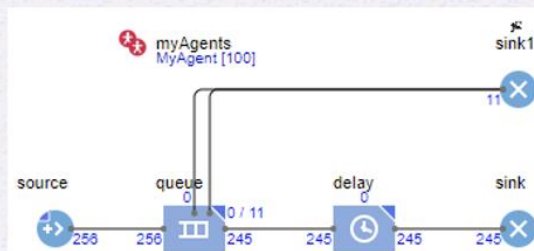


Рисунок 2 – Основна модель пакетної передачі

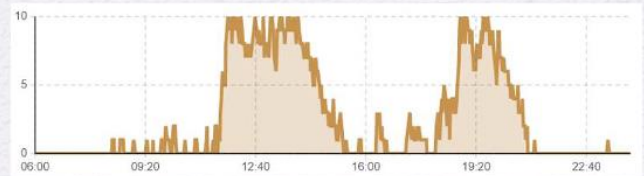


Рисунок 3 - Моделювання самоподібного трафіку для СМО типу $Pa/M/1/K$ в AnyLogic

13

Mo

Моделювання сервісу трафіку М2М як СМО типу $Pa/M/1/\infty$ в Anylogic (2)

$$T_{\text{queue}} + T_{\text{service}} = T_{\text{system}}$$

$$21.566 + 4.298 = 25.977$$

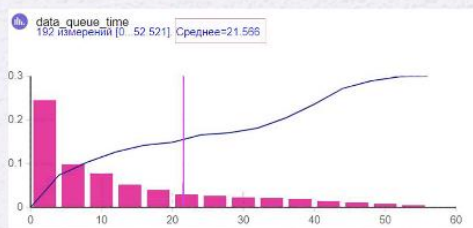


Рисунок 1 - Гістограма часу очікування у черзі



Рисунок 2 – Гістограма часу обслуговування



Рисунок 3 – Гістограма системного часу

- 1) Моделювання самоподібного трафіку здійснюється СМО типу $Pa/M/1/K$ з використанням розподілу Парето.

Початкові дані:

- параметр форми $\alpha \approx 0,1445$;
- нижня межа даних $k = 0,7225$

14

Висновки

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

- проведене дослідження сучасного стану трафіку мережі M2M;
- виконаний аналіз існуючих видів трафіку в мережах M2M;
- розроблений алгоритм використання мережевих ресурсів;
- зроблений аналіз та моделювання процесу обслуговування різних типів трафіку M2M у мережі з використанням системи моделювання AnyLogic;
- проведений аналіз параметрів систем масового обслуговування загального виду при обробці самоподібного трафіку шляхом імітаційного моделювання.