ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно- інтегрованих технологій, автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки
(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____

_____

(підпис) (ініціали, прізвище)

"___"_____2020 р.

Випускна кваліфікаційна робота

магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Дослідження впливу трафіку M2M на процеси обслуговування типових користувачів LTE

Виконав : студент 2 курсу, групи ТКРм-17
(шифр групи)

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Лисенко М.Л. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Керівник к.т.н., доц. Воропаєва А.О. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно- інтегрованих технологій, автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки
(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

Захист відбувся_____
(дата)
з оцінкою _____
секретар ДЕК_____
(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота

магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Дослідження впливу трафіку M2M на процеси обслуговування типових користувачів LTE

Виконав студент групи ТКРм-17 Лисенко М.Л.
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Керівник Воропаєва А.О.
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Зав. каф. автоматики та телекомунікацій к.т.н., доц. В.В.Поцепаєв
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Консультанти _____
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

_____.
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

_____.
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Нормоконтролер Д.О.Жуковська
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно- інтегрованих технологій, автоматизації електроінженерії та радіоелектроніки
Кафедра автоматика та телекомунікації
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри
_____
/_____/
"____" _____20___року

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лисенко М.Л.
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження впливу трафіку M2M на процеси типових користувачів LTE

керівник роботи: к.т.н., доц. Воропаєва Анна Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від " " 20 року №

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: результати науково-дослідної роботи, магістерської практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1) аналіз існуючих моделей трафіку для ССОП і методів їх розрахунку;
2) виявлення і дослідження процесів міграції трафіку;
3) дослідження моделей просторового розподілу трафіку в стільникових мережах рухомого зв'язку з урахуванням параметрів якості обслуговування;
4) охорона праці та життєдіяльності.

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1			
2			
3			
4			

7. Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Проходження практики	09.2020	
2	Аналіз еволюції моделей трафіку і методів розрахункудля мереж зв'язку загального користування	22.09.2020-30.09.2020	
3	Дослідження моделей трафіку для додатків концепції інтернету речей	01.10.2020-15.10.2020	
4	Аналіз моделей трафіку для всепроникаючих сенсорних мереж	16.10.2020-31.10.2020	
5	Розробка моделі опосередкованого трафіку M2M	01.11.2020-14.11.2020	
6	Розробка моделі псевдодетермінованного трафіку M2M	15.11.2020-22.11.2020	
7	Дослідження впливу трафіку машина-машина на якість обслуговування користувачів мереж LTE	22.11.2020-30.11.2020	
8	Написання пояснювальної записки	01.12.20-20.12.20	

Студент _____ **Лисенко М.Л.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ **Воропаєва А.О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Лист зауважень

Посада П.І.Б.	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Лисенко М.Л. Дослідження впливу трафіку M2M на процеси обслуговування типових користувачів LTE / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка». – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2020.

Магістерська робота направлена на дослідження тенденцій розвитку телефонної мережі зв'язку загального користування, мереж зв'язку наступного покоління, стільникових мереж рухомого зв'язку, всепроникаючих сенсорних мереж, концепції Інтернету Речей. Виявлені закономірності міграції трафіку з ТМЗК в МСРЗ і між різними технологіями МСРЗ, а також безпроводовими мережами широкосмугового доступу. Проведено дослідження трафіку для NGN, комплексу задач по розробці і дослідженню трафіку для додатків концепції Інтернету Речей, а також моделей потоків трафіку в мережах машина-машина M2M.

Розглянуто модель розподілу трафіку для NGN при впровадженні USN та модель трафіку машина-машина і його вплив на якість обслуговування типових користувачів LTE. Приведено аналітичну модель добового трафіку, що враховує вплив розкладу управління. Модель може бути використана як в задачах аналізу зміни трафіку при управлінні за розкладом, так і в завданнях оптимізації розкладу управління, що являє собою завданням подальших досліджень.

Ключові слова: LTE, NGN, MACHINE-TO-MACHINE, ВСЕПРОНИКАЮЧІ СЕНСОРНІ МЕРЕЖІ, ТРАФІК, МОДЕЛЬ, ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ.

ABSTRACT

Lysenko Maxim. Research of the impact of M2M traffic on the service processes of typical users LTE / Graduation qualification work for obtaining an educational degree "Master" in specialty 172 "Telecommunications and Radio Engineering". – DonNTU, Pokrovsk, 2020.

The master's thesis is aimed at studying the development trends of the public telephone network, next-generation communication networks, mobile cellular networks, pervasive sensor networks, the concept of the Internet of Things. Regularities of traffic migration from TMZK to MSRZ and between different technologies of MRZR, and also wireless networks of broadband access are revealed. A study of traffic for NGN, a set of tasks for the development and study of traffic for applications of the concept of the Internet of Things, as well as models of traffic flows in machine-machine networks M2M.

The model of traffic distribution for NGN during the implementation of USN and the model of machine-machine traffic and its impact on the quality of service of typical LTE users are considered. An analytical model of daily traffic is given, which takes into account the influence of the management schedule. The model can be used both in the tasks of analyzing traffic changes in schedule management, and in the tasks of optimizing the management schedule, which is the task of further research.

Key words: LTE, NGN, MACHINE-TO-MACHINE, ALL-PENETRATING SENSOR NETWORKS, TRAFFIC, MODEL, QUALITY OF SERVICE.

ЗМІСТ

ВСТУП

Актуальність теми. Дослідження моделей трафіку мереж зв'язку загального користування представляли і представляють собою одну з пріоритетних завдань в галузі телекомунікацій. Починаючи з появи мереж зв'язку, їх розвиток завжди супроводжується і підтримується розробкою відповідних моделей трафіку і методів розрахунку.

Поява такої кількості мереж призводить не тільки до необхідності розробки нових моделей трафіку і методів розрахунку, а й до перегляду вимог щодо якості обслуговування QoS (Quality of Service). На додаток до метриці QoS вводиться метрика якості сприйняття QoE (Quality of Experience), з'являються нові види мереж, такі, як мережі з малими затримками і мережі з низьким енергоспоживанням. Все це також вимагає врахування під час розроблення нових моделей трафіку і методів розрахунку.

Незважаючи на велику кількість досліджень в області моделей трафіку, ряд напрямків розвитку уявлень про моделі трафіку і їх особливості для самоорганізуючих мереж досі вимагає пильної уваги. У роботі визначається трансформація моделей трафіку при еволюційному розвитку мереж від гомогенних інфраструктурних до гетерогенним інфраструктурних і далі до трильйонних самоорганізуючихся і знаходяться адекватні моделі для кожного періоду розвитку мережі , досліджуються моделі добового трафіку для мереж машина-машина M2M (Machine-to-Machine), розглядаються методи його згладжування і близькі до оптимальних рішення щодо розподілу ресурсів мережі для типових користувачів LTE.

Метою даної роботи є дослідження комплексу моделей трафіку для мереж зв'язку загального користування, що дозволяє адекватно відображати процеси еволюції мереж і планувати їх розвиток.

Мета роботи полягає у вирішенні наступних завдань:

- аналіз існуючих моделей трафіку для МСРЗ і методів їх розрахунку;

- дослідження моделей просторового розподілу трафіку в стільникових мережах рухомого зв'язку з урахуванням параметрів якості обслуговування;
- дослідження моделей трафіку для мереж з малими затримками;
- дослідження моделей розподілу трафіку для всепроникаючих сенсорних мереж,
- класифікація і дослідження моделей потоків трафіку в мережах машина-машина M2M;
- дослідження моделей добового трафіку M2M і методів оптимізації обслуговування трафіку користувачів в мережах M2M.

Об'єктом дослідження виступає модель трафіку для мереж машина-машина M2M.

Предметом дослідження є оптимальні рішення щодо розподілу ресурсів мережі для типових користувачів LTE.

Методи дослідження. Основні теоретичні та експериментальні дослідження магістерської роботи виконані із застосуванням методів теорії ымовірностей, теорії масового обслуговування, математичної статистики, теорії телетрафіку, комп’ютерного моделювання, прямого синтезу, математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у визначенні еволюційного процесу трансформації потоків трафіку від пуассонівських потоків в гомогенній ТМЗК до самоподібних в гетерогенній NGN самоорганізованих мережах Інтернету Речей.

Практична цінність отриманих результатів полягає в забезпеченні мереж зв'язку загального користування обґрунтованими моделями і характеристиками трафіку, які дозволяють адекватно відображати процеси еволюції сучасних мереж зв'язку, планувати і проектувати мережі зв'язку загального користування.

Структура та обсяг роботи. Випускна магістерська робота обсягом 73 машинописних сторінок, складається з вступу, чотирьох розділів, висновків,

переліка використаних джерел, що складається з 28 найменувань. Робота містить 17 рисунків, 2 таблиці, 1 додаток.

1 АНАЛІЗ ЕВОЛЮЦІЇ МОДЕЛЕЙ ТРАФІКУ І МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ДЛЯ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

1.1 Телефонна мережа зв'язку загального користування (ТМЗК)

Всесвітня телефонна мережа зв'язку загального користування представляла собою гомогенну мережу, яка обслуговувала телефонний трафік. Ще в 1909 році датський вчений А.К.Ерланг розробив модель трафіку для таких мереж і відповідний метод розрахунку, які найчастіше використовуються і сьогодні [1].

Модель Ерланга являє собою систему масового обслуговування з втратами виду M / M / V / 0 (рисунок 1.2). На вхід системи, через випадкові інтервали часу надходять заявки (виклики). тривалість інтервалів між заявками випадкова і розподілена за експоненціальним законом (пуассоновский або найпростіший потік заявок). Заявка, що наді йшла займає один вільний обслуговуючий пристрій (лінію). Тривалість заняття випадкова величина і розподілена також по експоненціальному закону. Якщо в момент надходження заявки всі *V* пристрої зайняті, то заявка отримує відмову і покидає систему.

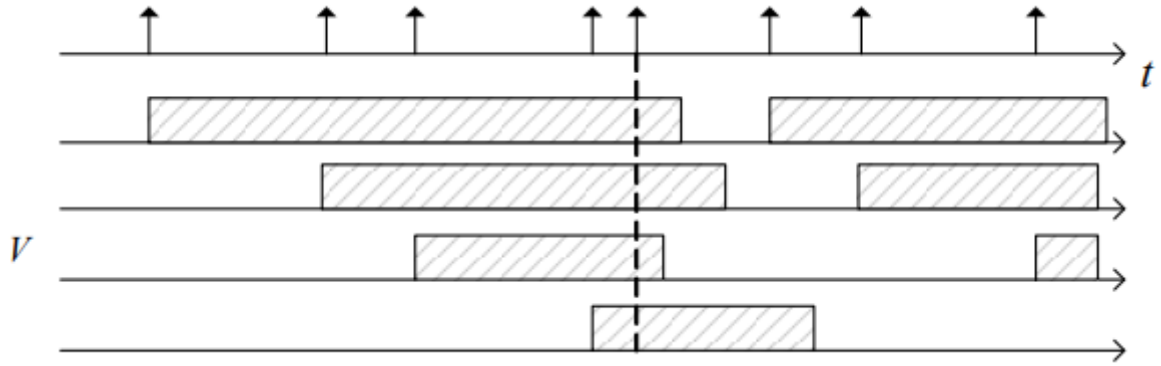


Рисунок 1.1 – Ілюстрація роботи СМО з втратами

Якість обслуговування характеризується імовірністю відмови. В даному прикладі імовірність відмови може бути оцінена як частка заявок, які отримали відмова в обслуговуванні. Теоретична модель такої системи якраз і відповідає першій формулі Ерланга.

В процесі еволюції телефонної мережі зв'язку загального користування з'явилися і деякі інші моделі, адекватно відображали, наприклад, обмежене число джерел викликів для малих груп абонентів (модель Енгсета), наявність очікування на ступені абонентського шукання координатних АТС (друга формула Ерланга), облік статистичних коливань навантаження, наявність повторних викликів і т.д. Однак основним методом для розрахунку мережі залишалося використання першої формули Ерланга, і при подальшому перетворенні мережі зв'язку загального користування в гетерогенную мережу природним чином постало питання про адекватність використання моделі Ерланга для нових мереж та / або необхідності розробки нових моделей. Статистичні властивості трафіку в ТМЗК використовувалися також для виявлення відмов.

1.2 Мережі зв'язку наступного покоління

До середини 90-х років минулого століття мережі стільникового рухомого зв'язку (МСРЗ) та Інтернет стали порівняні з об'ємним характеристикам зі Всесвітньої ТМЗК, яка налічувала на той час приблизно 600 мільйонів користувачів [1]. Однак концепції єдиної мережі ще не існувало, хоча розробка моделей трафіку для МСРЗ і Інтернет у взаємодії з ТМЗК була необхідною. В перехідний період виникли моделі, засновані на моделі Ерланга, для яких були визначені інші кількісні показники. При цьому з'явилися і абсолютно нові завдання по дослідженню перехідних процесів при формуванні моделей трафіку і його міграції між мережами і послугами для нових технологій телекомунікацій, які згодом багаторазово

використовувалися і використовуються при впровадженні нових технологій, додатків і послуг [2, 3].

Теорія конвергенції призвела спочатку до об'єднання ресурсів ТМЗК, МСРЗ і Інтернет [4] для надання послуг користувачам, а потім і до інтеграції в єдину мережу всепроникаючих сенсорних мереж, мереж автомобільного транспорту і т.д. Конвергенція стала настільки всеосяжною, що об'єднала навіть ресурси мереж зв'язку загального користування і електричних мереж [5]. На етапі конвергенції ресурсів ТМЗК, МСРЗ і Інтернет в якості концепції побудови і розвитку мереж зв'язку загального користування Міжнародним Союзом Електрозв'язку була запропонована концепція створення пакетних мереж зв'язку загального користування, що отримала згодом назву мереж зв'язку наступного покоління - NGN (Next Generation Networks). При цьому якщо передача мови поверх IP (VoIP), як і раніше адекватно відображалась пуассонівським моделями [6], навіть у випадку мережі All-IP, то при передачі даних і відео трафіку можливо було спостерігати досить вагомий прояв самоподібності. Останнє, звичайно, не виглядало дивним, оскільки ще на етапі розвитку Інтернет у взаємодії з ТМЗК найпростішим способом dial-up були виявлені факти самоподібності для передачі файлів, веб-серфінгу, e-mail. Крім того, вже в при вивченні однорангового трафіку peer-to-peer, в тому числі і для трафіку Skype, доведено самоподібність як для інтервалу часу між надходженнями пакетів, так і для довжини пакетів [7].

У мережах передачі даних є багато черг на передачу, які взаємодіють одна з одною в тому сенсі, що потік, що входить з однієї черги, надходить в одну або кілька інших черг, можливий після злиття з частинами інших потоків з будь-яких інших черг. З аналітичної точки зору це несприятливо впливає і ускладнює характер процесів надходження в черзі, розташовані у напрямку передачі потоку. Складність полягає в тому, що коли пакети передаються за межами першій по відношенню до точки їх входу в мережу черзі, то інтервали між моментами надходження пакетів стають сильно корельованими з довжинами пакетів. В результаті неможливо виконати

точний і ефективний аналіз, порівнянний з аналізом, проведеним для таких систем масового обслуговування, як M / M / 1, M / G / 1 та ін.

У реальних ситуаціях, коли довжини пакетів і інтервали між моментами надходження корельовані, чисельне моделювання показує, що при великих навантаженнях середня затримка пакета менше, ніж в ідеалізованій ситуації, коли немає такої кореляції. При малих навантаженнях справедливо зворотнє. Невідомо, в якій формі цей результат може бути поширений на більш загальні мережі і чи можливо це [8].

Впровадження NGN призвело до досить широкого поширення моделей самоподібного. Визначення самоподібності дається через автокорреляционную функцію. Нехай процес заданий послідовністю $X = (X_1, X_2, \ldots X_t \ldots)$ де $t = 1,2,\ldots$

Його автокореляційна функція:

$$r(k) = \frac{\sum_{i=1}^{N-k}(X_i - \bar{X})(X_{i+k} - \bar{X})}{(N-k)\sigma^2}, \quad (1.1)$$

де N – число елементів послідовності, σ^2 – дисперсія.

Під агрегованим процесом розуміється, процес, заданий послідовністю, елементи якої отримані з елементів вихідного процесу шляхом усереднення по блокам з m послідовних елементів.

Агрегований процес по блокам довжини m:

$$X^{(m)} = (X_1^{(m)}, X_2^{(m)}, \ldots X_t^{(m)} \ldots), \quad (1.2)$$

$$\text{де } X_t^{(m)} = \frac{1}{m}(X_{tm-m+1} + \cdots + X_{tm}. \quad (1.3)$$

Автокореляційна функція $r(k)$.

Процес X називається строго самоподібним в широкому сенсі, якщо

$$r_m(k) = r(k) \text{ де } m=2,3,... \quad (1.3)$$

Іншими словами, процес, строго самоподібний в широкому сенсі, якщо при його агрегуванні по блокам будь-якої довжини, автокореляційні функції вихідного процесу і агрегованих процесів рівні, тобто коефіцієнт кореляції не змінюється при усередненні по блокам.

Процес X називається асимптотично самоподібним (second order), якщо:

$$\lim_{m\to\infty} r_m(k) = g(k). \quad (1.4)$$

Тобто при усередненні по блокам $m \to \infty$ він сходиться до самоподібного.

Процес X називається строго самоподібним у вузькому сенсі, якщо:

$$m^{1-H}X^{(m)} =^{\cdot} X. \text{ Рівність розподілів.} \quad (1.5)$$

де H - коефіцієнт Херста.

Самоподібність у вузькому сенсі означає, що функції розподілу вихідного та агрегованих процесів однакові, а ступінь само подібності характеризують коефіцієнтом Херста.

З (1.5) випливає, що для дисперсій процесів:

$$D\left(X^{(m)}\right) = m^{2(H-1)}D(X). \quad (1.6)$$

Перетворивши (1.6)та виділивши H, отримаємо вираз, який часто використовуються при оцінці коефіцієнта Херста:

$$\ln\left(\frac{D(X^{(m)})}{D(X)}\right) = (2H-2)\ln(m). \quad (1.7)$$

Вираз *2H-2* має геометричний сенс коефіцієнта нахилу прямої, що апроксимує функцію.

$$\ln\left(\frac{D(X^{(m)})}{D(X)}\right) = f(\ln(m)). \quad (1.8)$$

Наявність широкого спектра самоподібних моделей при впровадженні NGN вимагає не тільки визначення ступеня самоподібності процесів і їх численних характеристик, а й наявності відповідного інструментарію для розрахунків мереж і систем зв'язку. З урахуванням високої складності самоподібних моделей для їх розрахунку, як правило, застосовуються методи імітаційного моделювання/

Нозроблено досить багато моделей для самоподібного трафіку в мережах зв'язку наступного покоління. Наприклад, для передачі телебачення поверх IP встановлені факти середнього ступеня самоподібності для трафіку мультикаст і високою - для трафіку унікаста. Досить ефективно використовуються для відеопотоків і моделі пачкового трафіку D-BMAP.

Різноманіття послуг NGN, що надаються користувачам, призводить до формування моделей трафіку, відмінних і від пуассонівських потоків, і від самоподібних потоків. Йдеться про процеси, для яких значення параметра Херста H <0.5. Ці процеси носять назву антиперсістентних і мають місце, наприклад, при наданні послуг IPTV і Інтернет-телебачення [9]. Ще більшою мірою антиперсістентність проявляється в мережах машина-машина M2M (Machine-toMachine), які є на сьогоднішній день реалізацією концепції Інтернету Речей. В цілому, варто відзначити, що виявлення зазначених явищ характеризує процес еволюції потоків в моделях трафіку від пуассонівських в мережах ТМЗК до самоподібних в NGN і далі до антиперсістентних в мережах Інтернету Речей. Останнє пояснюється наявністю надзвичайно

великого числа речей, фізичного та інформаційного світу, і їх взаємозалежністю при визначенні характеристик процесів, явищ і т.д.

Пакетні мережі зв'язку, включаючи NGN, до останнього часу будувалися виходячи з стратегічного положення про те, що найбільш чутливим додатком до затримок є передача мови поверх IP [10]. Однак поява великої кількості трафіку ігор реального часу і широке впровадження медичних мереж, спрямованих на створення системи електронного здоров'я (e-health) [11], принципово змінює існуючий стан і вимагає створення нових мережевих структур, що мають назву мереж з малими затримками [12].

Розробка нових моделей трафіку потрібна і при масштабному впровадженні мереж МСРЗ.

1.3 Мобільні мережі рухомого зв'язку

Як уже зазначалося, в середині 90-х років минулого століття стільникові мережі рухомого зв'язку стали співставними за кількістю користувачів зі Світовою організацією ТМЗК і саме це стало обґрунтуванням теорії конвергенції.

Впровадження МСРЗ призвело не тільки до створення гетерогенної мережі, а й дало можливість виявити і вивчити на практиці два явища: перехідні процеси у формуванні стійких моделей трафіку при впровадженні нових технологій і міграцію трафіку з однієї мережі в іншу (інші).

Випереджальний розвиток МСРЗ в порівнянні з мережею ТМЗК досить швидко призвів до зростання послуг, що надаються, серед яких стали переважати послуги з передачі даних.

Послуги МСРЗ можна класифікувати по виду зв'язку, за призначенням переданої і отриманої інформації, за іншими ознаками. Розглянемо класифікацію послуг за видом зв'язку. У сучасних мережах рухомого зв'язку послуги можна класифікувати наступним чином:

- послуги з передачі мови;

- потокові послуги;

- інтерактивні послуги;

- фонові послуги.

Послуги з передачі мови надаються в МСРЗ всіх поколінь і є основними послугами мережі зв'язку. Трафік цих послуг, як правило, є визначальним і в мережах 2G і 2,5G становить велику частку трафіку МСРЗ.

До потокових послуг належать послуги потокового аудіо (трансляція радіопрограм, інтерактивне радіо і т.д.) і потокового відео (трансляція відеопрограм, відео за запитом, відеотелефон, мобільне телебачення). Для реалізації потокових послуг і забезпечення допустимого рівня якості потрібні швидкості передачі даних, які не можуть бути забезпечені в мережах 2G і 2.5G. Однак і в системах 3G не завжди вдається задовольнити потреби користувача в сучасних потокових послугах. Найкращі умови для надання послуг потокового відео створюються при впровадженні систем тривалої еволюції LTE (Long Term Evolution), в 11-му і 12-му версіях якої доступні швидкості для користувача обчислюються в Гбіт / с.

До інтерактивних послуг відноситься доступ до Інтернет, при якому користувач виробляє веб-серфінг або інші дії, працюючи в діалозі з прикладними процесами. Однією з найбільш популярних послуг в даний час стає послуга з надання ігор в реальному часі. Ігри в реальному часі вимагають більш жорстких умов до затримок в мережі зв'язку, ніж передача мови поверх IP, і забезпечити необхідний рівень затримок можна тільки при використанні останніх версій LTE, що стратегічно визначає подальші перспективи використання технології 3G.

До фонових послуг належать послуги, які можуть виконуватися в фоновому режимі, тобто під час надання будь-якої іншої послуги, наприклад під час розмови. До фонових послуг можуть бути віднесені такі послуги як відправка та отримання електронної пошти, завантаження файлів.

При розробці моделей трафіку для сучасних МСРЗ доцільно орієнтуватися на технології LTE або мереж 4G. Моделі трафіку в МСРЗ

вимагають просторового розподілу, в зв'язку з чим, розробка методу і алгоритму оптимального розміщення базових станцій системи тривалої еволюції LTE для відповідних моделей просторового розподілу трафіку в мережах зв'язку четвертого покоління є досить актуальною.

Крім того, в умовах появи в останні роки великого числа інтерактивних карт, підтримка алгоритму оптимального розміщення базових станцій LTE шляхом розробки методики та програмного забезпечення для відображення цього розміщення на картах Google і т.д. також представляється доцільною.

1.4 Інтернет Речей і всепроникаючі сенсорні мережі

На сьогоднішній день концепція мереж зв'язку наступного покоління основної своєї мети досягла: створені гетерогенні мережі, що забезпечують користувачу надання будь-яких послуг телекомунікацій. Крім того, пройшло вже більше десяти років з моменту прийняття Сектором стандартизації Телекомунікацій Міжнародного Союзу Електрозв'язку (МСЕ-Т) перших рекомендацій по мережах зв'язку наступного покоління. За цей час з'явилися і досить широко поширилися самоорганізуючі мережі [13], в тому числі всепроникаючі сенсорні мережі USN (Ubiquitous Sensor Networks) [14], цільові мережі автомобільного транспорту VANET (Vehicular Ad Hoc Networks), медичні мережі MBAN (Medical Body Area Networks) і т.д.

Загальновизнаними стали прогнози щодо розвитку мереж зв'язку, відповідно до яких на горизонті планування до 2020 - 2025 року з'являться так звані трильйонні мережі [15], тобто мережі, в яких число терміналів становитиме одиниці і десятки трильйонів, а в подальшому і наномережі на основі Інтернету Наноречей [16].

Все це вимагало створення нової концепції розвитку мереж зв'язку. Відповідно до нових рекомендаціями МСЕ-Т такою концепцією є концепція Інтернету Речей [17], яка передбачає, що будь-яка річ, володіє можливістю

бути підключеною до мережі і ідентифікована мережею за IP адресою, є терміналом мережі. Дійсно, в сучасному мережевому розумінні речі визначаються MCE-T як «об'єкти фізичного світу (Фізичні речі) або інформаційного світу (віртуальні речі), які можна ідентифікувати і інтегрувати в мережі зв'язку». Виходячи зі сказаного, стає зрозумілим, звідки візьмуться трильйони користувачів в нових мережах.

Технологічною основою впровадження концепції Інтернету Речей сьогодні є всепроникаючі сенсорні мережі USN [18]. Ці мережі являють собою самоорганізуючі мережі, в яких передається інформація, як правило, про результати моніторингу процесів, явищ і т.п.

Характер інформації, що передається дозволяє припускати, що, в основному, це будуть цілі числа і / або дроби. Однак реакція мережі або користувача, якому ця інформація призначена, не зовсім ясна з точки зору потенційно створюваного трафіку. У зв'язку з цим, потрібна розробка як моделей трафіку переданого від сенсорної мережі в мережу зв'язку загального користування, так і моделей трафіку, що представляє собою реакцію мережі зв'язку загального користування і її користувачів на трафік всепроникаючих сенсорних мереж.

Найбільш динамічно розвиненими на сьогодні мережами в рамках концепції Інтернету Речей є мережі машина-машина M2M (Machine-toMachine) [19]. Для таких мереж необхідною є як розробка моделей трафіку, досить близьких до моделей USN, так і оцінка трафіку, що впливає на процеси встановлення з'єднання в МСРЗ, в першу чергу в умовах систем тривалої еволюції LTE.

Однією з найбільш складних проблем при масштабному впровадженні M2M є мінімізація впливу трафіку M2M на якість обслуговування існуючого трафіку, наприклад, VoIP.

Висновки до розділу 1

В даному розділі розглянуто тенденцій розвитку телефонної мережі зв'язку загального користування, мереж зв'язку наступного покоління, стільникових мереж рухомого зв'язку, всепроникаючих сенсорних мереж, концепції Інтернету Речей. Сформований комплекс завдань з розробки і дослідження моделей трафіку для сучасних мереж зв'язку, вирішення яких дозволяє адекватно відображати процеси еволюції мереж і планувати їх розвиток.

Виявлені закономірності міграції трафіку з ТМЗК в МСРЗ і між різними технологіями МСРЗ, а також безпроводовими мережами широкосмугового доступу. Проведено дослідження трафіку для NGN, комплексу задач по розробці і дослідженню трафіку для додатків концепції Інтернету Речей, а також моделей потоків трафіку в мережах машина-машина M2M.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ТРАФІКУ ДЛЯ ДОДАТКІВ КОНЦЕПЦІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

2.1 Аналіз розвитку концепції Інтернету Речей і основних додатків

Концепція Інтернету Речей (IoT - Internet of Things), запропонована і стандартизована МСЕ-Т в рекомендаціях серії Y.206x, принципово змінила уявлення наукового та інженерного мислення в мережах зв'язку як в кількісному, так і в якісному відношенні. Відповідно до рекомендації Y.2060 речі можуть бути фізичними і віртуальними. При цьому мається на увазі, що віртуальні речі існують в інформаційному світі, в той час як фізичні, природно, в фізичному. Для того, щоб об'єкт фізичного або інформаційного світу міг бути віднесений до IoT речей необхідно, щоб цей об'єкт можна було ідентифікувати і інтегрувати в мережі зв'язку.

Таке визначення речей призводить до оцінок числа користувачів в мережах Інтернету Речей в трильйони одиниць з урахуванням того, що прогнозується 7 трильйонів речей [20], а рівень насичення оцінюється в 50 трильйонів речей. Раніше існуючі інфраструктурні мережі будувалися в розрахунку на кілька мільярдів, в крайньому випадку, на кілька десятків мільярдів користувачів. З реалізацією концепції Інтернету Речей мова піде про принципово іншому масштабі мережі зв'язку, яка вже отримала назва трильйонної мережі. Принципи побудови трильйонної мережі істотно відрізняються від принципів побудови традиційних інфраструктурних мереж зв'язку. Трильйонні мережі є самоорганізуючимися, тобто мережами, в яких і число вузлів, і взаємозв'язок між ними є випадковими величинами, що змінюються в часі. Слід зауважити, що така велика кількість вузлів в трильйонних мережах призводить до широкого поширення кластерної організації мереж, коли однією з важливих задач є вибір головного вузла

кластера. Ще однією важливою особливістю таких мереж є їх можливий когнітивний характер.

Концепція Інтернету Речей істотно розширює область застосування мереж зв'язку та надані ними послуги. З'являються нові мережі, такі як всепроникаючі сенсорні мережі USN (Ubiquitous Sensor Networks), цільові мережі для транспортних засобів VANET (Vehicular Ad Hoc Networks), медичні натільні мережі MBAN (Medical Body Area Networks) і т.д. При цьому мережі для фізичних Інтернет речей випереджають розвиток мереж для Інтернет речей інформаційного світу в силу того, що концептуально, наприклад, USN і VANET були опрацьовані раніше, ніж виникла всеосяжна концепція Інтернету Речей, і знаходяться вже на стадії впровадження. Тому, для подібних мереж широкого поширення набула назва мережі машина-машина M2M (Machine-to-Machine), яка якраз і охоплює об'єкти фізичного світу концепції Інтернету Речей.

Слід зазначити, що особливості моделей трафіку для додатків Інтернету Речей, наприклад USN, дозволяють використовувати його характеристики як для створення специфічних атак на сенсорні мережі, так і вимагають розробки нових методів захисту. Вже одна назва показує на надзвичайно велике прогнозоване число сенсорних вузлів в майбутніх мережах зв'язку, а також для мереж M2M.

2.2 Аналіз моделей трафіку для всепроникаючих сенсорних мереж

Елементи USN можна класифікувати наступним чином:

1. За роллю в мережі USN:

- елемент - датчик (елемент, що встановлюється на (або поруч) контрольованому об'єкті);

- транзитний елемент (елемент USN, що забезпечує передачу інформації по мережі і враховується в її структурі, але не виконує функцій сенсора);

- шлюз (елемент, що виконує функції шлюзу USN і мережі зв'язку NGN).

Слід зазначити, що конкретні конструкції елементів можуть об'єднувати в собі відразу кілька функцій. Так, наприклад, елемент – датчик може також виконувати і функцію транзитного елемента.

2. по прив'язці до географічного положення.

- стаціонарний,

- рухливий.

Стаціонарними елементами слід вважати ті елементи, що не мають можливості переміщення один щодо одного, в силу того, що встановлюються на нерухомих конструкціях будівель і інших споруд, або їх переміщення настільки незначні, що не викликають будь-яких змін в роботі мережі.

3. За тривалістю функціонування:

- тривалого функціонування (зовнішній або заповнюючий джерело енергії, або інше джерело з досить великим ресурсом),

- короткочасного функціонування (вбудоване джерело енергії з не заповнюючим обмеженим ресурсом).

4. По виду контрольованих об'єктів:

- різного роду телеметрична інформація (результати вимірювання параметрів навколишнього середовища, для передачі яких не потрібно високих швидкостей і пропускної здатності),

- індивідуальні сенсори, що встановлюються на одяг або тіло людини або тварини призначені для виконання спостереження за функціонуванням різних органів в медичних цілях або / і для локалізації місця знаходження людини або тварини;

- сенсори конструкцій, що встановлюються на елементи будівель, споруд або рухомих механізмів (автомобілі, катери, кораблі і т.д.),

призначені для спостереження за цілісністю елементів конструкції, локалізації місця знаходження, для контролю з метою безпеки;

- сенсори території, що встановлюються на деякій території (поле, ліс, водойма і т.д.), для спостереження за параметрами навколишнього середовища;

- сенсори для наукових цілей, які використовуються для науково-дослідних робіт. Наприклад: міграція птахів і тварин, спостереження за вулканічною діяльністю і сейсмічною активністю, дослідження повітряних потоків в метеорології і т.д .;

- сенсори роботів, що встановлюються на різні механізми, призначені для виконання певних робіт в недоступних для людини місцях, або для заміни людини при виконанні будь-яких робіт;

- промислові сенсори, що встановлюються на різні елементи, які беруть участь в процесі виробництва продукції або надання послуг;

- сенсори спеціального призначення, що використовуються у військових, контртерористичних і інших цілях, для отримання різного роду інформації.

Слід зазначити, що в даний час USN розглядаються як мережі з низькошвидкісною передачею інформації, що обумовлено як особливостями самих мереж (архітектура і алгоритми обміну), так і особливостями елементів цих мереж (датчиків). Однак ці особливості є технологічними, і з часом може виникнути можливість використання таких мереж і для реалізації інших видів зв'язку.

Для розробки моделі трафіку сенсорних мереж попередньо розглянемо можливу бізнес-модель для таких мереж.

Поява сенсорних мереж призводить до появи двох нових учасників ринку надання послуг телекомунікацій: оператора сенсорних мереж і провайдера послуг сенсорних мереж. В загальному випадку це може бути одна і та ж фізична або юридична особа, але з функціональної точки зору в бізнес-моделі ці процеси доцільно розглядати незалежно.

Останньому сприяє, якщо можна так сказати, більша професіоналізація власне провайдера послуг сенсорних мереж. Дійсно, якщо взяти, наприклад, надання цим провайдером послуг медичного характеру, то вони, очевидно, вимагають професійної спеціалізації і відповідного ліцензування. Згадуючи про усепроникаючий характер сенсорних мереж, можна з упевненістю стверджувати, що провайдерська діяльність в умовах формування сенсорних мереж буде часто досить професійно спеціалізована.

Схематично бізнес-модель для сенсорних мереж представлена на рис. 2.1, де КПС - користувач послуг сенсорних мереж, провайдер USN - провайдер послуг сенсорних мереж, оператор USN - оператор сенсорної мережі.

Рисунок 2.1 – Бізнес-модель для сенсорних мереж

Як приклад надання послуг USN можна розглянути наступний: контроль за здоров'ям і місцезнаходженням старого родича. Мобільний користувач хоче здійснювати його постійно і з цією метою встановлюється система сенсорів як безпосередньо в будинку, де проживає старий родич, так і у нього на тілі. Контролюватися можуть пульс, температура, періодично робитися фотографії різних кімнат будинки і т.д. Мобільний користувач періодично і сам дізнається про здоров'я старого родича, але в будь-який момент він може отримати і інформацію від провайдера послуг USN про зміну здоров'я або позаштатну зміну місця розташування старого родича.

Інформація може бути передана у вигляді мультимедійного повідомлення, а при необхідності уточнена за допомогою провайдера послуг USN, наприклад, за додатковими фотографіями в будинку. Важливо відзначити, що будь-яка така інформація зберігається в базі даних провайдера послуг USN за бажанням користувача. На рис. 2.2 зображена мережева модель, що реалізує розглянуту вище послугу.

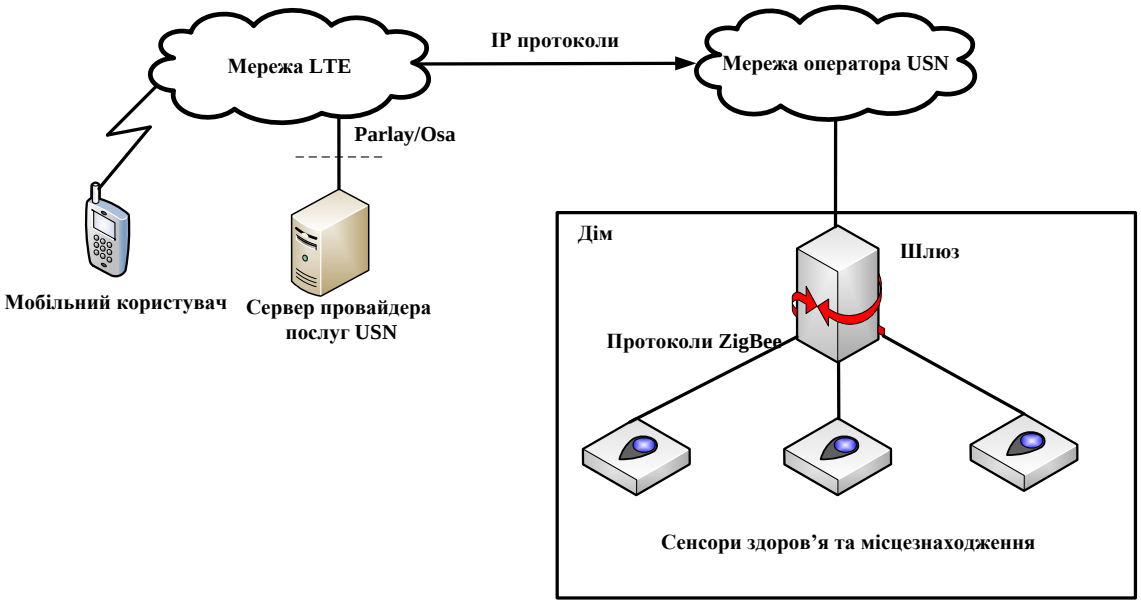


Рисунок 2.2 – Мережна модель для реалізації послуг USN з контролю здоров'я і місця розташування

Базовою мережею є мережа мобільного оператора, бажано рівня LTE. Сенсори здоров'я і місця розташування в межах будинку функціонують по протоколу ZigBee [21] і передають інформацію на шлюз, який взаємодіє з мережею LTE за допомогою IP протоколів через мережу оператора USN. Шлюзи і сенсори в даній конфігурації належать мережі оператора USN, яким може бути і швидше за все буде сам оператор LTE. Послуги провайдера USN надаються через інтерфейси Parlay / OSA.

Ще одним прикладом може бути використання USN як частини системи охоронної сигналізації деякого будівлі. У разі спрацювання будь-

якого датчика по мережі USN передається відповідне повідомлення до шлюзу USN-NGN мережу, і далі на сервер провайдера послуг. Останній діє за жорстким алгоритму (виробляючи попередню обробку отриманого повідомлення, наприклад, уточнення, підтвердження прийнятого повідомлення, виробляючи запити до різних БД і т.п.), що може бути пов'язано з породженням трафіку в мережі зв'язку. Після попередньої обробки повідомлення сервер передає повідомлення в диспетчерський центр, де оператор проводить додатковий контроль отриманого повідомлення, проводить візуальний, або інший контроль охороняємого об'єкта за допомогою відеокамер спостереження, встановлених на об'єкті. Після отримання візуального підтвердження, оператор передає повідомлення службі безпеки, а також власнику об'єкта. Перелік дій можна продовжити далі або змінити, але важливо те, що трафік WSN призводить до породження трафіку інших послуг, і як наслідок до зростання трафіку NGN і LTE.

Модель розподілу трафіку для сенсорних мереж. На рис. 2.3 представлена узагальнена модель розподілу трафіку для сенсорних мереж.

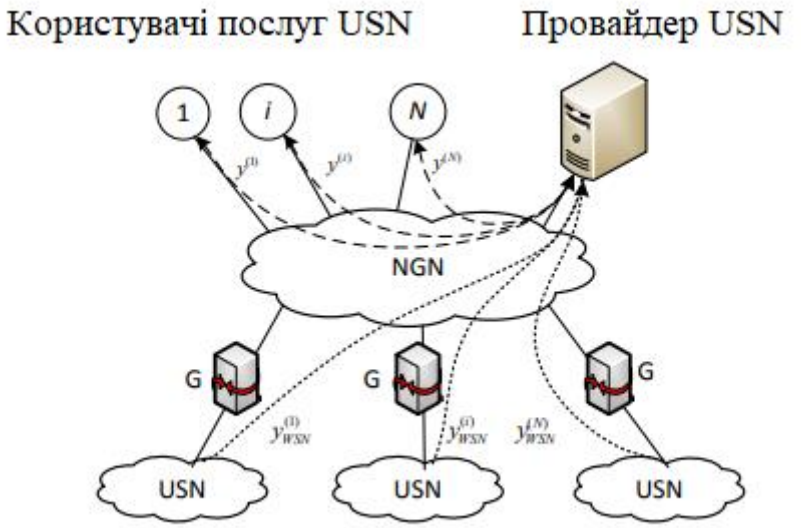


Рисунок 2.3 – Модель розподілу трафіку для сенсорних мереж

При введенні послуг USN приріст трафіку мережі складе:

$$\triangle y = \sum_i (y_{WSN}^{(i)} + y^{(i)}) \quad i = 1 \dots N, \tag{2.1}$$

де $y_{WSN}^{(i)}$- трафік даних телеметрії, що породжується і-й послугою USN;

$y^{(i)}$ - трафік інших послуг зв'язку, що породжується в результаті реакції на трафік WSN;

N - число послуг USN.

Трафік NGN, що породжується в результаті реакції на трафік USN - $y^{(i)}$ являє собою суму трафіку на кожну з послуг NGN.

$$y^{(i)} = \sum_i y_j^{(i)}, \tag{2.2}$$

де $y_j^{(i)}$ - трафік, породжуваний i-ю послугою USN на j - послугу NGN.

2.3 Класифікація трафіку M2M

Трафік машина-машина з'явився в мережах зв'язку з тих пір, коли з'явилися перші телеметричні пристрої. У мережах зв'язку з комутацією каналів до недавна найбільш широкого поширення набули системи сигналізації (контролю доступу, пожежної, аварійної сигналізації) і системи телеметрії, що виконують функції контролю над технологічними процесами або спостереження за навколишнім середовищем. Частка цього трафіку і ресурси мережі зв'язку, що використовуються для його обслуговування, були не настільки значні, щоб надавати помітний вплив на якість обслуговування інших видів трафіку. Наприклад, для охоронної квартирної сигналізації використовувалися практично тільки ресурси мережі абонентського доступу (абонентські лінії). Трафік телеметрії з контролю технологічних процесів, наприклад, різних трубопроводів, мереж електропередачі, залізниць та ін. обслуговувався, як правило, виділеними ресурсами відомчих мереж зв'язку.

Інші форми реалізації мереж машина-машина M2M (Machine-to-Machine) були не настільки численні, тому не виникало ні істотних проблем з якістю його обслуговування, ні проблем його впливу на якість обслуговування трафіку інших послуг.

Сучасний рівень розвитку обчислювальної техніки і технологій зв'язку призводить до проникнення інформаційних технологій в області діяльності, які раніше не були залучені в інфокомунікаційні мережі. Розвиток USN (Ubiquitous Sensor Networks) відкриває надзвичайно широке поле застосування інформаційних технологій практично в усіх областях діяльності людини. Розвиток мереж автомобільного транспорту VANET (Vehicular Ad Hoc Networks) та інших телекомунікаційних систем, призначених у багатьох випадках для реалізації передачі даних між машинами (автоматами) істотним чином впливає на долю трафіку M2M в мережах зв'язку, і, отже, збільшує його вплив на якість надання послуг зв'язку.

Мережі USN представляють собою один з варіантів реалізації мереж машина-машина M2M. Впровадження останніх відбувається прискореними темпами і вже сьогодні актуальна задача дослідження впливу трафіку M2M на існуючі мережі зв'язку [22]. Наочним прикладом інтенсивного росту M2M трафіку сьогодні може служити розвиток інфокомунікаційної структури ЖКГ. Можна припустити, що в результаті цього процесу буде побудована мережа, яка об'єднує різного роду датчики контрольованих об'єктів. Як мінімум, число таких датчиків визначається числом приладів обліку обсягу споживаних послуг (електроенергія, водопостачання та ін.). Таким чином, число поєднуваних датчиків в рамках тільки даного процесу потенційно може перевищити число жителів. Ще одним пріоритетним напрямком розвитку мереж M2M є розвиток систем моніторингу навколишнього середовища, а також систем контролю громадського порядку і систем безпеки [23].

Згадані системи можуть використовувати для передачі даних як проводові, так і безпроводові мережі зв'язку. Число кінцевих пристроїв

мереж M2M вже найближчим часом може перевищити чисельність населення, отже, і фактичну чисельність абонентів мереж зв'язку. Це підтверджує загальну тенденцію Інтернет речей (IoT).

Трафік M2M істотно впливає на якість обслуговування в безпроводових мережах зв'язку і на процеси їх експлуатації. Наприклад, короткі сеанси зв'язку M2M ускладнюють або повністю виключають можливість контролю якості каналів методом оцінки тривалості заняття (розмови), який традиційно застосовувався операторами зв'язку. Специфіка галузі застосування подібних систем контролю може виражатися в специфічні особливості виробленого трафіку. Зокрема, поведінка ряду пристроїв може бути залежним, що може призводити до їх масової активності, що виражається в неконтрольованому зростанні трафіку.

Таким чином, сьогодні необхідно мати можливість оцінки M2M трафіку і його вплив на якість надання послуг зв'язку, а також визначити методи організації систем M2M, які б забезпечили їх «гармонійну» взаємодію з традиційними мережами зв'язку.

Прогноз зростання трафіку M2M. Існує досить велика кількість прогнозів зростання трафіку M2M в світі, зростання трафіку мобільної передачі даних, зростання трафіку мережі Інтернет. При цьому наголошується експонентний характер зростання трафіку M2M [24], що характерно для розвитку нових технологій телекомунікацій.

З використанням методу асоціативного прогнозування, дослідниками отримано прогноз зростання сумарного трафіку M2M в мережах фіксованого та рухомого зв'язку і безпроводового доступу, прогноз наведений на рис. 2.4.

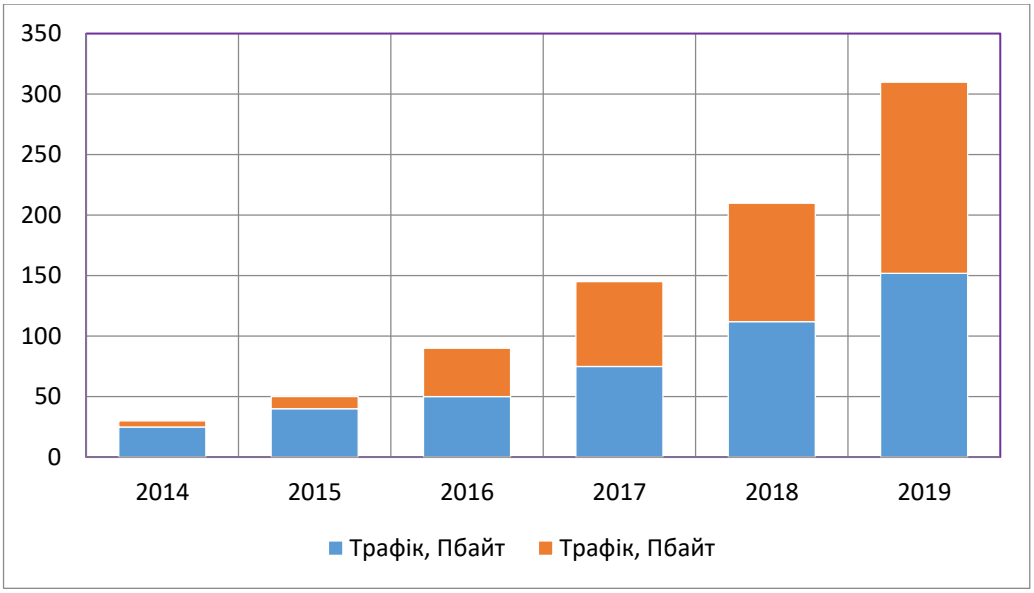


Рисунок 2.4 – Прогноз зростання сумарного трафіку M2M в мережах фіксованого і рухомого зв'язку і безпроводового доступу

Як видно з наведених прогнозів, оцінки M2M трафіку в мережах фіксованого зв'язку і в мережах рухомого зв'язку і безпроводового доступу близькі за значенням, що пояснюється близькими значеннями загальної величини трафіку в цих мережах. Слід зазначити, що при прогнозуванні враховувався той факт, що 33% трафіку ПД мереж рухомого зв'язку переноситься в мережі фіксованого зв'язку, збільшуючи загальний трафік.

Сумарний обсяг прогнозованого трафіку M2M на 2019 рік перевищує 300 Пбайт, що вимагає проведення детальних досліджень характеристик цього трафіку. Частка трафіку M2M складе при цьому близько 5% від сумарного трафіку мереж зв'язку. Крім того, слід очікувати, що трафік M2M може мати істотно інші характеристики, ніж трафік традиційних мереж зв'язку.

Особливості трафіку M2M. Для опису трафіку в сучасних мережах зв'язку існують різні теоретичні моделі, як правило, побудовані на основі теорії масового обслуговування. Завданням побудови моделі, є опис властивостей трафіку (потоку), і параметрів його обслуговування мережею зв'язку.

Трафік M2M є потік даних (пакетів в мережі передачі даних або сеансів в мережі з комутацією каналів). Основною його відмінністю від абонентського трафіку людина-людина H2H (Human-to-Human), є те, що ініціатором передачі інформації є автоматичний пристрій.

Залежно від реалізації системи обміну даними (протоколу взаємодії) подія передачі виникає за таких умов:

1) вплив зовнішніх чинників, що призводять до передачі даних (зміна фізичних параметрів, контрольованих датчиком);

2) закінчення певного інтервалу часу (в загальному випадку тривалість інтервалу може бути постійною або обчислюється в відповідність з якимось законом, тобто не випадковою величиною);

3) технічні причини - передача службових даних (ініціалізація пристрою, пов'язана з включенням, перезапуском пристрою і т.д.) не пов'язані з перерахованими вище умовами.

У відповідність з перерахованими умовами, що приводять до передачі даних, в системах M2M можна умовно виділити 3 основні типи трафіку.

Перший тип - опосередкований трафік, проводиться автоматичними системами з використанням активних пристроїв (пристрій може бути ініціатором передачі даних). Цей трафік можна розглядати як реакцію на різні випадкові події (наприклад, потрапляння вимірюваної величини в деякий інтервал, спрацьовування аварійної або іншої сигналізації і т.п.). В даному випадку властивості трафіку залежать від властивостей контрольованих процесів. Але якщо така система призначена для контролю рідкісних випадкових подій (системи аварійної сигналізації, контролю доступу та ін.), то часто, інтенсивність спостережуваних подій може бути порівнянна або навіть менше інтенсивності відмов самого пристрою спостереження. Для забезпечення необхідної надійності виявлення спостережуваних подій потрібно проводити контроль технічного стану датчиків. Для цього потрібна передача службових даних, обсяг яких, може

істотно перевищувати обсяг корисної інформації, а властивості трафіку визначаються особливостями процесів діагностики стану датчиків.

Другий тип – псевдодетермінований трафік, проводиться автоматичними системами з використанням пасивних датчиків. В даний час набули поширення системи диспетчерського управління та збору даних (SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition), побудовані за принципом головний-підлеглий (Master-Slave). У цих системах датчики є підлеглими (пасивними пристроями) і виробляють передачу даних за запитом головного (Master) пристрою. В цьому випадку властивості трафіку визначаються алгоритмом вибору інтервалу часу між моментами передачі запитів даних. Як правило, в існуючих системах, інтервали між моментами опитування не випадкові. Опитування датчиків проводиться у відповідність з деяким розкладом або просто з заданим постійним періодом. До даного типу трафіку відноситься також трафік, вироблений різними автоматичними системами в детерміновані моменти часу (оновлення даних, програмного забезпечення за розкладом і ін.).

Третій тип - службовий трафік, характерний для систем з активними датчиками. Він проводиться при настанні деяких зовнішніх (як правило, випадкових) подій, що призводять до необхідності виконання службових операцій з підтримки працездатності системи, а також діагностики стану датчиків. Це службовий трафік, вироблений в результаті різного роду збоїв роботи апаратних або програмних засобів, з метою усунення яких виконуються необхідні процедури встановлення з'єднання, передачі параметрів для налаштування датчиків і т.п. Як правило, службовий трафік призводить до генерації трафіку сигналізації.

2.4 Модель опосередкованого трафіку M2M

Опосередкований трафік отримується в системах з активними пристроями під впливом зовнішніх процесів. Залежно від конкретного додатка системи моніторингу, характер цих процесів може бути різний. Має сенс розглянути лише деякі такі процеси, які можуть мати місце в найбільш масових додатках, таких як:

- аварійна сигналізація (протипожежна сигналізація, сигналізація цілісності конструкцій будівель і споруд, відмов технічних систем життєзабезпечення, сигналізація незаконного проникнення на охоронні об'єкти), що реалізується, наприклад, в житлово-комунальному секторі;
- контроль загроз середовища проживання людини (контроль забруднення довкілля, погодних умов, сейсмічних і кліматичних загроз), реалізований структурами Міністерства з надзвичайних ситуацій;
- контроль небезпечних станів здоров'я людини (контроль серцевого ритму, артеріального тиску, складу крові і інших показників), реалізований в медичних установах в лікувальних і профілактичних цілях.

Кожен зі згаданих вище процесів може мати свої характерні особливості, що буде відображатися на трафіку, виробленому відповідною системою. Однак, загальною характерною особливістю даних додатків є те, що події, які призводять до виникнення трафіку, є відносно рідкісними. Інтенсивність цих подій порівнюється з інтенсивністю відмов технічних пристроїв, отже, для експлуатації даних систем необхідно проводити контроль стану пристроїв, що призводить до необхідності передачі службових повідомлень. Властивості трафіку службових повідомлень залежать від методу контролю стану технічного стану. Наприклад, для контролю стану може бути використане періодичне опитування пристроїв

сервером. У цьому випадку період опитування може вибиратися виходячи з вимог до надійності (коефіцієнту готовності) системи. Коефіцієнт готовності визначається наступним чином:

$$К_Г = \frac{Т_{СС}}{Т_{СС}+Т_{ВН}+Т_В}, \quad (2.3)$$

де $Т_{СС}$- час справного стану (напрацювання на відмову) (годин);

$Т_{ВН}$ - час виявлення несправності (годин);

$Т_В$ - час відновлення (годин).

При припущенні, що відмови пристроїв випадкові і різновірогідні протягом періоду опитування, то необхідний період опитування може бути отриманий з (2.3) і дорівнюватиме:

$$t_0 = \frac{2}{К_Г}(Т_{СС} - К_Г(Т_{СС} + Т_В)). \quad (2.4)$$

Наприклад, коли стоїть вимога $К_Г$=*0,9999*, час відновлення $Т_В = 2$ години і напрацювання на відмову 50 000 годин, необхідний період опитування складе 6 годин. Таким чином, при реальних значеннях надійності технічних систем, інтенсивність службового трафіку відносно мала і має істотне значення тільки при обслуговуванні досить великого числа подібних систем.

Складність обслуговування трафіку, створюваного подібними системами, полягає в тому, що «поведінка» даного типу пристроїв може бути залежною. Наприклад, якщо певна кількість пристроїв контролює стан об'єкта або технологічного процесу, що змінюється таким чином, що всі або більша частина даних пристроїв контролю повинні передати інформацію про стан (аварійна ситуація, коли всі параметри вийшли за допустимі межі). Дана ситуація може призвести до масових повідомлень (викликів). У цьому випадку інтенсивність трафіку буде визначатися числом пристроїв контролю

і залежати від кількості надісланих повідомлень, ймовірності активізації пристроїв та інтенсивності подій, що призводять до активізації пристроїв.

Для аналізу такого трафіку побудована імітаційна модель, в якій прийняті наступні допущення:

кожне з n пристроїв може перебувати в пасивному та активному станах.

в пасивному стані пристрій виробляє тільки технологічний трафік (контроль стану), який являє собою періодичний детермінований процес з періодом T_i. Величина T_i вибирається випадково при ініціалізації моделі як рівномірно розподілена випадкова величина в межах від T_{min} до T_{max}.

в активний стан пристрій переходить при настанні деякої події і знаходиться в ньому короткий час, протягом якого виробляє випадковий обсяг трафіку, потім знову переходить в пасивний стан. Об`єм трафіку, вироблений пристроєм в активному стані, випадковий і має рівномірний розподіл від v_{min} до v_{max} із середнім значенням v.

подія настає в випадкові незалежні моменти часу.

Припускаємо, що інтервал часу між цільовими подіями випадковий і має експоненціальне розподіл ймовірності і середнім значенням $\bar{t}_E$.

При моделюванні були прийняті наступні значення:

n=10, Tmin=0, Tmax=1, vmin=0, vmax=1000 (повідомлень), $\bar{t}_E$*=100*.

На рис. 2.5 наведено приклад реалізації потоку пакетів в системі, отриманий імітаційним моделюванням. З рисунку видно, що в процесі надходження мають місце суттєві піки трафіку, що значно перевершують середнє значення.

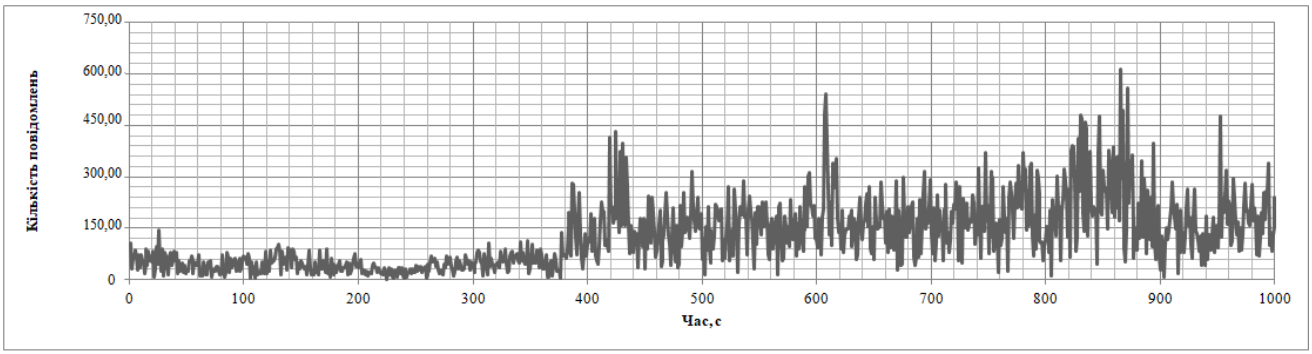


Рисунок 2.5 – Реалізація потоку опосередкованого трафіку

На рис. 2.6 наведено графік оцінки зміни дисперсії для оцінки коефіцієнта Херста. На графіку приведені три прямі для значень імовірності *p=0,1; 0,5; 1,0*. Коефіцієнт Херста для цих значень становить *H=0,451; 0,375; 0,292*, відповідно.

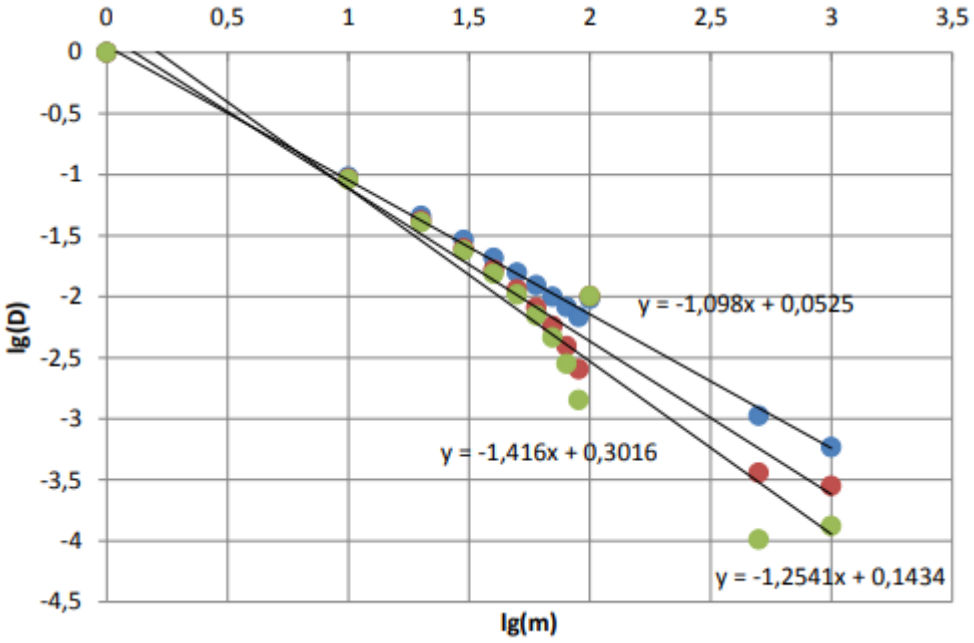


Рисунок 2.6 – Оцінка коефіцієнта Херста графіком зміни дисперсії

Таким чином, вироблений системою трафік, в залежності від параметрів може мати властивості антіперсістентного потоку (*H<0,5*) або найпростішого потоку (*H≈0,5*).

2.5 Модель псевдодетермінованного трафіку M2M

В даний час набули широкого поширення системи моніторингу та диспетчерського управління (SCADA). Подібна система являє собою систему майстер-підлеглий, в якій роль майстра виконує сервер збору даних, а підлеглого контролер або датчик (сенсор), встановлений на контрольованому об'єкті. Передача даних здійснюється через мережу зв'язку. У загальному випадку, в мережі зв'язку може функціонувати безліч таких систем, рис. 2.7.

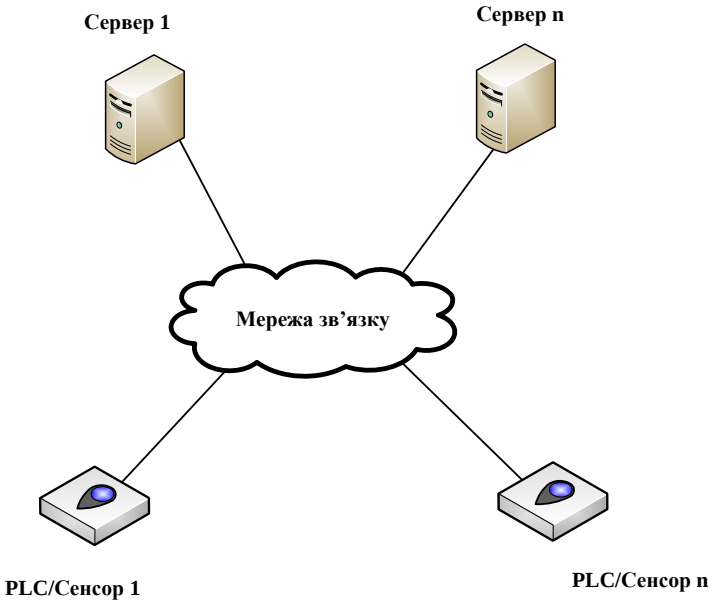


Рисунок 2.7 – Загальна структура системи моніторингу і диспетчерського управління

Як правило, трафік в напрямку між *i*-сервером і *j*-пристроєм являє собою детермінований потік даних (пакетів): запитів сервера і відповідей контролера (датчика). Часові параметри потоку системи, в загальному випадку, можуть бути визначені розкладом і мають певний період повторення T_i.

Якщо в мережі функціонує n систем моніторингу, то при незмінних фазових зрушеннях між моментами надходження запитів (відповідей) φ_i, $i=1...n$, загальний трафік також буде представляти собою детермінований періодичний процес з періодом, що дорівнює найменшому спільному кратному всіх періодів опитування $T_s = lst\{T_i\}$, $i=1...n$ (рис. 2.8).

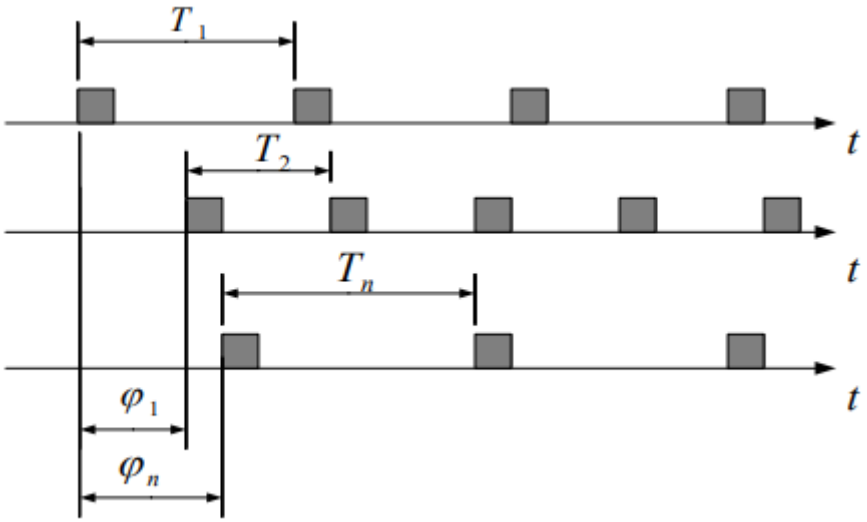


Рисунок 2.8 – Модель трафіку систем моніторингу

Якщо фазові зрушення не постійні і випадкові (внаслідок асинхронного включення і перезапусків окремих систем), то загальний трафік також набуває властивостей випадкового процесу (псевдодетермінований трафік).

За допомогою системи імітаційного моделювання була побудована модель трафіку від декількох ($n=10$) систем моніторингу, які виробляють детерміновані (в усталеному режимі) періодичні потоки. Період T_i $i=1...n$ вибирається випадково в межах від 1 до 60 с (значення періоду підпорядковується рівномірному закону розподілу). Кожна з систем моніторингу може перезапускатися в випадковий момент часу, тобто випадковим чином може змінюватися величина фазового зсуву φ_i, $i=1...n$.

Інтервал часу між рестартами системи випадковий і підпорядкований експоненціальному закону розподілу імовірності із середнім значенням 0,6 перезапусків на годину. Приклад реалізації трафіку наведено на рис. 2.9.

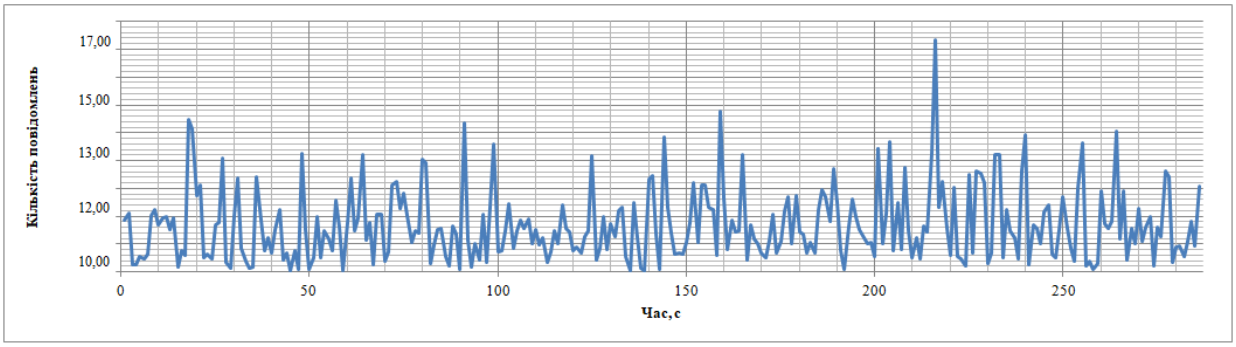


Рисунок 2.9 – Модель трафіку систем моніторингу

Для потоку отримана оцінка коефіцієнта Херста методом апроксимації графіка зміни дисперсії потоку:

$$\left(\sigma^2(X_t^{(m)})\right) \sim -\beta \log(m) + \log(a). \quad (2.5)$$

Апроксимація приведена на рис. 2.10.

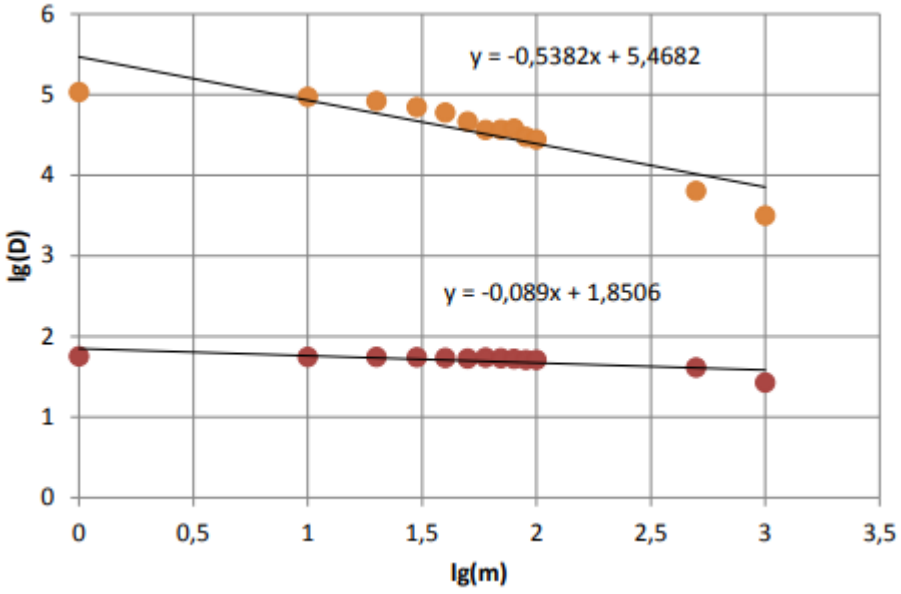


Рисунок 2.10 – Оцінка коефіцієнта Херста графіком зміни дисперсії (для різних інтенсивностей перезапуску систем)

Як бачимо, вироблений системою трафік, має властивості самоподібного потоку (*H>0,5*) Коефіцієнт Херста потоку змінюється, в залежності від інтенсивності перезапуску. При *p=0,1 H= 0,73*, при p=*1 H=0,96*.

Таким чином, статистичні властивості потоку опосередкованого трафіку визначаються такою особливістю як залежність джерел трафіку, яка при настанні деяких подій призводить до масової активності пристроїв і, як наслідок, випадковим піків трафіку. Аналіз статистичних властивостей даного потоку доводить, що він є антиперсістентним. Статистичні властивості псевдодетермінованого трафіку визначаються числом і періодами послідовностей опитування пристроїв, а також інтенсивністю перезапусків. Аналіз статистичних властивостей даного потоку доводить, що він є самоподібним з високим ступенем самоподібності.

Висновки до розділу 2

В даному розділі розглянуто модель розподілу трафіку для NGN при впровадженні USN, що відрізняється від відомих тим, що в розподілі потоків трафіку враховуються також і потоки, створювані користувачами і провайдерами послуг USN.

На основі аналізу виникнення подій в мережах M2M, що вимагають здійснення передачі інформації про настання події, запропонована класифікація трафіку M2M.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРАФІКУ МАШИНА-МАШИНА НА ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ КОРИСТУВАЧІВ МЕРЕЖ LTE

3.1 Добова модель трафіку M2M

Трафік машина-машина в даний час становить істотну частку трафіку, що обслуговується мережами операторів зв'язку. Джерелами трафіку є різноманітні автоматичні пристрої. Властивості трафіку, виробленого цими пристроями, залежать від алгоритмів їх роботи і можуть бути дуже різні. Основною якісною відмінністю даного виду трафіку від трафіку послуг зв'язку, джерелами якого є абоненти, є те, що ініціатором обміну даними є не людина, а автоматичний пристрій. Тому, властивості M2M трафіку істотно залежать від числа і типів пристроїв (алгоритмів роботи пристроїв), що є джерелами трафіку. Доступність і простота побудови різного роду контрольних і діагностичних систем із застосуванням сенсорів, а також широке поширення автоматичних пристроїв, для функціонування яких потрібно обмін даними, обумовлюють привабливість послуг M2M. Істотна частка трафіку M2M впливає на якість обслуговування трафіку інших послуг зв'язку. Як приклад можна відзначити такі особливості, як розподіл трафіку M2M за часом доби (годину найбільшого навантаження), інтенсивність спроб і сеансів зв'язку, періодичний або непередбачуваний характер трафіку, в залежності від типу і призначення джерел навантаження. Дані про розподіл M2M пристроїв по областям застосування, отримані на основі статистичного аналізу [25], наведені на рис 3.1.

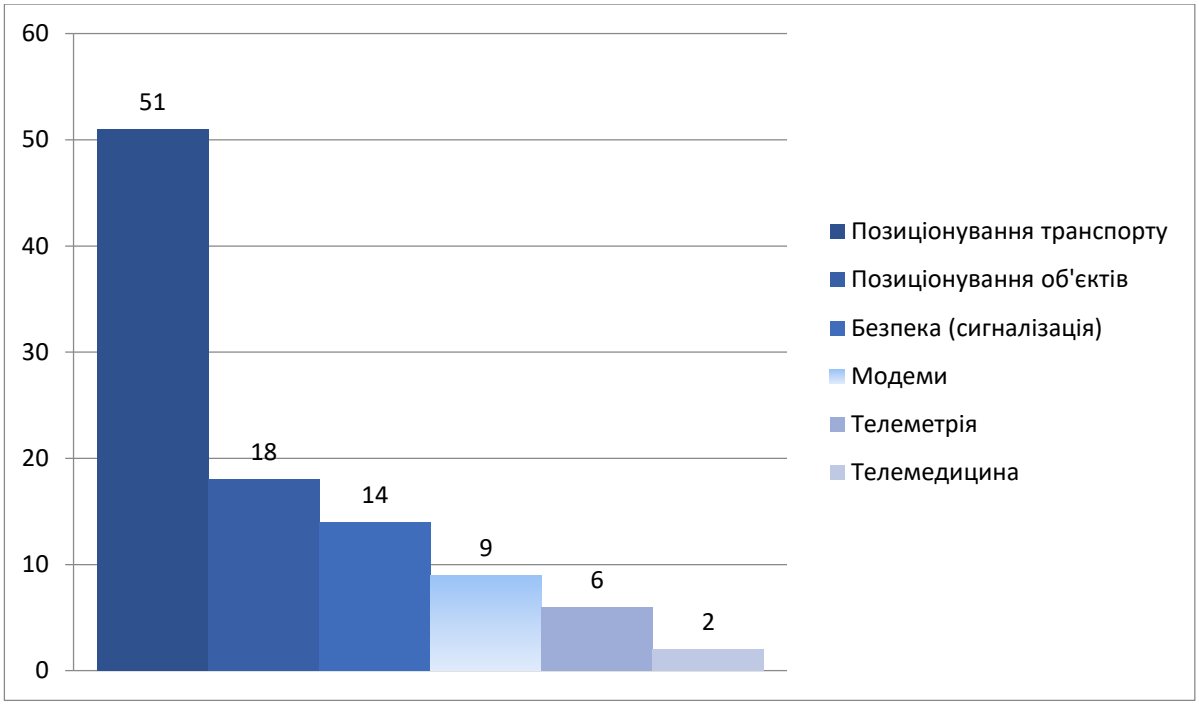


Рисунок 3.1 – Розподіл M2M пристроїв по областям застосування

Поряд зі спеціалізованими пристроями (рис. 3.1) в даний час існує велика кількість клієнтських додатків (програмного забезпечення) для терміналів мереж рухомого зв'язку. Алгоритми функціонування цих додатків також припускають незалежну від користувача активність в частині обміну даними. Тому, створюваний ними трафік також можна віднести до трафіку M2M. Число таких джерел трафіку, вже сьогодні, досить велика і буде збільшуватися в найближчій перспективі.

У ряді програм технологією M2M, обсяг виробленого пристроєм трафіку, менше обсягу трафіку таких послуг, як передача відео і передача мови [25]. Однак, потенційно можливе число M2M пристроїв, може бути така велике, що інтенсивність виробленого ними трафіку буде порівнянна з трафіком традиційних послуг. Наприклад, висока щільність M2M пристроїв в зоні обслуговування базової станції. Якщо трафік M2M обслуговується спільно з критичним до затримки трафіком, то за певних умов він може робити істотний вплив на якість обслуговування трафіку інших послуг.

Наведемо модель трафіку додатків (пристроїв), грунтуючись на наступних припущеннях. Будемо вважати, що активність додатку, внаслідок

якої відбувається обмін даними, настає під час періодичних сеансів обміну. Сеанс передачі даних триває протягом часу, необхідного для передачі (прийому) необхідного обсягу даних, що визначається специфікою застосування і швидкістю передачі даних. Додатки функціонують незалежно один від одного. Процес обміну даними можна описати, як невипадково періодичну функцію часу. Процес виникнення подій обміну даними може бути описаний як залежність обсягу переданих даних від часу:

$$\eta(t,\theta,\vartheta) = \delta(t-\theta\cdot n)\vartheta = \begin{cases} 0 & t \neq n\cdot\theta \\ \vartheta & t = n\cdot\theta \end{cases} \text{ біт} \quad (3.1)$$

де n - ціле невід'ємне число;

$\delta(t)$ - дельта функція Дірака;

θ - період;

ϑ - обсяг даних, що передаються (біт).

Для передачі даних потрібен час, який визначається пропускною здатністю каналу. З урахуванням цього можна записати функцію для інтенсивності трафіку i-го додатку в каналі:

$$a(t,\theta,b,\vartheta) = \sum_{n=0}^{\infty} b\cdot rect\left(\frac{t-n\cdot\theta}{\tau}-\frac{1}{2}\right) = \begin{cases} 0 & n\cdot\theta+\tau \le t < (n+1)\cdot\theta \\ b & n\cdot\theta \le t < n\cdot\theta+\tau \end{cases}, \quad (3.2)$$

$t,\tau \geq 0, \tau < \theta$ *біт/с.*

де n - ціле невід'ємне число;

θ - період;

b - пропускна здатність каналу (біт / с);

$\tau = \frac{\vartheta}{b}$ - тривалість інтервалу передачі даних (с);

ϑ - обсяг даних, що підлягають передачі (біт).

З огляду на допущення про незалежність процесів модель для результуючого потоку трафіку можна записати як:

$$a_{\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^{k} a(t + \varphi_i, \theta_i, b, \vartheta_i) \ біт/с. \quad (3.3)$$

де k - число клієнтських додатків;

θ_i - період обміну даними з i-м клієнтським додатком;

b - пропускна здатність каналу (біт / с);

ϑ_i - обсяг даних, що підлягають передачі i-м клієнтським додатком (с);

φ_i - фазовий зсув щодо початку відліку часу (с).

Величини θ_i і ϑ_i специфічні для конкретних клієнтських додатків. Будемо розглядати їх як випадкові значення.

Можлива реалізація трафіку, отримана за допомогою описаної моделі, приведена на малюнку 3.2.

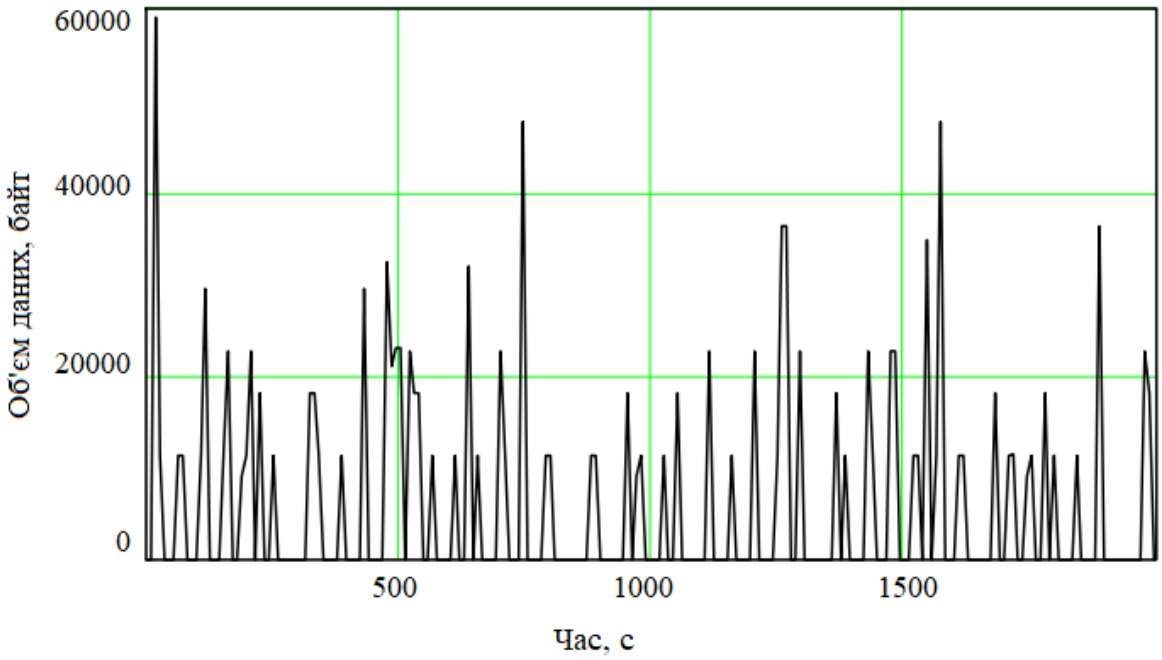


Рисунок 3.2 – Модель трафіку додатків M2M

3.2 Взаємодія оператора зв'язку і користувача послуг M2M

При певних умовах, при відносно низькій середній величині втрат за тривалий інтервал часу, «імпульсний» характер втрат може істотно впливати на трафік ряду потокових послуг, наприклад, передача голосу (VoIP) і відео.

Особливістю трафіку M2M є те, що поведінка M2M пристроїв не підконтрольна оператору зв'язку. Відсутність контролю в ряді випадків може призводити до небажаних результатами, таким як: перевантаження мережі масовими викликами, обслуговування непродуктивного (паразитного) трафіку, значна зміна інтенсивності трафіку протягом доби, і т.п. Потенційна можливість M2M пристроїв створювати потоки заявок високої інтенсивності, призводить до потенційних небезпек перевантаження систем управління і каналів зв'язку [26].

Можливим, механізмом управління трафіком, в такому випадку, може бути взаємодія з провайдером або користувачем M2M послуг. В якості такого механізму може бути використано управління трафіком на основі розкладу. У загальному випадку, даний вид управління передбачає використання деякого керуючого впливу (розкладу), певним чином залежить від часу, який впливає на параметри виробленого трафіку або параметри системи обслуговування протягом заданого інтервалу часу, наприклад доби.

Наприклад, розклад може бути включено в контракт між оператором зв'язку і провайдером послуг (SLA), у вигляді обов'язків сторін або рекомендацій. В загальному випадку, вплив управління за розкладом на вироблений трафік аналогічно впливу тарифного розкладу. Мета управління трафіком може полягати, наприклад, в зниженні частки непродуктивного трафіку, вирівнюванні піків інтенсивності трафіку, запобігання перевантажень через масові викликів.

При взаємодії на рівні клієнта, розклад дозволяє побічно регулювати обсяг трафіку M2M, виробленого додатками, шляхом введення і доведення до користувача рекомендацій по налаштуванню і використання додатків.

Управління M2M трафіком за допомогою розкладу найефективніше на рівні взаємодії з постачальниками (провайдерами) послуг, який може гнучко регулювати вироблений трафік (рис. 3.3).

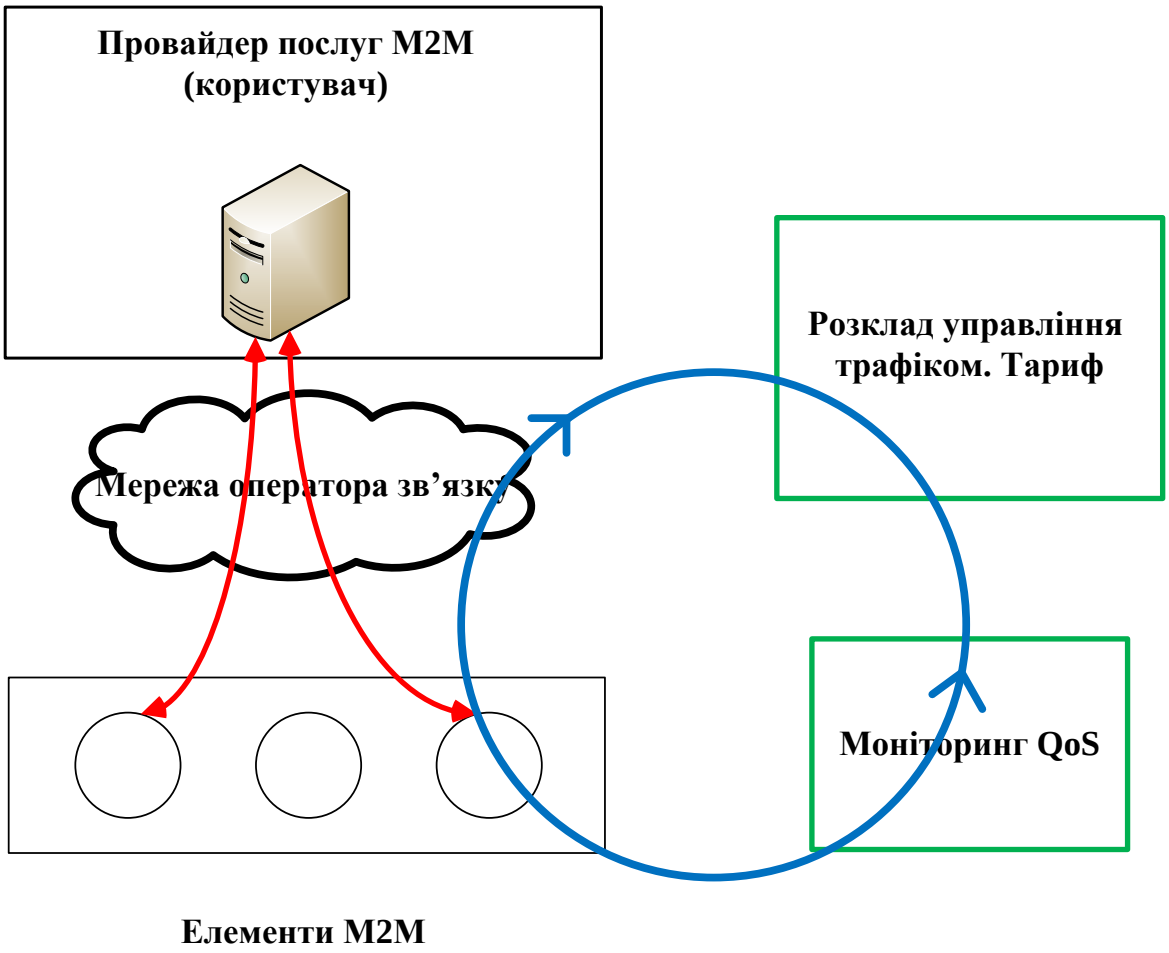


Рисунок 3.3 – Взаємодія оператора зв'язку і провайдера (користувача) послуг M2M

Платформа послуг (сервери послуг) постачальника включені в мережу деякого оператора зв'язку. При цьому відносини між постачальником послуг і оператором мережі зв'язку регулюються SLA, в яке включено положення про розклад для виробленого трафіку і постачальник послуг строго дотримується положень угоди.

Під розкладом управління трафіком на інтервал часу рівний діб будемо розуміти функцію:

$$T(t), 0 \leq t \leq H, \tag{3.4}$$

де де t - час доби, $T(t)$ - безрозмірна величина керуючого впливу $0 \leq T(t) \leq 1$, чисельне значення якої відображає потенційну необхідність обмеження трафіку, що надійшов в момент t, H - число одиниць часу в добі. Якщо значення $T(t) = 0$, то вважаємо, що необхідність обмеження трафіку відсутня, якщо $T(t) = 1$, Вважаємо, що потрібне максимальне обмеження трафіку. Будемо вважати, що провайдер реагує на величину керуючого впливу, і це проявляється в управлінні виробленим трафіком. При цьому загальний обсяг трафіку (даних) за період дії розкладу не змінюється, а лише перерозподіляється в часі.

Середня величина керуючого впливу за добу дорівнює:

$$\bar{T} = \frac{1}{H}\int_0^H T(t)dt \tag{3.5}$$

В якості мети побудови розкладу управління можна розглядати завдання зміни трафіку (інтенсивності трафіку) протягом доби при збереженні його середньої величини.

Аналізуючи крайні випадки, можна припустити, що при проміжних значеннях умовної вартості часу провайдера результатом оптимізації буде ступінчаста функція, що має форму, близьку до форми навантаження. Використовуємо останнє припущення для визначення кордонів ділянок управління.

Для вирішення цього завдання можна апроксимувати криву навантаження деякою ступінчастою функцією із заданим максимальним

числом ділянок. Ця функція може бути використана в якості вихідного розкладу управління в задачі оптимізації.

Графіки, наведені на рис. 3.4 і 3.5, ілюструють залежність навантаження від величини керуючого впливу. На рис. 3.4 наведено графіки вихідного, трансформованого навантаження і розкладу управління при низькій умовній вартості часу провайдера. На рис. 3.5 наведено аналогічні графіки при високій умовній вартості часу провайдера.

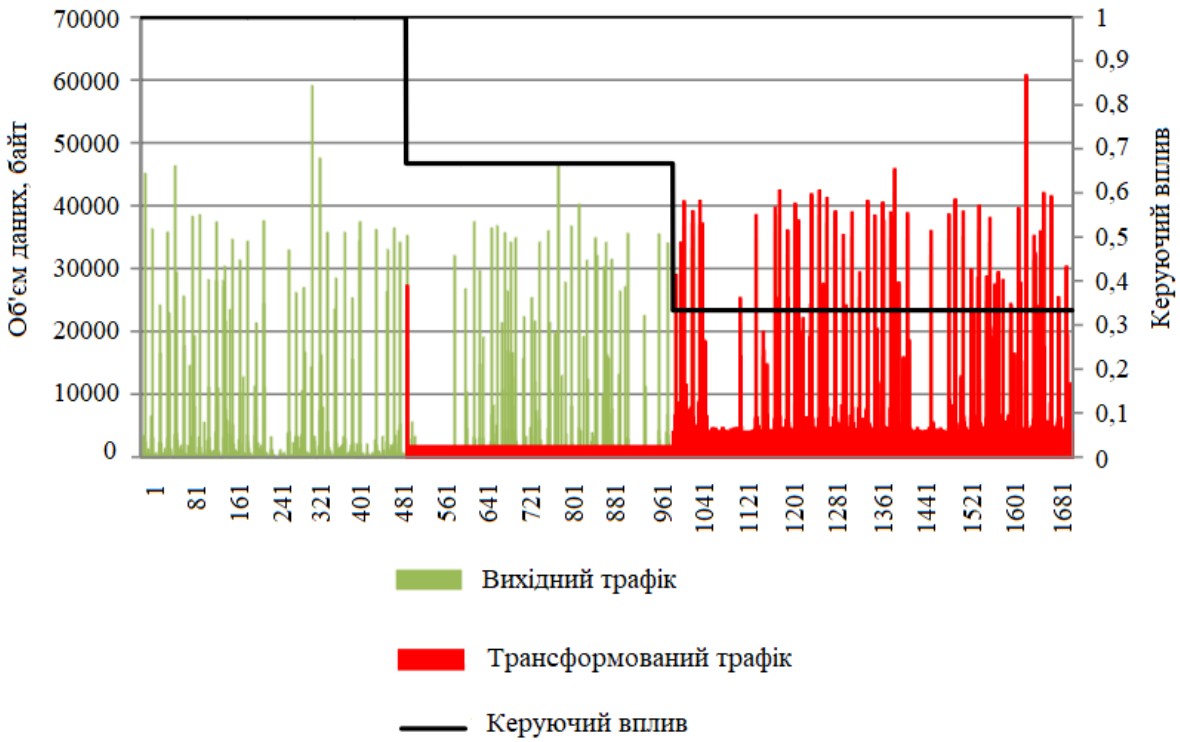


Рисунок 3.4 – Вихідний і трансформований трафік, розклад управління трафіком (низька умовна вартість часу)

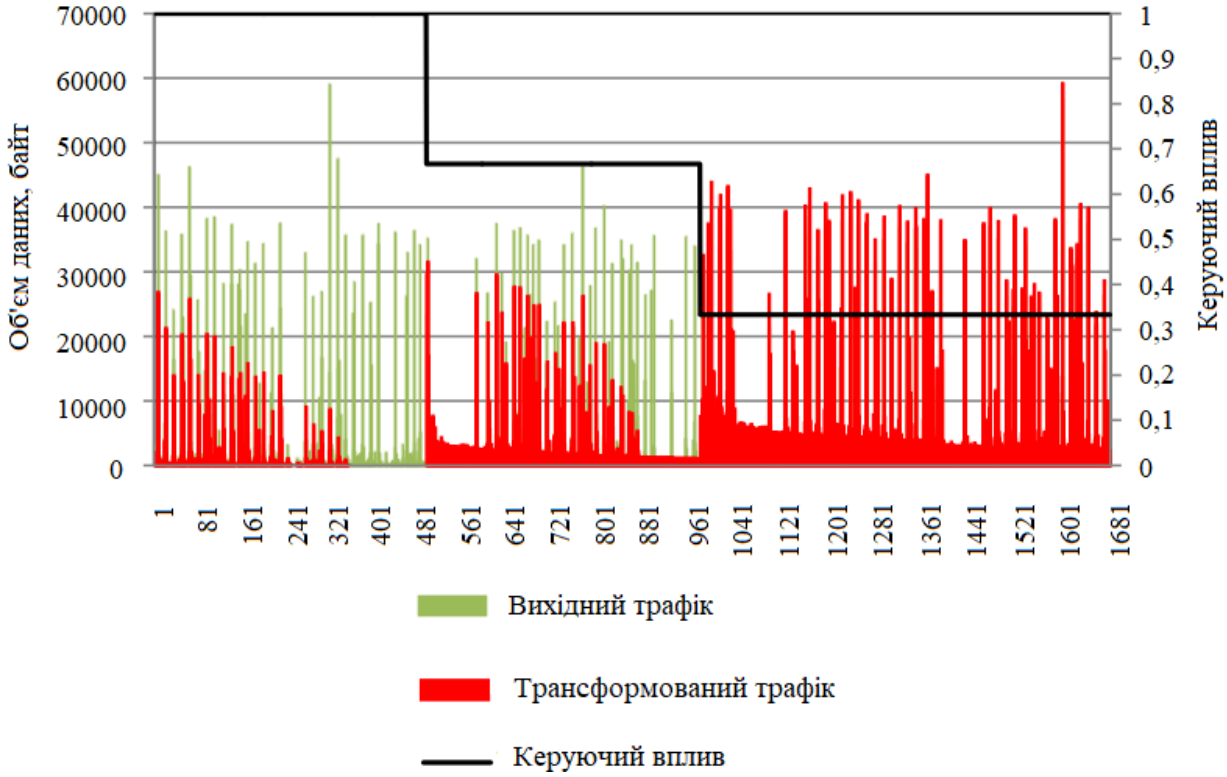


Рисунок 3.5 – Вихідний і трансформований трафік, розклад управління трафіком (висока умовна вартість часу)

Таким чином, якщо взаємини оператора зв'язку і провайдера послуг M2M регламентуються положеннями SLA, то можливе гнучке управління M2M трафіком за допомогою розкладу управління. При цьому введення розкладу управління трафіком призводить до трансформації виробленого M2M навантаження, а метою введення розкладу трафіком може бути підвищення якості обслуговування трафіку послуг, на які впливає M2M трафік (наприклад VoIP). Зміна навантаження, при введенні розкладу управління трафіком, залежить від величини керуючого впливу і положення інтервалу управління і характеризує величину перенесеного навантаження. Вибір інтервалів управління і величини керуючого впливу може проводитися при обмеженні на величину трафіку.

Висновки до розділу 3

В даному розділі розглянуто модель трафіку машина-машина і його вплив на якість обслуговування. Зокрема, вплив опосередкованого трафіку може проявлятися в різкому зниженню якості обслуговування при виникненні подій, що призводять до масової активації M2M пристроїв. Вплив псевдодетермінованого трафіку може проявлятися в періодичному зниженні якості обслуговування, з періодом залежить від режиму роботи M2M пристроїв.

Приведено аналітичну модель добового трафіку, що враховує вплив розкладу управління. Модель може бути використана як в задачах аналізу зміни трафіку при управлінні за розкладом, так і в завданнях оптимізації розкладу управління, що являє собою завданням подальших досліджень.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

4.1 Служба охорони праці, основні функції

Охорона праці представляє із себе самостійний структурний підрозділ організації, що слідкує за дотриманням вимог охорони праці, виконує контроль їх виконання і має складається із групи фахівців з охорони праці із керівником (начальником) служби охорони праці.

Основні задачі служби охорони праці:

- організація функціональності та забезпечення виконання працівниками потреб охорони праці;
- організація профілактичної праці із попередження травматизму, професійних захворювань і захворювань, що обумовлені виробничими чинниками, а також роботи по поліпшенню умов праці;
- вивчення та поширення передового досвіду з охорони праці, розповсюдження питань охорони праці.
- слідкування за дотриманням робітниками виданих законів та інших нормативних правових актів про охорону праці, колективного договору, угоди з охорони праці, інших локальних нормативно-правових актів організації;
- інформування та консультування працівників підприємства (організації), в тому числі їх роботодавця, з питань охорони праці.

Основні функції служби охорони праці:

- виконання, спільно із працівниками спеціальних підрозділів та за участю довірених осіб з охорони праці, стандартизованих професійних спілок та інших уповноважених працівниками представницьких органів перевірок, дослідження технічного стану будівель, встановлених технологій, механічних пристроїв та

механізмів, засобів колективного та індивідуального захисту середовища та працівників, справності санітарних та технічних пристроїв, роботи систем фільтрування та вентиляції на відповідність вимогам охорони праці;

– перелік та аналіз стану та можливих причин виробничого травматизму, професійних захворювань і захворювань, обумовлених виробництвом;

– надання допомоги підрозділам виробничої ділянки в організації та виконанні вимірювань характеристик небезпечних і шкідливих виробничих факторів, травмо-безпеки обладнання, пристосувань;

– організація та консультація в наданні характеристичної оцінки умов роботи підрозділів;

– надання допомоги керівничім кадрам відділів у складанні списків професій і посад, відповідно до яких робочі кадри повинні проходити обов'язкові попередні і періодичні медичні огляди, а також списків професій і посад, відповідно до яких на підставі діючого законодавства працівникам надаються гарантії і компенсації за роботу зі шкідливими або небезпечними умовами праці;

– організація розслідування нещасних випадків на виробництві; участь в роботі комісії з розслідування нещасного випадку; оформлення і зберігання документів, що стосуються вимог охорони праці відповідно до встановлених термінів.

– створення спільно з іншими відділами спеціальних планів, курсів щодо поліпшення умов праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань та захворювань, обумовлених виробничими чинниками; надання організаційно-методичної допомоги щодо виконання запланованих заходів.

4.2 Характеристика умов праці

При виконанні робіт на ПК можливий вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- малий рівень світла робочого місця;
- вплив постійного магнітного та електричного поля;
- статичні та фізичні перевантаження;
- перенапруження та пошкодження зорових аналізаторів;
- стресові перевантаження.

Професійні захворювання при роботі з ПК:

- алергія;

Працюючі в приміщенні ПК і периферійні пристрої можуть стати причиною респіраторної алергії. Потрапляють в дихальні шляхи частинки пилу, а також деякі гази і леткі сполуки здатні викликати помилкове спрацьовування імунної системи користувача. Негативними факторами, які сприяють виникненню і загострення респіраторної алергії, можуть стати генетична схильність, куріння, захворювання верхніх дихальних шляхів.

- остеохондроз;

Згідно із медичною статистикою, в 78% випадків причиною болів в спині є остеохондроз – дистрофія тканин між-хребцевих дисків, що супроводжується послабленням амортизувальних властивостей. Внаслідок зневоднення і порушення обміну речовин в хрящовій тканині міжхребцеві диски втрачають свою пружність, висихають, зменшуються в розмірах і, як наслідок, не можуть ефективно виконувати свої функції.

- синдром «сухих очей»;

В стандартних умовах людина моргає приблизно двадцять разів на хвилину. При роботі із персональним комп’ютером, при перегляді телепередач та при прочитання книги частота моргання знижується приблизно в три рази, що приводить до часткового висихання покрову

слізної рідини через те, що вона не встигає повністю відновлюватися. Це є причиною виникнення так званого синдрому сухого ока.

– тунельний синдром;

Карпальний тунельний синдром (КТС) ще має назву синдрому зап'ястного каналу (СЗК), виникає внаслідок здавлювання серединного нерва в місці, де він проходить через зап'ястний канал (тунель) під поперечної зв'язкою зап'ястя. При тривалій роботі з традиційними пристроями введення, зокрема з клавіатурою і мишкою, користувач робить тисячі рухів пальцями, в той час як кисті рук залишаються практично нерухомими. Через досить вузький зап'ястний канал, крім серединного нерва, проходять дев'ять сухожиль м'язів кисті, постійний рух яких викликає роздратування і набряк прилеглих тканин, що в підсумку призводить до здавлення серединного нерва.

Вимоги до виробничих приміщень:

Робочі місця офісних працівників, обладнані персональними комп’ютерами повинні відповідати вимогам «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», затверджених Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 року № 65, та «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 N 7 (ДСанПіН 3.3.2-007-98). На рисунку 4.1 приведено план кімнати із правильним розміщенням робочих місць.

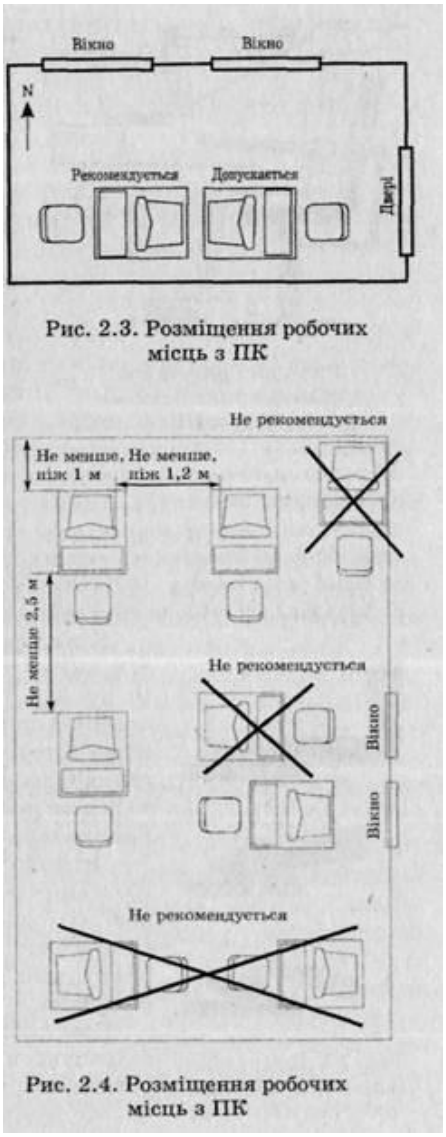


Рисунок 4.1 – Розміщення робочих місць офісної будівлі

Приміщення повинні мати природне і штучне освітлення. Розташування робочих місць за моніторами в підвальних приміщеннях не допускається. Площа на одне робоче місце з комп'ютером для дорослих користувачів повинна складати не менше 6 м2, а об'єм не менше -20 м3. Приміщення з комп'ютерами повинні бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією. Для внутрішнього оздоблення інтер'єру приміщень з комп'ютерами повинні використовуватися дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі - 0,7-0,8; для стін - 0,5-0,6; для підлоги - 0,3-0,5. Поверхня підлоги в приміщеннях експлуатації комп'ютерів повинна бути рівною, без вибоїн,

неслизькою, зручною для очищення та вологого прибирання, мати антистатичні властивості. У приміщенні повинні знаходитися аптечка першої медичної допомоги, вуглекислотний вогнегасник для гасіння пожежі.

4.2.1 Освітлення

Приміщення, в яких встановлені персональні комп’ютери, повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до СНиП II-4-79. Природне освітлення забезпечується через віконні отвори з коефіцієнтом природного освітлення КЕО не нижче 1,2% в зонах із стійким сніговим покривом і не нижче 1,5% на іншій території. Світловий потік з віконного отвору повинен падати на робоче місце оператора з лівого боку. Штучне освітлення в приміщеннях експлуатації комп'ютерів повинне здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення документу має бути 300-500 лк. Допускається установка світильників місцевого освітлення для підсвічування документів. Місцеве освітлення не повинне створювати відблисків на поверхні екрану і збільшувати освітленість екрану більше 300 лк. Прямий відблиск від джерел освітлення слід обмежити. Яскравість поверхонь (вікна, світильники), що світяться, знаходяться в полі зору, має бути не більше 200 кд/м2.

Відбитий відблиск на робочих поверхнях обмежується за рахунок правильного вибору світильника і розташування робочих місць по відношенню до природного джерела світла. Яскравість відблисків на екрані монітора не повинна перевищувати 40 кд/м2. Показник засліплення для джерел загального штучного освітлення в приміщеннях має бути не більше 20, показник дискомфорту в адміністративно-громадських приміщеннях не більше 40. Співвідношення яскравості між робочими поверхнями не повинне перевищувати 3: 1 - 5: 1, а між робочими поверхнями і поверхнями стін і устаткування 10: 1.

Для штучного освітлення приміщень з персональними комп'ютерами слід застосовувати світильники типу ЛПО36 із зеркалізованими гратами, укомплектовані високочастотними пускорегулюючими апаратами. Допускається застосовувати світильники прямого світла, переважно відбитого світла типу ЛПО13, ЛПО5, ЛСО4, ЛПО34, ЛПО31 з люмінісцентними лампами типу ЛБ. Допускається застосування світильників місцевого освітлення з лампами розжарювання. Світильники повинні розташовуватися у вигляді суцільних або переривчастих ліній збоку від робочих місць паралельно лінії зору користувача при різному розташуванні комп'ютерів. При периметральному розташуванні - лінії світильників повинні розташовуватися злокалізовано над робочим столом ближче до його переднього краю, зверненого до оператора. Захисний кут світильників має бути не менше 40 градусів. Світильники місцевого освітлення повинні мати несерпанковий відбивач із захисним кутом не менше 40 градусів. Для забезпечення нормативних значень освітленості в приміщеннях слід проводити чищення стекол віконних отворів і світильників не рідше двох раз на рік і проводити своєчасну заміну ламп, що перегоріли [27].

4.2.2 Параметри мікроклімату

Приміщення для роботи з персональними комп’ютерами мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря у відповідності до ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату для приміщення з комп’ютерами

Пора року	Параметри мікроклімату	Величина
Холодна	Температура повітря	22…24°С
	Відносна вологість	40…60%
	Швидкість руху повітря	До 0,1 м/с
Тепла	Температура повітря	23…25°С
	Відносна вологість	40…60%
	Швидкість руху повітря	0,1…0,2 м/с

Таблиця 4.2 – Норми подачі свіжого повітря в приміщення, де розташована комп’ютерна техніка

Характеристика приміщення	Об’ємні витрати свіжого повітря, що подається в приміщенні $м^3$/на одну людину в годину
Об'єм до 20 $м^3$ на людину 20.. .40 $м^3$ на людину Більш ніж 40 $м^3$ на людину	Не менш ніж 30 Не менш ніж 20 Природня вентиляція

4.2.3 Електромагнітне та іонізуюче випромінювання

Значення напруженості електростатичного поля на робочих місцях (як у зоні екрана дисплея, так і на поверхнях обладнання, клавіатури, друкувального пристрою) мають не перевищувати гранично допустимих за ГОСТ 12.1.045-84, СН 1757-77. Значення напруженості електромагнітних полів на робочих місцях з ВДТ мають відповідати нормативним значенням (ГДР № 3206-85, ГДР № 4131-86, СН № 5802-91, ГОСТ 12.1.006-84). Інтенсивність потоків інфрачервоного випромінювання має не перевищувати допустимих значень

відповідно до СН 4088-86, ГОСТ 12.1.005-88. Інтенсивність потоків ультрафіолетового випромінювання має не перевищувати допустимих значень відповідно до СН 4557-88.

4.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека - стан об'єкту, при якому унеможливлюється пожежі, а у разі його виникнення запобігається дія на людей небезпечних його чинників і забезпечується захист матеріальних цінностей. Протипожежний захист - це комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, відвертання пожежі, обмеження його поширення, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі. Пожежна безпека забезпечується системою відвертання пожежі і системою пожежного захисту. У усіх службових приміщеннях обов'язково має бути "План евакуації людей при пожежі", що регламентує дії персоналу у разі виникнення вогнища займання і вказує місця розташування пожежної техніки.

4.4 Безпека при надзвичайних ситуаціях на підприємстві

а) При будь-якій несправності апаратури працівник зобов'язаний вимкнути устаткування і повідомити про це обслуговуючому персоналу.

б) При скачках напруги в електромережі або при тривалому відключенні електроживлення оператор зв'язку зобов'язаний відключити апаратуру і діяти згідно з вказівками техперсоналу.

в) Якщо під час роботи стався нещасний випадок, необхідно негайно надати першу долікарську допомогу потерпілому, викликати лікаря, доповісти про те, що сталося своєму безпосередньому начальникові і вжити заходи для збереження обставин нещасного випадку, якщо це не зв'язано з небезпекою для життя і здоров'я людей.

г) При поразці електричним струмом необхідно швидко звільнити постраждалого від дії струму – негайно відключити ту частину електроустановки, якої торкається потерпілий:

1) коли неможливо відключити електроустановку, слід вжити інші заходи по звільненню потерпілого, дотримуючись належної обережності;

2) для звільнення потерпілого від токоведучих частин або дроту слід скористатися палицею, дошкою або іншим сухим предметом, що не проводить електричний струм, діяти рекомендується однією рукою. Для безпеки слід надіти діелектричні рукавички.

д) при виявленні пожежі або ознак горіння (задимлення, запах гару) необхідно:

1) обесточити об'єкт займання;

2) повідомити в пожежну охорону по телефону 101 з вказівкою точної адреси що і де горить, номер телефону, з якого йде повідомлення і своє прізвище;

3) повідомити про те, що сталося, своєму керівникові;

4) забезпечити зустріч викликаних підрозділів пожежної охорони;

5) до прибуття пожежної охорони вжити усі можливі заходи до евакуації людей і матеріальних цінностей, а також приступити до гасіння пожежі наявними засобами пожежогасіння, якщо це не пов'язано з ризиком для життя;

6) надати першу допомогу потерпілим.

е) При нещасному випадку:

1) негайно організувати першу допомогу потерпілому;

2) вжити невідкладні заходи по відвертанню розвитку аварійної або іншої надзвичайної ситуації і дії травмуючих чинників на інших осіб;

3) зберегти до початку розслідування нещасного випадку обстановку, якою вона була на момент події, якщо це не погрожує

життю і здоров'ю інших осіб і не веде до катастрофи, аварії або виникнення інших надзвичайних обставин, а у разі неможливості її збереження;

4) зафіксувати обстановку, що склалася (скласти схеми, провести інші заходи).

Час евакуації – головний показник ефективності технічних рішень, що гарантують людям безпеку на випадок пожежі, тобто цей час, який потрібен для того, щоб вони при пожежі могли без збитку для здоров'я покинути окремі приміщення і будівлю в цілому. Розрахунок часу евакуації встановлюється шляхом розрахунку часу руху одного або декількох людських потоків від найбільш видалених місць розміщення людей до евакуаційних виходів. Евакуаційні шляхи в приміщенні повинні забезпечувати безпечну евакуацію усіх людей, що знаходяться в приміщеннях будівель, через евакуаційні виходи.

Виходи є евакуаційними, якщо вони ведуть з приміщень:

а) першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходовий майданчик;

б) будь-якого поверху, окрім першого, в коридор, що веде на сходовий майданчик, або безпосередньо в сходовий майданчик (у тому числі через хол). При цьому сходові майданчики повинні мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відокремлений від примикаючих коридорів перегородками з дверима;

в) в сусіднє приміщення на тому ж поверсі, забезпечене виходами, вказаними в підпунктах "а" і "б".

З будівель, з кожного поверху і з приміщення слід передбачати не менше двох евакуаційних виходів.

Евакуаційні виходи повинні розташовуватися розосереджено. Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися у напрямку виходу із будівлі (приміщення). У кожному приміщенні на видному місці повинен знаходитись план евакуації при пожежі [28, 29].

Висновки до розділу 4

В даному розділі наведений комплекс заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Наведено вимоги, що мають бути виконані для комфортної роботи у виробничих приміщеннях, параметри мікроклімату та освітлення для комфортного робочого місця за ПК. Розроблені заходи з пожежної безпеки та у випадку надзвичайних ситуацій.

ВИСНОВКИ

В першому розділі розглянуто тенденцій розвитку телефонної мережі зв'язку загального користування, мереж зв'язку наступного покоління, стільникових мереж рухомого зв'язку, всепроникаючих сенсорних мереж, концепції Інтернету Речей. Сформований комплекс завдань з розробки і дослідження моделей трафіку для сучасних мереж зв'язку, вирішення яких дозволяє адекватно відображати процеси еволюції мереж і планувати їх розвиток.

Виявлені закономірності міграції трафіку з ТМЗК в МСРЗ і між різними технологіями МСРЗ, а також безпроводовими мережами широкосмугового доступу. Проведено дослідження трафіку для NGN, комплексу задач по розробці і дослідженню трафіку для додатків концепції Інтернету Речей, а також моделей потоків трафіку в мережах машина-машина M2M.

В другому розділі розглянуто модель розподілу трафіку для NGN при впровадженні USN, що відрізняється від відомих тим, що в розподілі потоків трафіку враховуються також і потоки, створювані користувачами і провайдерами послуг USN.

На основі аналізу виникнення подій в мережах M2M, що вимагають здійснення передачі інформації про настання події, запропонована класифікація трафіку M2M.

В третьому розділі розглянуто модель трафіку машина-машина і його вплив на якість обслуговування. Зокрема, вплив опосередкованого трафіку може проявлятися в різкому зниженню якості обслуговування при виникненні подій, що призводять до масової активації M2M пристроїв. Вплив псевдодетермінованого трафіку може проявлятися в періодичному зниженні якості обслуговування, з періодом залежить від режиму роботи M2M пристроїв.

Приведено аналітичну модель добового трафіку, що враховує вплив розкладу управління. Модель може бути використана як в задачах аналізу зміни трафіку при управлінні за розкладом, так і в завданнях оптимізації розкладу управління, що являє собою завданням подальших досліджень.

В четвертому розділі наведений комплекс заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Наведено вимоги, що мають бути виконані для комфортної роботи у виробничих приміщеннях, параметри мікроклімату та освітлення для комфортного робочого місця за ПК. Розроблені заходи з пожежної безпеки та у випадку надзвичайних ситуацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. . Парамонов, А.И. Стратегия развития сетей связи на основе новых технологий / В.Д. Нестеренко, А.Е. Кучерявый, А.И. Парамонов // Электросвязь. – 2001. - №1. – С. 25 – 27.

2. Парамонов, А.И. Миграция речевого трафика в современных сетях связи / А.И. Парамонов, А.Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2007. - №12. – С. 20 – 22.

3. Парамонов, А.И. Сети связи общего пользования. Тенденции развития и методы расчёта / А.Е. Кучерявый, А.И. Парамонов, Е.А. Кучерявый. – М. : ФГУП ЦНИИС, 2008. - 290 с.

4. Кучерявый, А.Е. Системы коммутации пятого поколения / А.Е. Кучерявый, Л.З. Гильченок //Электросвязь, 2005. - №3. – С. 9 - 11.

5. Парамонов, А.И. Построение сетей связи на базе инфраструктуры электросетей / В.И. Комашинский, Д. Гуревич, А.И. Парамонов // Технологии и средства связи. – 2011. - №6. – С. 30 - 32.

6. Вентцель, Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. - М. : Высшая школа, 2000. – 388 с.

7. Разработка и исследование метода повышения скорости передачи данных в мультисервисных сетях на основе стека протоколов TCP/IP : автореферат дис. … канд. техн. наук. / М.М.Тимошина, Самара, ПГУТИ, 2013. – 16 с.

8. Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок. – М. : Машиностроение, 1979. – 432 с.

9. Парамонов, А.И. Особенности видеотрафика для сетей связи следующего поколения / А.Е. Кучерявый, Д.В. Тарасов, А.И. Парамонов // Электросвязь. – 2010. - №2. – С. 37 - 43.

10. Recommendation Y. 1541. Network Performance Objectives for IP-based Services. ITU-T, Geneva. - 2006.

11. ITU Technology Watch Report. E-health Standards and Interoperability. Geneva, April, 2012. – 24 p.

12. Парамонов, А.И. Сети связи с малыми задержками / А.Е. Кучерявый, А.И. Парамонов, Я.М. Аль-Наггар // Электросвязь. – 2013. - № 12. – С. 15 – 19.

13. Кучерявый, А.Е. Самоорганизующиеся сети и новые услуги / А.Е. Кучерявый. – М. : Электросвязь, 2009. - №1. – С. 19-23.

14. Akyildiz, I.F. Wireless Sensor Networks: A Survey revisited / I.F. Akyildiz, M.C. Vuran, O.B. Akan, W. Su. // Computer Networks Journal, 2005. – 45 p.

15. Кучерявый, А.Е. Триллионные сети / А.Е.Кучерявый // Телекоммуникации : спецвыпуск, 2013. – С. 19 – 22.

16. Кучерявый, А.Е. Введение в наносети / А.Е. Кучерявый // 66-я Научнотехническая конференция НТОРЭС им. Попова : труды конференции. – СПб., апрель, 2011. – С. 186 – 187.

17. . Recommendation Y.2060. Overview of Internet of Things. ITU-T, Geneva. - February 2012.

18. Gorlatova, M. Energy Harvesting Active Networked Tags (EnHANTs) for Ubiquitous Object Networking / M.Gorlatova at all // IEEE Wireless Communications, Dec. – 2010. - V.17. - №6. – PP. 18 – 25.

19. Парамонов, А.И. Модели потоков трафика для сетей M2M / А.И. Парамонов //Электросвязь. – 2014 - № 4. - С. 9 - 14.

20. Sorensen, L. Use scenarios 2020 – a worldwide wireless future / L.Sorensen, K.E. Skouby // Visions and research directions for the Wireless World.Outlook. Wireless World Research Forum. - July 2009. - №4. – 42 p.

21. www.zigbee.org ZigBee Health Care [електроний ресурс] (дата доступу вересень 2020).

22. 3GPP TSG-RAN WG2 Meeting 71-bis. Xian, China, 11-15 October, 2010. – 14 p.

23. Andreev, S. Energy-efficient client relay scheme for machine-to-machine communication / S. Andreev, O. Galinina, Y. Koucheryavy // Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2011), Proceedings, 5-9 December, Houston, Texas, USA. – PP. 1 – 5.

24. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2012–2017, CISCO white paper, February 6. - 2013. – 34 p.

25. Shafig, M.Z. A First Look at Cellular Machine-to-Machine Traffic: Large Scale Measurement and Characterization / M.Z. Shafig and all. // 12th ACM Sigmetrics/Performance International Conference. June 11-15, London, England, UK, 2012. – PP. 65 – 76.

26. Dashkova, E. Survey on Congestion Control Mechanism for Wireless Sensor Networks / E.Dashkova, A.Gurtov // The 12th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking // NEW2AN 2012., Aug. 2012. SaintPetersburg. Springer LNCS 7469. – PP. 75 – 85.

27. Иозус А.П. Безопасность и экологичность проекта: методические указания по выполнению раздела дипломного проекта / Сост. А. П. Иозус; Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2010. – 19 с.

28. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности : Учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др. Под общей редакцией С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.

ДОДАТОК А

Моделювання трафіку з різним значенням коефіцієнта Херста

Отримати 3 вектора X1, X2, X3 n псевдовипадкових чисел з експоненційним розподілом і параметром r (інтервали часу між подіями):

$r := 10 \qquad n := 100000$

$X1 := rexp(n, r) \qquad X2 := rexp(n, r) \qquad X3 := rexp(n, r)$

Потік подій:

$$X(X1) := \begin{| max \leftarrow rows(X1) \\ X_0 \leftarrow X1_0 \\ \text{for } i \in 1..max - 1 \\ \quad X_i \leftarrow X_{i-1} + X1_i \\ X \end{|$$

Інтервал агрегування:

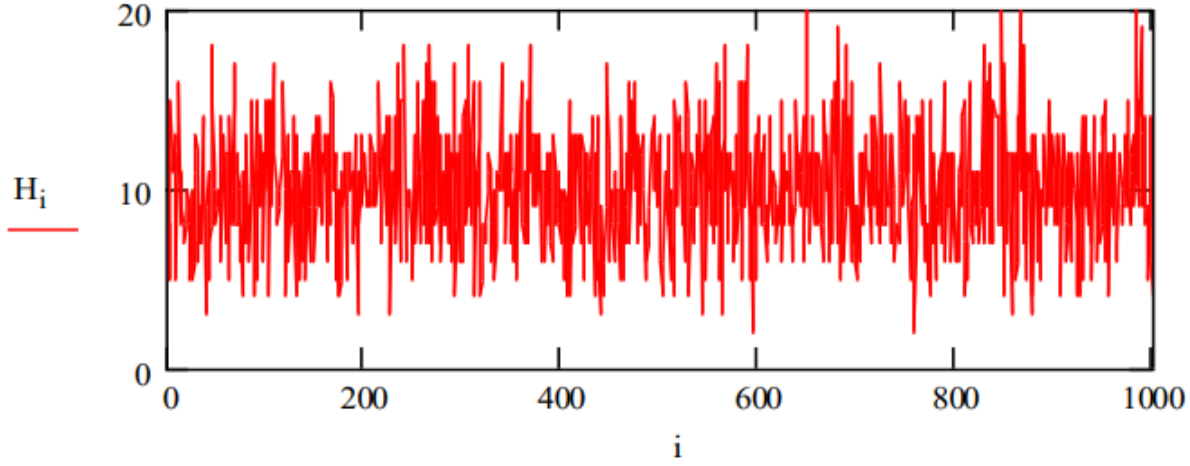
$$intvls(X, d) := \begin{| I_0 \leftarrow d \\ \text{for } i \in 1..\frac{max(X)}{d} \\ \quad I_i \leftarrow (i + 1)d \\ I \end{|$$

Реалізація процесу число подій за інтервал / довжина інтервалу:

$$m := 1 \qquad His(D, m) := \frac{hist(intvls(D, m), D)}{m} \qquad i := 0..rows(His(X(X1), m))$$

Побудова діаграми реалізації процесу:

$H := His(X(X1), 1) \qquad H1 := His(X(X1), 10) \qquad H2 := His(X(X1), 100)$



Оцінка коефіцієнта Херста:

$$f(m) := \log\left(\frac{\mathrm{var}(\mathrm{His}(X(X1), m))}{\mathrm{var}(\mathrm{His}(X(X1), 1))}\right) \qquad m := 1, 4..100 \qquad vx_m := \log(m) \qquad vy_m := f(m)$$

$$\mathrm{line}(vx, vy) = \begin{pmatrix} -5.168\times 10^{-3} \\ -0.885 \end{pmatrix} \qquad y(m) := \mathrm{line}(vx, vy)_1 \cdot m \qquad H := \frac{2 + \mathrm{line}(vx, vy)_1}{2} \qquad H = 0.558$$