

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Методи та засоби управління
мережевими ресурсами

(тема)

Виконав:

студент _____ II _____ курсу, групи _____ СПм-20-2 _____
Поліканов Д.А.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність _____
123 – Комп'ютерна інженерія
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-наукова _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____
Системне програмування
(повна назва освітньої програми)

Керівник: _____ доц. Іванісенко І.М. _____
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ЕОМ

_____ Коваленко А.А. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 123 – Комп'ютерна інженерія _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-наукова _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Системне програмування _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(Підпис)

" _____ " _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Поліканову Данилі Андрійовичу _____
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Методи та засоби управління мережевими ресурсами _____

затверджена наказом по університету від " 24 " березня 2022 р. № 413 Стз

2. Термін подання студентом роботи _____ 15 травня 2022 р. _____

3. Вхідні дані до роботи _____

Загальна структура мультисервісних мереж, вимоги до параметрів QoS,
сімейство протоколів IEEE 802.15, категорії мультимедійних навантажень (Stream Traffic),
характеристик основних типів трафіку, загальна структура мультисервісних
мереж, вимоги до параметрів QoS, пакет моделювання AnyLogic.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

Вступ.

Аналіз літератури та моделей і методів управління мережами.

Дослідження та аналіз трафіку в мережах M2M.

Аналіз та моделювання трафіку для сервісу M2M.

Висновки. Додаток.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів)

Презентація Powerpoint 15 слайдів.

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначку консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п./ п.	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літератури за темою роботи	25.03.22–30.03.22	
2	Постановка мети та задач роботи	31.03.22–02.04.22	
3	Дослідження та аналіз трафіку у M2M	03.04.22–12.04.22	
4	Моделювання трафіку для сервісу M2M	13.04.22–18.04.22	
5	Оцінка результатів моделювання	19.04.22–24.04.22	
6	Експериментальна частина	25.04.22–29.04.22	
7	Розрахункова частина	30.04.22–02.05.22	
8	Підготовка пояснювальної записки	03.05.22–06.05.22	
9	Розробка презентації та доповіді	07.05.22–09.05.22	
10	Подача роботи у ЕК	10.05.22	

Дата видачі завдання 25.03. 2022 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Іванісенко І.М.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 89 с., 38 рисунків, 7 таблиць, 15 джерел.

FRACTALS, SELF-SIMILARY TRAFFIC, HERST INDEX, SPECIAL PURPOSE NETWORKS, ANYLOGIC, QUEUING SYSTEMS, COMPUTER NETWORK, STATISTICAL PROPERTIES OF TRAFFIC

Мета кваліфікаційної роботи полягає у дослідженні моделей та методів обслуговування трафіку у M2M мережі.

У ході виконання кваліфікаційної роботи були проаналізовані вирішені такі задачі: проведено дослідження сучасного стану мережі M2M трафіку; виконаний аналіз трафіку в мережах M2M та проведений аналіз моделювання процесу обслуговування різних типів трафіку M2M у бездротовій мережі LTE з використанням системи моделювання AnyLogic. Тобто у роботі розглянутий M2M-трафік у бездротових мережах, а ефективним методом дослідження таких завдань є імітаційне моделювання, тому й проведений аналіз поточного стану ринку послуг IoT та M2M та розроблена імітаційна модель у середовищі AnyLogic, також проведене моделювання самоподібного трафіку СМО таких типів як $W/M/1/K$, $Pa/M/1/K$ з використанням розподілів Вейбулла та Парето відповідно.

ABSTRACT

Master's thesis: 89 pages, 38 figures, 7 tables, 15 sources.

FRACTALS, SELF-SIMILARY TRAFFIC, HERST INDEX, SPECIAL PURPOSE NETWORKS, ANYLOGIC, QUEUING SYSTEMS, COMPUTER NETWORK, STATISTICAL PROPERTIES OF TRAFFIC

The goal of qualifying work is to study the models and methods of traffic maintenance in the M2M network.

During the qualifying work the the following tasks were analyzed and solved: a study of the current state of the M2M traffic network was conducted; performed traffic analysis in M2M networks and carried out simulation analysis of the service process of various types of M2M traffic in the LTE wireless network using the AnyLogic modeling system. That is, in our work we considered M2M traffic in wireless networks, and an effective method of researching such tasks is simulation modeling, therefore, an analysis of the current state of the market for IoT and M2M services was carried out and a simulation model was developed in the AnyLogic environment, as well as simulation of self-similar CMO traffic of such types as W/M/1/K, Pa/M/1/K using Weibull and Pareto distributions, respectively.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРИ ТА МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖАМИ	11
1.1 Еволюція інфокомунікацій як об'єкта управління.....	11
1.2 Управління телекомунікаціями як технічна система	13
1.3 Концепція Інтернету речей та побудови локальної мережі IoT.....	16
1.3.1 Основи технологій M2M та IoT	19
1.4 Архітектура M2M мереж.....	26
1.5 Постановка мети та задач роботи	29
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ТРАФІКУ В МЕРЕЖАХ M2M.....	31
2.1 Особливості M2M трафіку	31
2.2 Аналіз існуючих вузькосмугових мереж для обслуговування пристроїв M2M.....	41
3 АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ТРАФІКА ДЛЯ СЕРВІСУ МЕРЕЖ M2M	57
3.1 Особливості моделювання самоподібного трафіку.....	57
3.2 Моделювання трафіку M2M для СМО типу W/M/1/∞ в Anylogic.....	59
3.3 Моделювання сервісу трафіку M2M як СМО типу Pa/M/1/∞ в Anylogic .	69
ВИСНОВКИ.....	78
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	79
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	81

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

MPLS – багатопротокольна комутація за мітками (англ., Multiprotocol Label Switching)

MWL – проміжний рівень (англ., MidWay Layer)

NGN – мережі наступного покоління (англ., Next Generation Networks)

OSPF – протокол динамічної маршрутизації по найкоротшому шляху (англ., Open Shortest Path First)

QoS – якість обслуговування (англ., Quality of Service)

GMPLS - Generalized Multiprotocol label Switching

IAB – рада регулювання діяльності в Internet і відповідає за розвиток набору протоколів Інтернет (англ., Internet Activities Board)

IMS - IP Multimedia Subsystem

ISO - International Organization for Standardization

IT- Information Technology

ITU – International Telecommunication Union

KPI – Key Performance Indicator

LoRaWan - Long Range Wide Area Networks

Wi-Fi - Wireless Fidelity

DSL - Digital Subscriber Line

GSM - Groupe Special Mobile

3GPP - 3rd Generation Partnership Project NGN

IEEE 802.15 - Institute of Electrical and Electronics Engineers 802.15

SRD - Short Range Device

ВСТУП

У теперішній час взаємодія між різними гаджетами без втручання людини використовується в багатьох сферах діяльності, таких як життєздатність, безпека, транспорт та охорона здоров'я. Ці пристрої передають інформацію про нові системи передачі мультимедіа, що робить їх активнішими. Термін M2M (Machine-to-Machine) використовується для позначення таких асоціацій у мережах передачі мультимедіа.

Найбільш переконливою є перевага M2M-активності віддалених систем. При демонстрації покращення широкомовного зв'язку найпрекрасніші можливості для організації адміністрування M2M дає інновація віддалених систем LTE. Дистанційний пристрій LTE спочатку призначався передачі голосу, інформації, звуку і відео даних. Замовниками цього нововведення були особи. В даний час LTE-пристрій обслуговуватиме і програмовані гаджети. Активність, що походить від клієнтів, називається H2H (індивідуально). У зв'язку розвитком діяльності M2M питання про її вплив на якість вигод у рамках домовленості стало значним. У той же час актуальним є завдання дослідження самого M2M-трафіку. В Інтернеті речей здатність ідентифікувати, збирати, обробляти та передавати дані забезпечує найбільш ефективно використання речей та надання послуг, заснованих на цих речах та різних додатках.

Сучасні інфокомунікації базуються на перетині трьох світових мегатрендів:

- конвергенція різних мереж електрозв'язку, створених у минулому столітті та єдиною гетерогенною мультисервісною інфокомунікаційною мережею, що стає сьогодні, наступного покоління NGN (Next Generation Network);
- забезпечення повсюдної мобільності та всеосяжності надання інфокомунікаційних послуг у будь-якій точці планети, у будь-який зручний кори-

стувачеві час та з будь-якою необхідною якістю;

- персоналізація мережевих сервісів та клієнтоцентрична модель їх надання з урахуванням інформації з баз знань абонентських профілів.

Ці три мегатренди вже визначають найближчі перспективи інфокомунікаційної галузі, що обслуговує різноманітних користувачів, одухотворених (мобільного та фіксованого зв'язку) та неживих (M2M комунікації, Інтернет речей). Сьогоднішні інфокомунікаційні мережі використовуються не так для передачі мови, як для забезпечення мобільності абонентів, звернення до баз знань у режимі on-line, перегляду відео, прослуховування музики, організації мультимедійного конференц-зв'язку, машина-машина комунікації (M2M), Інтернету речей (IoT), організації мережевих ігор та інших програм індустрії розваг у реальному масштабі часу, а також багатьох інших послуг сучасних мультисервісних мереж [1-3].

Поява гетерогенних надщільних мереж, з показниками, що досягають згідно з матеріалами 3GPP, значень близько 1 млн. пристроїв на 1 кв. кілометр, висока середня швидкість передачі даних — до 1 Гб/с при затримках до 1 мс, а також зростання загальної кількості пристроїв, прогнозоване до 2025 р. році близько 24 млрд. (в основному звичайно за рахунок IoT), все це радикально змінює архітектуру сучасних інфокомунікаційних мереж та принципи управління мережами п'ятого покоління, на появу яких за прогнозами експертів в Україні очікується вже у 2022 - 2023 роках.

Можливості управління в моделі Інтернету речей (IoT) охоплюють функції управління мережею, усунення несправностей у мережі, конфігурацію мережі та виставлення рахунків, а також управління якістю та безпекою мережі. Основними об'єктами управління є пристрої, локальні мережі та їх топологія, трафік та перевантаження у мережах.

Послуги з управління мережами M2M та Інтернетом речей, які дозволяють машинам обмінюватися інформацією один з одним для реалізації процедур та алгоритмів автоматизованого управління виробничими процесами, або передавати цю інформацію без участі або з обмеженою участю людини,

або з обмеженим втручанням людини як кінцевий користувач послуг M2M можуть надаватися операторами мереж та послуг M2M/IoT.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРИ ТА МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖАМИ

1.1 Еволюція інфокомунікацій як об'єкта управління

Технології IP (Internet Protocol) революційно змінили традиційну інфраструктуру ТФЗК (телефонної мережі загального користування) минулого століття. Хронологічно переломним моментом цих революційних перетворень, на думку автора, можна вважати появу релізів 5 і 6 міжнародного партнерства 3GPP, які започаткували роботу над завданнями конвергенції фіксованого та мобільного доменів у загальну архітектуру NGN, показану на рисунку 1.1.

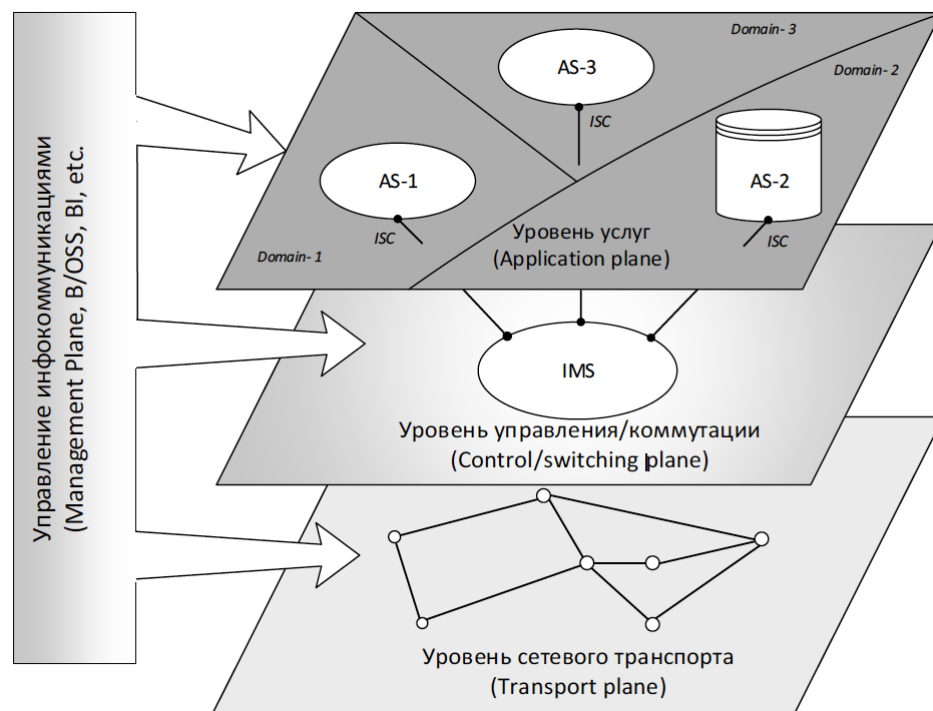


Рисунок 1.1 - Управління телекомунікаційною мережею

У першу групу (нижня площина) входять проблеми управління транспортною мережею, аналіз імовірно-тимчасових характеристик (ВВХ)

механізму керування тунелюванням у мережі IP/MPLS, забезпечення заданої якості обслуговування мультимедійного трафіку, розробка алгоритму ефективно організації тунелів у мережі IP/MPLS на підставі цього аналізу.

Дослідження мультиагентних самоорганізованих архітектур та процесів організації комутації та управління обслуговуванням викликів/сесій, розподілом та перерозподілом мультимедійного трафіку у мережі наступного покоління NGN сучасного телекомунікаційного Оператора, побудови ІТ-ландшафту такої мережі, перспективні системи технічного обліку управління базами даних мережевих елементів телекомунікаційної мережі становлять другу групу. Ця група відповідає другій площині на рисунку 1.1 – площині комутації та управління, що складається з мережевих елементів, що відповідають за встановлення з'єднання/організацію сесії, управління обслуговуванням викликів/сесій, розрив з'єднання/сесії, авторизацію, автентифікацію абонента, зберігання інформації користувача. Засобами системи управління на цьому рівні відпрацьовуються такі функції, як збирання та обробка статистики для білінгу (charging), модифікація підписок користувачів (provisioning), операційна підтримка мережі та управління мережею (O&M).

До третьої групи включено проблеми управління новими інфокомунікаційними послугами, машина-машин комунікаціями M2M, соціальними мережами тощо, найбільш перспективні методи вирішення яких базуються на мультиагентних системах та когнітивних мережевих архітектурах. Відповідно до принципів IMS на цій площині на рисунку 1.1 розташовані спеціалізовані серверні платформи додатків AS (Application Server), що функціонують як стандартні сервери додатків в IMS-середовищі з вже реалізованим ISC-інтерфейсом до IMS та відкритими API (Application Program Interfaces) до розробників сторонніх додатків. Вирішальним чинником тут стало те, що голос перетворився лише на одну з безлічі послуг поряд з Video Sharing, Instant Messaging, Presence, Gaming та всілякими варіантами Push to Talk + Push to X.

У розвиток технічних ідей, принципів, моделей та стандартів систем

управління значний внесок внесли та вносять розробки провідних світових компаній у галузі систем управління інфокомунікаціями, такі як OpenView від Hewlett-Packard, NetView від IBM, Unified Network Management Architecture (UNMA) від AT&T, Enterprise Management Architecture (EMA) від DEC та ін. управління, що взаємодіють один з одним, та використовує модель взаємозв'язку відкритих систем OSI (Open Systems Interconnection). У ній керовані об'єкти трактуються як ресурси, що підлягають впливам, що управляють, і мають свої атрибути. Для управління в мережі виділено п'ять функціональних областей: несправності, якість, конфігурація, безпека та фінансовий облік.

В рамках цієї моделі були розроблені два стандарти: CMIP (Common Management Information Protocol) CMIS (Common Management Information Service), які визначають загальний набір протоколів і послуг, що забезпечують обмін керуючою інформацією при взаємодії між керуючим процесом і керованим ресурсом з використанням загального набору повідомлень. Іншим стандартом є простий протокол мережного управління SNMP (Simple Network Management Protocol), розроблений IAB.

1.2 Управління телекомунікаціями як технічна система

Управління мережами зв'язку – це сукупність організаційно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення безвідмовного та узгодженого функціонування мережі зв'язку, у тому числі регулювання трафіку, спостереження та контроль стану мережевих елементів, каналів транспортної мережі та взаємодій вузлів, а також управління роботою додатків та надання нових інфокомунікаційних послуг.

При перекладі інженерною мовою це означає, що системи управління мережами зв'язку призначені для підтримки операційної діяльності телекомунікаційних операторів. До їх складу насамперед входять системи технічного обліку мережевих ресурсів NRI (Network Resource Inventory), системи

Fault Management (збору та обробки аварійних повідомлень), Trouble Ticketing (усунення несправностей різного роду), Fraud Management (боротьби з шахрайством), Performance Management (управління продуктивністю), Order Management (управління замовленнями на підключення та надання послуг) входять у симбіоз двох фундаментальних комплексних систем: системи підтримки операцій (OSS) та системи підтримки бізнесу (BSS).

Системи підтримки операцій охоплюють набір бізнес-процесів, які потрібні телекомунікаційному Оператору для забезпечення, моніторингу, аналізу та управління телекомунікаційною мережею; для контролю та усунення несправностей; для організації взаємодії користувача. По суті підтримка операцій включає все, що розуміється під терміном, що історично склався, управління мережею зв'язку - контроль і управління елементами мережі.

Системи підтримки бізнесу охоплюють технології, необхідні сервіс-провайдеру для того, щоб підтримувати взаємини з клієнтами, партнерами та постачальниками.

Кордон між підтримкою операцій та підтримкою бізнесу розмита: функції підтримки бізнесу є орієнтованими на клієнта підмножиною підтримки операцій. Процеси підтримки бізнесу, наприклад, отримуючи запит від клієнта на нову послугу, повинні перетікати в процеси підтримки операцій, щоб налаштувати ресурси, необхідні для надання цієї послуги. Системи підтримки часто позначаються як системи OSS/BSS.

Еволюцію управління мережею зв'язку можна простежити через вже згадані в попередньому параграфі стандарти: модель управління мережею зв'язку OSI, модель управління Інтернетом, архітектура TMN, моделі та стандарти TMF. Цілі та характер систем управління змінюються в ході цієї еволюції. На рисунку 1.2 показано три стадії сучасної еволюції систем керування телекомунікаційними мережами.

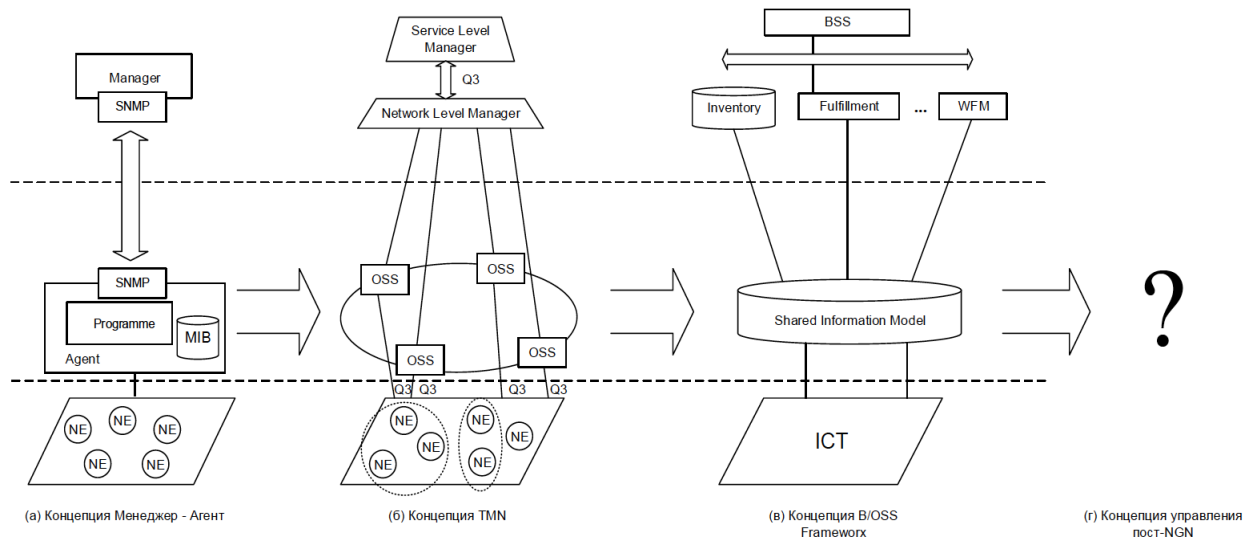


Рисунок 1.2 – Еволюція систем управління інфокомунікаціями від найпростіших структур «менеджер – агент» до складних розподілених структур

Спочатку стандарти OSI, моделі IETF та рекомендації ITU-T серії M базувалися на концепції Менеджер-Агент, як показано на рисунку 1.2 (а). Керований елемент моделі Менеджер-Агент представлений певним набором інформації, що називається Management Information Base (MIB). У рекомендації M.3010 дано визначення концепції Менеджер/Агент та описано багатосторонні відносини між ролями щодо інформаційної взаємодії та виконання. Як коротко сформульовано в [13], Агент повідомляє, а Менеджер управляє.

Наступна фаза еволюції на рисунку 1.2 (б) відповідає подальшому розвитку концепції TMN. Сучасна парадигма побудови систем управління телекомунікаціями у відповідність до останніх розробок TMForum представлений на рисунку 1.2 (в).

При всій спрощеності представленого на рисунку 1.2 підходу він адекватно відбиває етапи еволюції концепцій управління телекомунікаціями останніх років. Але і далі розглянуті в попередньому параграфі революційні перетворення в інфокомунікаційній індустрії продовжують відбуватися і дедалі більше прискорюються, зумовлюючи необхідність аналогічних за революційністю перетворень у системах управління послідовно за змінами парадигм а), б) і в), а потім відводячи їх далі вправо за межі цих трьох парадигм на рисунку 1.2, до поки що не специфікованої парадигми г.

1.3 Концепція Інтернету речей та побудови локальної мережі IoT

Інформаційно-телекомунікаційна система в сучасному світі стала не тільки як суспільство його невід'ємною частиною, але значною мірою визначає життя та розвиток. З кожним роком зростає попит на мобільні послуги, а також нові технології та нові послуги, які можуть поліпшити повсякденне життя людини.

"Речі" - це фізичний об'єкт (фізична річ або об'єкт у віртуальному світі, по суті: віртуальний, як мультимедійний контент або прикладна програма), який можна розрізнити та зв'язувати через комунікаційні мережі.

Міжнародна спілка електрозв'язку характеризує «пристрій», згідно з яким він має на увазі обладнання чи речі з фундаментальної пропускну здатністю та додатковими можливостями оцінки для керування речами, а також для вбудовування, зберігання та обробки інформації. Пристрої збирають різні типи даних і передають виклики системи передачі даних і зв'язку для попередньої обробки. Деякі пристрої виконують операції на основі даних, отриманих від систем зв'язку. Мережа речей, що високо цінується за можливості розпізнаваного доказу, збору, підготовки та передачі інформації, гарантує найвищу майстерність використання речей та організацію адміністрування, засновану на цих речах та різних додатках.

Отже, у довгостроковій перспективі Інтернет речей можна розглядати як напрямок технологічного та соціального розвитку людського суспільства. Розглянемо основні характеристики Інтернету речей [2,3].

Можливість створення посилання. Все може бути пов'язане із глобальною інформаційною та комунікаційною інфраструктурою.

Речі пов'язані з обслуговуванням. Інтернет речей дозволяє нам обслуговувати такі речі, як вроджені обмеження, захист особистого життя семантики, а також узгодженість між фізичними артефактами та їх віртуальними речами.

Неоднорідність. В Інтернеті пристрої можуть бути вбудовані в різне обладнання та програмне забезпечення, а також можуть мати різні проблеми з протоколом зв'язку. У цьому випадку IoT-пристрої повинні мати можливість підключатися до інших пристроїв, обмінюватись даними з різними мережами зв'язку.

Динамічні зміни. В Інтернеті речей стан пристроїв може змінюватися динамічно, наприклад, переходити в активний режим сну, підключатися/відключатися від мережі, а також може змінюватися кількість речей, їх положення та швидкість.

Кількість речей. Кількість пристроїв повинна керуватися та обмінюватися даними один з одним, принаймні на порядок більше, ніж кількість пристроїв, підключених до Інтернету на даний момент. Абсолютно зростає важливість управління даними та інтерпретації ІТ-додатків. Це семантика даних та їх фактична обробка. Еталонний стандарт IoT включає чотири рівні, що показані на рисунку 1.3.

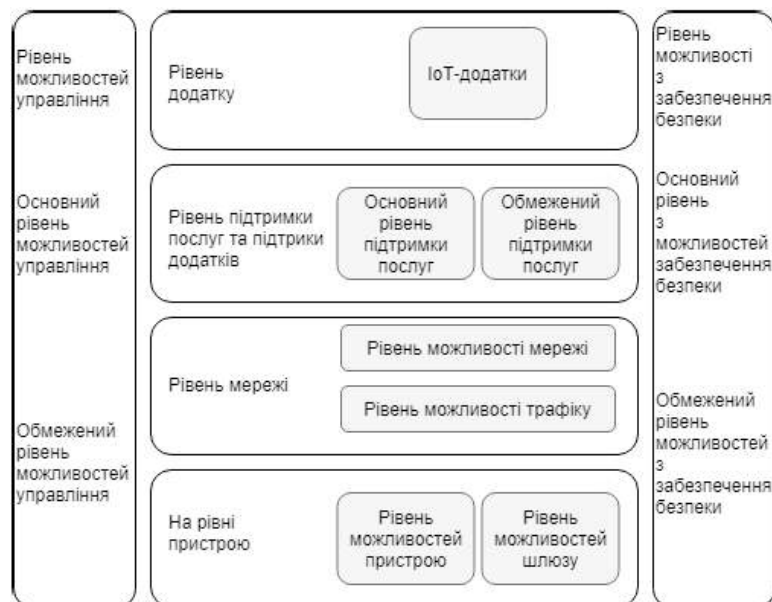


Рисунок 1.3 – Еталонна модель Інтернету речей

З рисунку бачимо чотири рівні, такі як:

- Рівень застосування.

- Рівні підтримки сервісів та додатків.
- Мережевий рівень.
- Рівень пристрою.

Слід зазначити, що функції управління та безпеки також поєднуються із цими чотирма рівнями.

Еталонна модель IoT від МСЕ-Т складається з чотирьох рівнів плюс можливості управління і безпеки, що діють між рівнями. До сих пір ми говорили про рівень пристрою. У термінах функціональності зв'язку рівень пристрою включає в себе, грубо кажучи, фізичний і канальний рівні OSI.

Рівень мережі виконує дві базові функції. Можливості мережі відносяться до взаємодії пристроїв і шлюзів. Транспортні можливості відносяться до транспорту інформації служб і додатків IoT, а також інформацією управління і контролю IoT.

Грубо кажучи, ці можливості відповідають мережевому і транспортному рівням OSI.

Рівень додатку складається з усіх додатків, взаємодіючих з IoT-пристроями.

Рівень можливостей управління охоплює традиційні функції управління мережею, тобто управління несправностями, управління конфігурацією, управління обліком, управління показниками роботи і управління безпекою.

Рівень програм містить програми IoT. Ці програми використовують пояснювальні процедури для перетворення інформації в роботизовані команди, що робить фізичні та віртуальні речі ефективнішими.

Рівень підтримки додатків і сервісів включає основні функції, які можуть використовуватися різними додатками IoT, такі як обробка або зберігання даних, а також спеціальні функції, розроблені для задоволення потреб конкретних додатків.

Рівень організації, який координує такі можливості, як організація управління активами, організація характеристик, організація транспорту та адміністрування переносимості, підтвердження, авторизація, реєстрація та про-

пускну спроможність, наприклад, надання мережі для обміну даними від різних адміністрацій та додатків IoT [4].

Рівень пристрою включає можливості шлюзів M2M і M2M. Корисність пристрою спрямована на координацію взаємодії з пристроєм зв'язку, обхідна взаємодія з пристроєм зв'язку через вхід організацію певних систем. У розширенні пристрою можуть посилити компоненти відпочинку та пробудження, щоб зберегти життєздатність.

Шлюз підтримує дротову та віддалену взаємодію з пристроями M2M, а також дротову та віддалену взаємодію з пристроєм (Ethernet, DSL, GSM, UMTS та LTE). Портал, крім того, підтримує перетворення угод, і якщо взаємодія з пристроями і взаємодія з можливістю компонування є відмінними. Можливості адміністрування у рамках моделі IoT включають організацію роботи, адміністрування, організацію розслідування, організацію, облік та нарахування плати, організацію управління якістю та безпекою. Найбільш важливими елементами управління є гаджети, системи довколишніх регіонів та їх топологія, активність та організація блокування.

Пристрої безпеки розділені на загальні та спеціалізовані зони. Загальні заходи безпеки є автономними для додатків та включають:

- рівень програми: авторизація, перевірка, гарантія та точність інформації програми, забезпечення інформації, контроль безпеки та антивірусний захист;
- рівень організації: авторизація, перевірка, безпека інформаційної безпеки;
- рівень обладнання: перевірка, авторизація, перевірка гаджета, отримання контролю, інформаційна безпека та цілісність інформації.

Конкретні функції безпеки тісно пов'язані із конкретними вимогами окремих додатків.

1.3.1 Основи технологій M2M та IoT

Дані датчиків управління платформою на основі технології M2M є обов'язковою основою об'єктної розробки в Інтернеті (IoT). Його невблаганний розвиток вимагає подальшого вдосконалення зв'язку M2M як частини мережі інфраструктури, що розширюється.

M2M може бути заснований на декількох досягненнях: стандартні системи GSM, які використовуються портативними адміністраторами, сучасні приватні інновації, такі як LoRa або 5G, та відомий супутниковий зв'язок. Всюдисуща структура Wi-Fi не є винятком: вона ідеально підходить для взаємодії з банкоматом або іншим стаціонарним гаджетом. У будь-якому випадку, численні різноманітні способи взаємодії не зробили об'єкти всесвітнього павутиння, і M2M.

Інновації M2M ефективно пов'язані в різних галузях, і зараз з'явилася їхня здатність приносити безпомилкові вигоди - отримувати більше або вкладати менше грошей.

Консервацію іншого виробу з використанням M2M було виявлено на одному з морських підприємств. У поєднанні з термінальним обладнанням VSAT для тривалого доступу до Інтернету було встановлено зв'язок між транспортними структурами та кадастровими офісами. Таким чином, транспортна компанія контролює використання палива, не допускаючи його «прослизування» з одного марного боку. Результат більш ніж той: до 70% менше використання палива.

Сучасні розумні міста справді стають частиною всесвітнього використання M2M-комунікацій. Інтерфейс різних систем дозволяє створювати безліч цінних домовленостей, і це абсолютно безкоштовно. Наприклад, обмін інформацією з камери на структуру адміністрування діяльності, яка дозволяє вам змінювати час бездіяльності вогнів активності відповідно до поточної діяльності та розповсюдження транспортних засобів на проїжджій частині.

У будь-якому випадку, найперспективніше - це доступність модулів зв'язку та повний комплект найдешевшого «t-engine» обладнання. В даний час все частіше автомобілі оснащуються різними датчиками та системами

введення. Таким чином, виробник має можливість перевіряти стан різних груп автомобілів. У розширенні, у разі аварії або викрадення автомобіля, звіт з оцінкою кризи може бути підготовлений у найкоротший термін. Зрештою, перевага геолокації відкриває сучасні мислимі результати для оптимізації вуличних транспортних засобів та має значення для перевірки водіїв, економії палива та безпеки транспорту [5].

Ідея Інтернету речей зародилася наприкінці ХХ століття. На перший погляд ідея видається простою: необмежену кількість речей, які беруть активну участь у нашому повсякденному житті, здатна створювати мережі для оптимізації та автоматизації виробничих, економічних та соціальних процесів.

Необхідно замінити поняття «прогрес» та «посилення» через нерозуміння різниці між Інтернетом та WWW. World Wide Web – це розподілена система, яка забезпечує доступ до документів, підключених до різних комп'ютерів. Можливість доступу до наданих документів з мовою розмітки HTML (Hypertext Markup Language). Стандартні HTML – файли (веб-сайт) – основний вид ресурсів всесвітньої павутини.

Текстові документи також не є складними, тому стандарти W3C були розроблені, і вони були ясні та зрозумілі, але єдиною системою адресних документів, URL/URI, HTML та HTTP були три речі, достатні для того, щоб людство могло спілкуватися

Використовуючи емігрантську термінологію, тільки Кевін Ештон, який запропонував концепцію речей в Інтернеті, як у 1999 році, не думав про мережу речей та речей в Інтернеті. Пізніше в 2009 році він писав: «Якби ми мали комп'ютери, які знали все, що ми знаємо про речі, збираючи дані про них без нашої допомоги, ми могли б більш ефективно контролювати все, що нас оточує. Нам необхідно посилити комп'ютери настільки, щоб ми могли чути і бачити світ у всьому його розмаїтості» [6].

Інтернет речей складається із слабо пов'язаних різномірних мереж, кожна з яких використовується для вирішення певних проблем. Наприклад, у

сучасних автомобілях є кілька ліній: одна контролює роботу двигуна, друга – систему безпеки, третя – підтримує зв'язок тощо. В офісних та житлових будинках встановлено безліч мереж для керування опаленням, вентиляцією, кондиціонуванням, телефоном, охороною, освітленням.

Архітектура Інтернету речей відрізняється в залежності від реалізації. Тим не менше вона дещо схожа на архітектуру класичних систем АСУТП. Один із прикладів архітектури показаний на рисунку 1.4.

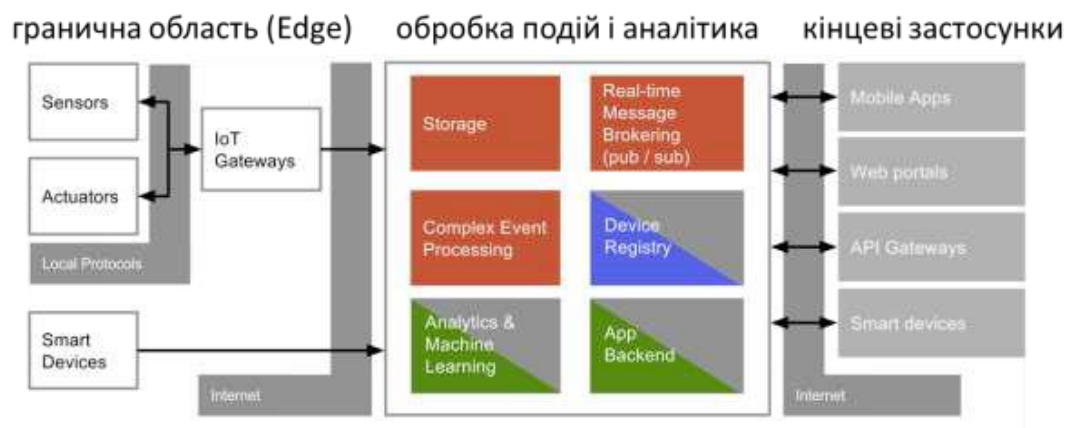


Рисунок 1.4 - Архітектура Інтернету Речей

Взаємодія з «речами» відбувається через датчики (sensors) та виконавчі механізми (Actuators), аналогічно як це робиться в АСУТП для будь якого об'єкту керування. Ці датчики разом з усією інфраструктурою для інтеграції з рівнем обробки подій через мережу Internet формують так звану граничну область (Edge).

Події (дані) що поступають з граничної області зберігаються і обробляються відповідно до задачі (рівень обробки подій і аналітики, event processing, Platform). На цьому рівні події(дані) зберігаються (storage), обробляються (Event Processing), перенаправляються потрібним додаткам (Real-Time Message Brokering, Stream Processing). Додатково на цьому рівні відбувається адміністрування та керування пристроями з граничної області (Device Registry, Edge Device Management). Події (дані) обробляються з використанням аналітичних сервісів (Analytics) на основі них проводиться машинне на-

вчання (Machine Learning), що дозволяє зробити певні висновки про об'єкт. Цей рівень як правило реалізований з використанням хмарних (Cloud) або туманних (Fog) обчислень. Якщо провести аналогію з АСУТП, то це рівень контролерів та SCADA (за виключенням функцій HMI).

На рисунку 1.5 показана подібна наведеній вище архітектура, однак у вигляді сервісів. На ньому область Edge представлений у вигляді датчиків (Sensors), Device Hub/Gateway (збір та маршрутизація даних) та Device Management (керування пристроями). Останні частково виконуються як хмарні обчислення так і на граничних пристроях.

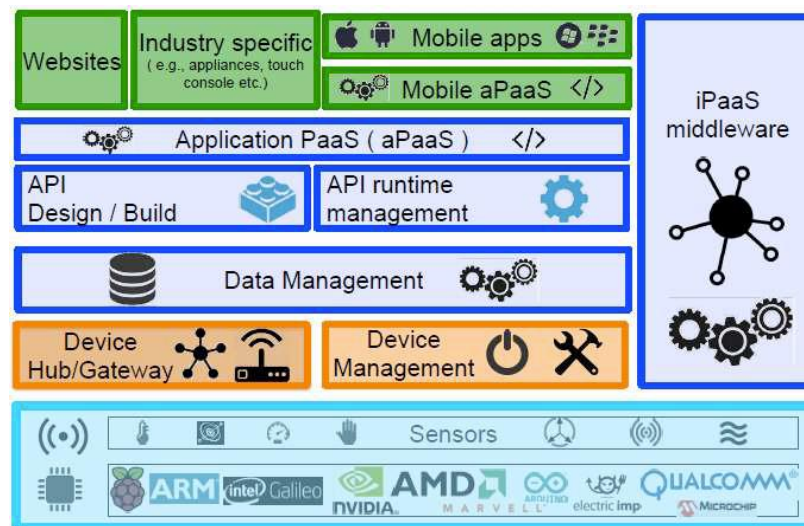


Рисунок 1.5 - Архітектура у вигляді сервісів

Ще один приклад архітектури Інтернету Речей показаний на рисунку 1.6. Як видно, усі наведені архітектури мають спільні риси: наявність трьох рівнів, подібні функції, наявність хмарних обчислень, використання Інтернету як інтеграційного рівня.

Для надання послуг M2M можна використовувати як спеціалізовану мережу M2M, створену постачальниками послуг M2M і вже доступну у операторів мереж LTE, так і платформу IMS.

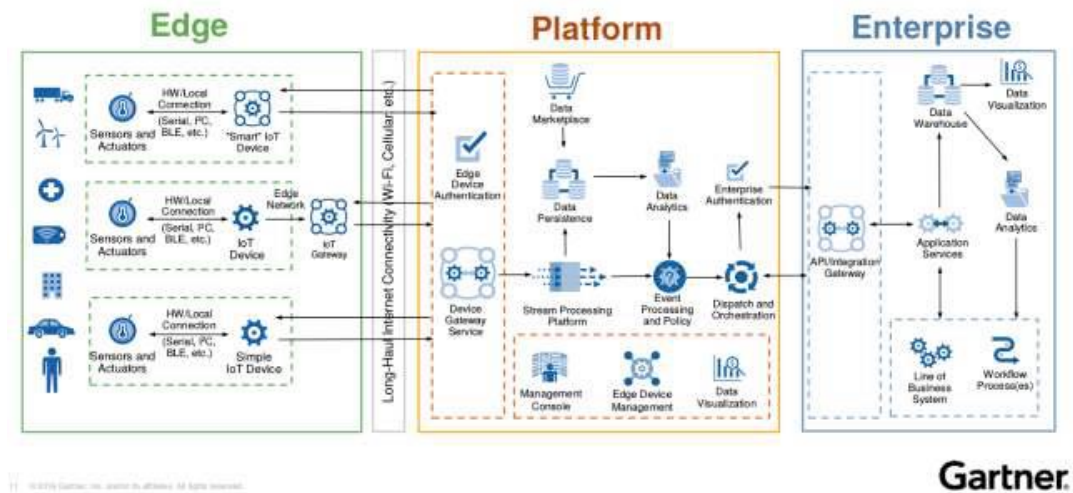


Рисунок 1.6 - Архітектура Інтернету речей (Gartner group)

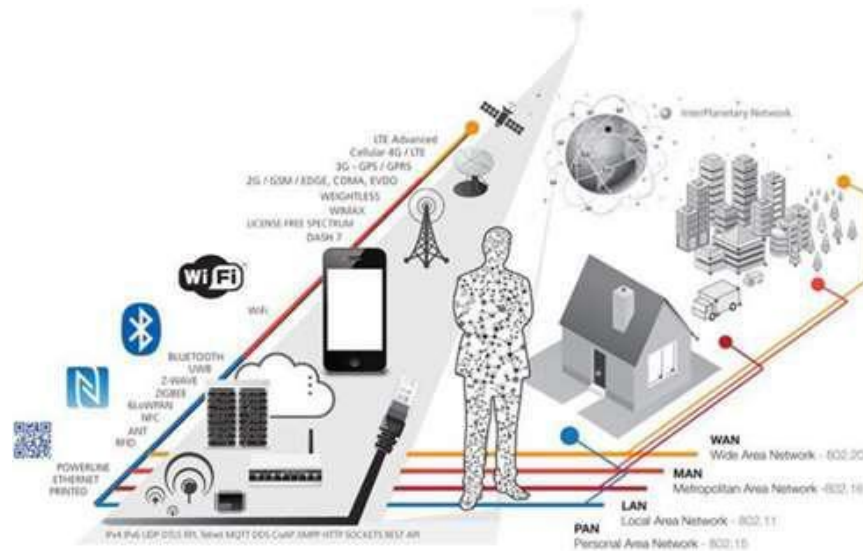


Рисунок 1.7 - Варіанти підключення IoT до існуючих мереж

Основна відмінність M2M від IoT - концепція, що включає ширше застосування технології M2M (від машини до машини). Сегмент M2M значною мірою заснований на концепції IoT і першому етапі розробки фактично був еквівалентний M2M.

Успішне впровадження інтегрованих Інтернет-рішень – це окремий і незалежний процес. Cisco визнає, що для цього потрібен спеціалізований комерційний етап, на якому можна буде легко вжити різних заходів для успішного та ефективного отримання гарантованих комерційних вигод. Така онлайн-стадія заснована на міцній комунікаційній та інноваційній структурі,

оперативному та адміністративному адмініструванні, а також на безлічі вертикальних та плоских схем. Можливості Cisco повинні дати потрібний результат для всіх спеціалізованих та комерційних елементів Інтернету. Ефективне надсилання складних веб-фреймворків дає можливість всій галузі або всім підприємствам розширити можливості надзвичайно цінних механізмів IoT.

Рівні, починаючи знизу:

- мережеві з'єднання - сполучати всі домовленості, інформацію та додатки з використанням волокнино-оптичних кабелів або авторизованої стільникової мережі;
- пристрій з контрольованим доступом до пристрою Wi-Fi або інший віддалений пристрій для проходження через усі датчики та програми;
- інноваційний етап може бути етапом, який дає швидкий і надійний зв'язок з дизайном гаджетів, що не використовуються, за принципом «подвійний».
- ігровий», а також з хмарними можливостями та службами підготовки інформації;
- вертикальні та рівневі пристрої - набір пристроїв та додатків, які пропонують цікаві пристрої для різних вертикальних та рівневих секторів індустрії;
- стадія монетизації може використовувати стадію для формування нових джерел заробітної плати у кількох вертикалях, таких як дослідні міста та сегмент B2C;
- загальний етап адміністрування може бути загальним етапом, який дає адміністрування, вигоду для клієнта та адміністрування для всіх рішень.
- професійні послуги-спеціальні послуги, такі як системна інтеграція, проектування та інжиніринг.

Управління проектами - послуги з управління проектами, операції та партнери з екосистеми. Успішне відправлення домовленостей та величезні потенційні переваги мережі координат не залежать виключно від навчальних

предметів та додатків. Для реалізації думок та бажань потрібен комплексний спеціалізований, операційний та організаційний етап для Інтернету. - Загальна платформа управління може бути загальним етапом, який дає адміністрування, вигоду для клієнта та адміністрування для всіх рішень. - досвідчене адміністрування - незвичайне адміністрування, таке як інтеграція фреймворку, планування та проектування.

1.4 Архітектура M2M мереж

IoT - концепція, що передбачає широке використання технології M2M (machine-to-machine). Існує кілька еталонних архітектур та моделей як для систем M2M, так і для систем введення-виведення". Розглянемо високорівневу архітектуру ETSI M2M. функціональних груп (наприклад, пристроїв m2m, шлюзи), тоді як інші функціональні групи не мають топологічно специфічного розміщення.

Системи M2M характеризуються як системи, які взаємодіють із кінцевими точками, які працюють без участі людини або з обмеженою участю людини, або з обмеженою людською участю, або з обмеженим людським посередництвом як кінцевий клієнт (рисунок 1.8).

Основна відмінність мереж M2M від мобільного зв'язку - низький рівень трафіку кінцевих пристроїв та необхідність підключення величезної кількості кінцевих пристроїв у мережі, що значно перевищує кількість абонентів мереж мобільного зв'язку. Крім цих доменів, мережа M2M включає себе мережу доступу та транспортну мережу, засновану на мережах 3GPP та NGN.

У архітектурі M2M основними елементами є мережевий домен, а також пристрої та шлюзи [8-11]. Основна відмінність мереж M2M від мобільного зв'язку - низький рівень трафіку кінцевих пристроїв та необхідність підключення величезної кількості кінцевих пристроїв у мережі, що значно перевищує кількість абонентів мереж мобільного зв'язку. ETSI M2M розглядає перший тип мережі, який вони назвали M2M-мережами.

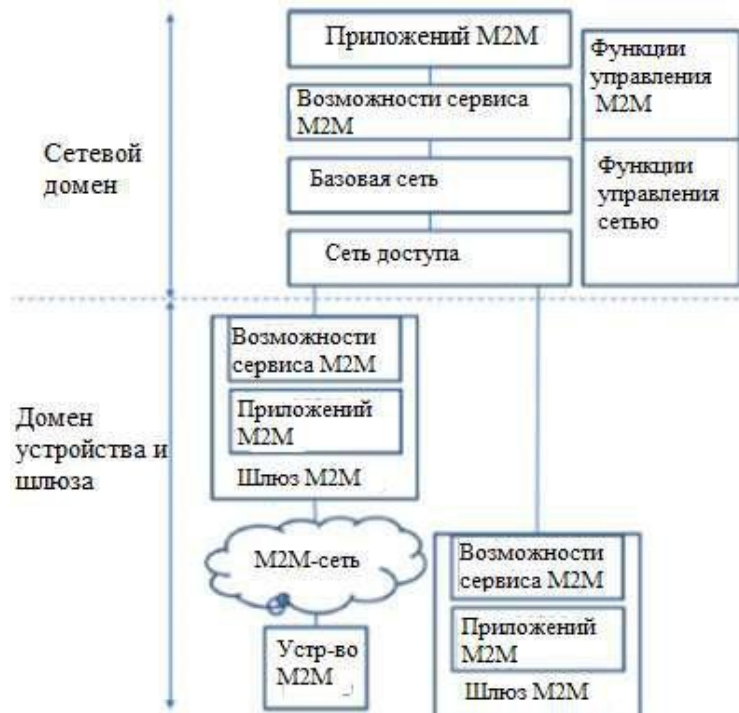


Рисунок 1.8 – Архітектура високого рівня

Проектування систем M2M поділено на три області: простір кінцевих точок M2M (простір для розміщення капілярів), простір для організації (організація по центру, M2M) та простір для додатків M2M. Структура та функціональна сумісність більшості організованих просторів M2M показані на рисунку 1.9.

Кінцеві точки M2M дозволяють швидко організувати адміністрування, а також використовувати ці адміністрації та використовувати простір для розміщення. Пристрій M2M можна зв'язати з мережею для організації безпосередньо або через найближчий шлюз M2M. M2M LAN забезпечує зв'язок між кінцевими точками M2M та шлюзами M2M.

Локальна мережа M2M забезпечує зв'язок між кінцевими пристроями M2M та шлюзами M2M. Приклади локальних мереж: мережа PAN (IEEE 802.15, SRD, UWB, Zigbee, Bluetooth) або PLC, M-BUS, бездротові мережі M-BUS.

Шлюзи M2M надають кінцеві точки M2M з гарантованою мережею та

мережею для центру організації та простору додатків. Портал M2M можна використовувати для різних програм M2M та пристроїв виведення. Практично шлюз M2M поєднується в один модуль з кінцевим пристроєм M2M або сукупністю таких пристроїв.

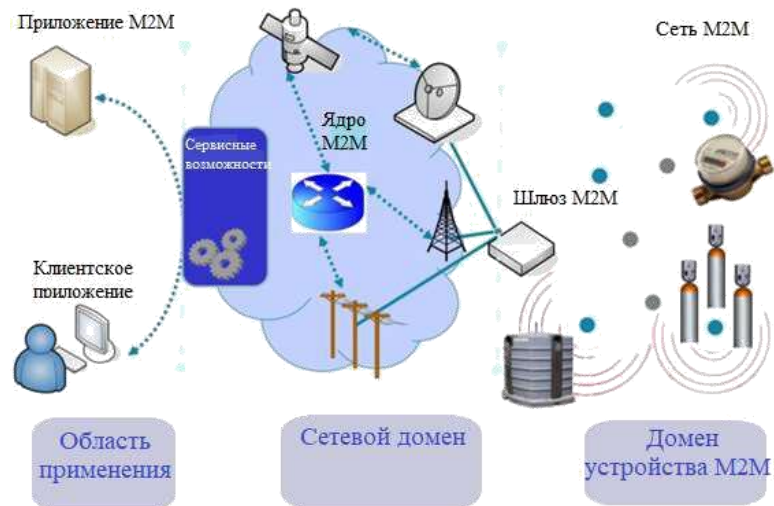


Рисунок 1.9 - Взаємодія з мережевим доменом M2M

Організація на основі M2M: надає мережу M2M-IP, забезпечує адміністрування, адміністрування та можливості, функціональну сумісність, блокування та безпеку. Корисність організації на основі M2M ґрунтується на порівнянні характеристик існуючих систем на основі 3GPP-CN (наприклад, GPRS, EPC, ETSI TISPAN CN) [9].

Модулі переваг M2M: реалізовані в центрі M2M, вони організують та пропонують можливості для виконання функцій, які можуть об'єднувати різні програми. Вони спілкуються через відкритий інтерфейс M2M. На додаток до своїх можливостей організації M2M, він розширює можливості фундаментальної організації, а також 3GPP та TISPAN. Дає можливість розплутати та оптимізувати використовувані програми та адміністрування M2M. Більшість можливостей центру M2M (можливості вигоди), що виконуються шляхом порівняння корисних модулів M2M, включають таке:

- керування додатками;

- загальний зв'язок;
- забезпечення доступності пристроїв/шлюзів, адресація та зберігання даних, доступність, адресація та репозиторій;
- вибір звітів;
- дистанційне керування
- віддалене керування об'єктами;
- безпека;
- історія та збереження даних;
- керування транзакціями запитів;
- компенсація контролю компенсації Брокер;
- відкриття базової мережі операторам зв'язку-Telco Operator Exposure.

Зважаючи на всі викладені вище питання, очевидно, що дослідження сучасного стану мережі M2M-трафіку, аналіз трафіку в M2M-мережах, відкриття концепції самоподібного трафіку, аналіз моделювання процесу обслуговування різних типів M2M, зокрема Вейбулла та Парето, що розподіляє трафік у бездротовій мережі LTE за допомогою системи моделювання AnyLogic є актуальним.

1.5 Постановка мети та задач роботи

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження моделей та методів обслуговування трафіку у M2M мережі.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести дослідження сучасного стану мережі M2M трафіку;
- виконати аналіз трафіку в мережах M2M;
- зробити аналіз моделювання процесу обслуговування різних типів трафіку M2M у бездротовій мережі LTE з використанням системи моделювання AnyLogic.

Тобто у роботі нам треба розглянути M2M-трафік у бездротових мережах. Ефективним методом дослідження таких завдань є імітаційне моделю-

вання, тому треба провести аналіз поточного стану ринку послуг IoT та M2M, розробити імітаційну модель у середовищі AnyLogic та провести моделювання самоподібного трафіку СМО (системи масового обслуговування) таких типів як $W/M/1/K$, $Pa/M/1/K$ з використанням розподілів Вейбулла та Парето відповідно.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ТРАФІКУ В МЕРЕЖАХ M2M

2.1 Особливості M2M трафіку

У рамках аналізу характеристик трафіку даних, що генеруються в мережах M2M, необхідно визначити трафік на різних рівнях мережі M2M в залежності від програми (Вертикальний ринок) [11].

Основні елементи архітектури мережі M2M розділені на три області: польовий пристрій M2M (локальна мережа); мережеве поле (середина мережі M2M) та сфера дії [12-13]. На додаток до діапазону мереж M2M, включаючи доступ до мережі (дротовий або бездротовий) та мережу передачі, засновану на мережах бездротового доступу 3GPP або мережах доступу NGN.

Посилання в ланцюжку кінцевих користувачів, "машина-машина" (M2M) або відносини з точки зору типу взаємодії машини з обміном Машинні дані (класифікація 3GPP-MTC (зв'язок типу машини)), у роках попереду він буде займати значну частину трафіку в майбутніх бездротових мережах – до 40%, порівняно з нинішніми 3-5%.

Ця взаємодія має суттєві відмінності як в обох моделях, так і щодо напрямку трафіку, залежно від типу драйвера для кінцевих користувачів, «людина-людина» (H2N), де більшість виробничих ліній відеосервісу - більше 67-75%.

Таким чином, у мобільних мережах ситуація, при якій пристрої M2M та смартфони повинні мати однаковий доступ до інфраструктури мережі 3GPP, однак поточна мережа телефону розроблена та керується для передачі даних зі смартфоном у ланцюжках, кінцеві користувачі H2N.

Отже, в найближчому майбутньому кількість мобільних широкосмугових пристроїв M2M може бути набагато більшою за кількість популярних смартфонів, і оператори мобільних мереж стикаються з проблемами, пов'язаними з ефективним використанням доступних веб-ресурсів у спробі зробити

трафік гетерогенні, з пристроями M2M і смартфонами [13].

Характеристики активності M2M відрізняються від існуючого організованого трафіку, заснованого на демонстрації взаємодії «людина-людина» в рамках наскрізного ланцюжка клієнта E2E ("end-to-end"). Модель взаємодії ґрунтується на відношенні «людина-людина» (2H) узгодженості створеної активності з погляду тривалості сеансу, суми інформації та повторюваності взаємодії. Нормальність діяльності M2M базується на машинах, випадки взаємодії між машинами матимуть свої особливості.

Найбільш помітна відмінність між трафіком і M2M полягає в тому, що розмір інформаційної посилки, що передається, зазвичай дуже малий, оскільки це були багато (сотні) байтів, і залежить від характеру інформації, виробленої додатком M2M. Оскільки більшість пристроїв M2M передають інформацію з певного датчика, таку як температура, липкість, інформаційні пакети, що передаються через систему, які містять інформацію оцінки угоди про переваги. Всередині системи мережної активності інформація про адміністрації, що використовуються, зберігається в межах організації якнайменше, а інформація про реальну активність цінних даних - залежно від часу використання.

Аналіз бізнес-моделей послуг M2M показує, що 90% пристроїв M2M є стаціонарними пристроями та нерухомі у просторі. Характерним моментом для гаджетів M2M є те, що в окремому випадку адміністрацій відеоспостереження вони виробляють виключно обсяги мукання в порівнянні з адміністраціями інтерактивних медіа H2N. Отже, звичайні датчики, які оцінюють використання життєздатності та комунальних ресурсів - тепла, світла, води, виробляють від 200-500 байт щогодини [14] до 6 КБ на мініатюру, тому нормальний гаджет M2M виробляє при нормальних 266 МБ активності на місяць.

Розподіл M2M-трафіку мережами з різними технологіями в залежності від використовуваної бізнес-моделі (додатки) показано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Розподіл M2M-трафіку мереж різних технологій

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

Аналіз таблиці 2.1 показує, що, незважаючи на дешевизну та широку пропозицію на ринку пристроїв M2M з бездротовими модулями 2G, поступовий перехід на використання радіомодулів 3G та 4G, викликаний зростанням трафіку через нові програми M2M у ряді галузей та нестачею ресурсів мереж 2G для таких додатків.

Широкий спектр послуг, що надаються користувачам мобільної мережі LTE, і в той же час, обмежений частотний діапазон ставлять перед операторами мобільного зв'язку завдання управління мережевими ресурсами для забезпечення необхідної якості обслуговування. Збільшення з кожним роком частки трафіку даних між машинами викликає необхідність вирішення цієї проблеми не тільки на основі в основному для мобільних мереж трафіку між користувачами (Human-to-Human, H2H), але і з урахуванням трафіку міжмашиної взаємодії (Machine-to-Machine, M2M).

M2M надає понад п'ятдесят варіантів використання, включаючи інтелектуальні датчики (для електрики, газу, води), управління об'єктами, системи охоронної та пожежної сигналізації для домашньої та комерційної нерухомості, персональні електронні датчики здоров'я, системи стеження за людьми, тваринами або об'єктами, об'єкти інфраструктури. розумного міста.

Таблиця 2.2 – Основні характеристики M2M – трафіку

Характеристики трафіку.	Особливості мереж та трафіку
Величезна кількість пристроїв M2M (мільйони у мережі оператора)	Висока ступінь використання транспортної мережі/Спільна обробка даних
Невеликий обсяг трафіку, що генерується окремим пристроєм M2M під час передачі даних (кілька сотень байт)	Низьке використання ресурсів/Мережі радіо доступу 3GPP
Асиметричний обсяг трафіку (переважно від пристроїв M2M у мережу)	Незручність в обсязі активності, передається по низхідним каналам від M2M-організації до M2M-пристрою та висхідної лінії від M2M-пристроїв до M2M-пристрою / Повинен точно оцінювати швидкість передачі в низхідному та висхідному каналах для оптимізації
Нерегулярний та зосереджений на окремих тимчасових відрізках трафік (схема передачі "згустків" даних)	Проблеми з точним моделюванням активності / Відтворення загальної активності з кожного кластера портативного інформаційного пристрою
Вимоги до гнучкості щодо часу доставки (більшість повідомлень контролюються вчасно)	Проблеми з точним моделюванням активності / Відтворення загальної активності з кожного кластера портативного інформаційного пристрою
Груповий доступ (більшість пристроїв M2M мають близьке розташування)	Групуйте різні типи пристроїв M2M/Комплексне відображення та потік трафіку, а також QoS для цих типів пристроїв
Різноманітність рівнів QoS для даних M2M (від що виходять до певного часу)	Відмінності в вимоги гарантованого Рівня QoS/Стандартизованою класифікації

Аналіз таблиці 2.2. показує, що для трафіку в ланцюжку кінцевих користувачів "машина-машина" (M2M) існують значні відмінності тип передачі даних у порівнянні з даними для ланцюжка користувачів типу «людина-людина», принаймні, сім з наступних областей. Тому при аналізі діяльності оператора M2M та мережі доступу оператора на основі мобільних мереж необхідно враховувати проблеми ринку M2M, нові моделі трафіку та сценарії моделювання.

Найкращі підходи до збору інформації з пристроїв M2M в одній вертикальній галузі та її використання в додатках M2M в інших вертикальних компаніях, що базуються на величезних інформаційних моделях, вимагають сучасних механізмів для створення систем на рівні систем M2M різних компаній.

Розгляд діяльності, створеної в системах M2M, при наданні адміністрацій M2M є наслідком характеристик [14]:

- технічна сторона взаємодії пристроїв M2M з пристроєм M2M та короткий термін зустрічей;
- невелика сума обміну інформацією, що вимагає невеликої пропускної здатності в межах об'єкта для організації величезної кількості пов'язаних пристроїв M2M;
- мукання переносимості пристроїв End-M2M або їх відсутність, а також мукання руху в онлайн-загоні за рахунок корисної активності програми;
- попередні умови одночасної організації мережі із великої групи пристроїв M2M;
- низьке енергоспоживання терміналів M2M за рахунок низької відвідуваності;
- низька керованість обчислювальних додатків та пристроїв M2M;
- найвищі вимоги до інформаційної безпеки.

Важливо вимагати розгляду того факту, що відмінні програми M2M характеризуються відмінними назвами використання та заголовками передачі активності, а моделі активності на шляху до систем універсальних систем повинні враховувати ці характеристики. Наприклад, при налаштуванні банкомату банківського рахунку клієнта, щоб сформулювати запит до структури центрального банку, обмінятися невеликою сумою інформації і, таким чином, сервер робить внесок, як це було з сертифікатом авторизації картки. та сума, видана банкоматом.

Інший випадок програми M2M може безперервно створюватися як частина структури безпеки та гарантії, такої як відеоспостереження, відеопотік

на відеосервер. Інформаційний потік, що створюється, може мати вирішальне значення, особливо коли для зображень високої чіткості потрібні об'єкти високої чіткості.

Відстежити можна як вантажі, а й промислові об'єкти - встановивши модуль передачі інформації про місцезнаходження. Датчики можуть надсилати інформацію про склад кормів для тварин, про матеріал певних компонентів, а потім збирати дані для аналізу.

Говорячи про програми для розумного будинку, слід зазначити, що вони зазвичай використовуються на основі технологій ближньої дії, таких як Z-Wave та ZigBee, а підключення до Інтернету відбувається через домашній шлюз.

Результати якісної оцінки трафіку від пристроїв M2M при наданні послуг M2M для різних вертикальних ринків наведено в таблиці 2.3.

Аналіз цієї таблиці показує, що M2M-трафік здебільшого нижче, ніж трафік, що генерується абонентами обслуговування людей.

Різноманітні плани дій, створювані програмами M2M, представлені в таблиці 2.4. Як видно з таблиці, різні види програм M2M на маршрутах «вниз» і «вгору» пояснюють різні обсяги активності, на відміну від адміністрування H2H, де голосова активність, як правило, становить від 50 до 50.

Таким чином, дії з програми M2M, які подорожують через доступ до систем портативних адміністраторів, блокуються в межах фронту та піднімають канали доступу для організації. Згідно з оцінками [15], нормальна пропорція інформаційної активності M2M між низхідною та висхідною лініями зв'язку становить 10% і 90% окремо.

Через спотворення активності, викликаного додатками M2M між переднім та підвищуючим каналами, універсальна організація, що використовує інновації TDD, матиме перевагу перед системами LTE, які використовують інновації Recurrence Duplex Channel (FDD).

Таблиця 2.3 – Результати якісної оцінки обсягу трафіку

Вертикальний ринок	Порівняльна оцінка обсягу трафіку для M2M додатків
Енергія та безпека	Вимірювальне обладнання (○). Комерційні та приватні системи безпеки та цінні папери (●). Системи автомобільної безпеки (○).
Авто / Транспорт	Автобезпека (○). Управління комерційним транспортом (○). Дистанційна діагностика (○).
Здоров'я	Моніторинг домашнього здоров'я (○). Віддалена відеоконсультація лікаря (○).
Фінанси / Роздріб	POS-термінали (○ та ●). Банкомати/кіоски (○). Торговельний автомат (○).
Виробництво	Діагностика обладнання та телеметрія (○). Майно, контейнери та вантаж (○). Управління та відстеження капіталовкладень (○). Кабінет обліку товарів (○).
Побутова електроніка	Персональні навігатори, електронні книги - планшети, нашийники для тварин (○ та ●).
<p>○ - менше середнього обсягу трафіку в мережах N2N. ● - більше середнього обсягу трафіку в мережах N2N.</p>	

Системи TDD дозволяють перерозподіляти частотно-часовий актив і, таким чином, активність між прямим і зворотним каналами в пропорції від одного до восьми, і ідеально використовувати актив, що повторюється, для організації адміністрацій M2M. У таких умовах системи FDD працюють марнотратно, прямий інтерфейс перевантажений, а зворотне з'єднання перевантажено.

У 2023 році кількість мобільних підключень M2M (без урахування вузькосмугового Інтернету речей) перевищить 733 мільйони у всьому світі. Це становить близько 8,1% усіх запланованих стільникових підключень порівняно з 4,2% у 2019 році.

Таблиця 2.4 - Різні моделі мереж, що формуються програмами M2M

Модель трафіку даних	Приклади додатків M2M та коефіцієнт відвідуваності
Невеликий обсяг трафіку на лінії «вниз» та «вгору»	Система обліку енергоресурсів (20% та 80%)
Невеликий обсяг трафіку на лінії "вниз" і великий обсяг трафіку на лінії "вгору".	Відеоспостереження (0,1% та 99,9%)
Великий обсяг трафіку по лінії «вниз» та «вгору» Великий обсяг трафіку на лінії «вниз» та невеликий обсяг трафіку	Віддалена відеоконсультація з лікарем (50% та 50%) Відеореклама, навігація (99,9% та 0,1%)

Кількість M2M-з'єднань (машина-машина) до 2023 року становитиме 733 мільйони в усьому світі, а загальний світовий дохід від послуг M2M досягне 67 мільярдів доларів, при цьому технологія LTE домінуватиме - їх буде 212 мільйонів M2M-підключень за п'ять років. За словами основних операторів, 3G, як і раніше, є домінуючою технологією, перехід на LTE відбудеться, але з невеликою затримкою.

Відповідно до звіту дослідницької компанії Ovum, річний оборот глобальних сервісів M2M до 2023 року має перевищити 67 мільярдів доларів, тоді як річний темп зростання загального обороту сервісів M2M становитиме 13,3%. Вищі доходи очікуються в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні - (22 мільярди доларів), Північній Америці (16 мільярдів доларів) та Західній Європі (14 мільярдів доларів).

Системи LTE мають ряд налаштувань, які дозволяють клієнтам M2M емігрувати з 2G/3G до LTE. Наприклад, для деяких програм M2M, таких як відеоспостереження, передачі відеоматеріалу на комп'ютеризовані інформаційні табло, може знадобитися висока швидкість передачі інформації. Як ви знаєте, швидкість обміну інформацією системах LTE у сотні разів вище, ніж у системах 2G, і може забезпечувати передачу відео з високою стабільністю, необхідною у відкритих системах безпеки та низці комерційних додатків.

Інша, ймовірно, більш важлива перевага систем LTE - це в 10 разів

швидший час реакції, часто це час, необхідний для того, щоб прапор від пристрою M2M досяг сервера через переносний операторський механізм і повернувся назад. Для всесвітньої структури універсальних систем зв'язку затримка реакції становить майже 150 мс, для комплексних портативних систем зв'язку - 50 мс, для систем LTE - 10 мс. Бездіяльність M_{oo} є обов'язковою умовою для додатків, M2M, спостереження за тендітним обладнанням у реальному часі, а також для оповіщення та керування механічним обладнанням.

Величезна перевага перед системами 2G / 3G з погляду інформаційної активності та відхилених систем M2M виходить у системах TD-LTE через здатність змінювати розподіл організаційних активів в результаті адаптованості в рамках використання кількості отворів. , Як результат, симетрична активність у висхідному та низхідному каналах зв'язку. Кількість таких сценаріїв початкового виділення TD-LTE включає 7 випадків використання від 8:1 до 2:2 [15].

Ключовою перевагою схеми LTE є, крім того, «життєвий цикл» інновації, який розпочався довгий час після розвитку 2G/3G і створювався протягом 10-20 років. Відомо, що на транспорті використовується безліч пристроїв M2M, а для механічного обладнання потрібен термін служби щонайменше 10 днів, а системи 2G знаходяться у стадії підготовки до дозрівання. Винятково ймовірно, що з розвитком голосового зв'язку в системах LTE прихильники перейдуть від систем 2G, і в цьому випадку модулі 2G вимагатимуть заміни модулів 4G, що може вимагати додаткових витрат. Таким чином, вищий струм модулів LTE може бути врівноважений нижчими експлуатаційними витратами в майбутньому.

Ще одна перевага нововведень LTE – це нижчі витрати на підтримку M2M у майбутньому. Враховуючи, що інновації LTE повністю обмінюються і працюють через IP, а також здатність застосовувати стандарти систем, що самоорганізуються, системи M2M, засновані на організації LTE, менш вимогливі і дешевше в будівництві, роботі та розвитку. У розширенні зазначено 44 групи повторення для систем LTE, і вони мають більш високу жахливу продуктив-

ність у порівнянні з нововведеннями GSM та HSPA (GSM -1-1,5 біт/с/Гц, HSPA-2,2 біт/с/Гц, LTE -5 біт/с/Гц). Всі ці особливості пропонують допомогу у зниженні капітальних та експлуатаційних витрат універсальної системи та, як наслідок, зменшення кількості операцій обміну одним інформаційним бітом.

Системи LTE є надзвичайно універсальними з точки зору бази індо-сантів і в даний час актуалізуються з поверненням до IPv6, який має 128 біт і дозволяє формувати до 5×10^{28} адрес. Зазвичай це життєво важлива характеристика, оскільки кількість доступних загальнодоступних IPv4-адрес швидко зменшується, а кількість гаджетів M2M у світі продовжуватиме розвиватися.

Спеціалізована деталь 3GPP TS 22.368 [16] характеризує три моделі, які надають відмінні альтернативи для організації адміністрування M2M та взаємодії між гаджетами M2M та сервером M2M та додатком M2M (рисунок 2.1.):

- модель А (взаємодія між M2M-пристроями без використання проміжного M2M-сервера);
- модель В (сервер M2M знаходиться поза операторським доменом);
- модель С (сервер M2M знаходиться у домені оператора).

Модель А забезпечує координовану взаємодію "один до одного" між пристроями M2M без використання середнього сервера M2M, також координує взаємодію з додатками M2M, оскільки додатки верхнього рівня LTE/3GPP організують адміністратор. Процес, представлений на рисунку 2.1, виконаний у такому вигляді.

Модель В дозволяє пристроям M2M обмінюватися даними за допомогою сервера M2M, який знаходиться поза приміщенням оператора, і адміністратор організації LTE/3GPP забезпечує цю організацію з сервером M2M. MTCsp і MTCsms використовуються як центри взаємодії, які можуть бути зовнішніми інтерфейсами для адміністратора організації M2M (постачальника переваг) і всередині адміністрації організації M2M, LTE/3GPP.

Модель С надає інтерфейс пристрою M2M, що використовує сервер M2M, що знаходиться в просторі оператора. Організація простору оператора

пропонує програмований інтерфейс програми (API) на сервері M2M, і, відповідно, замовник переваги M2M отримує доступ до сервера M2M через цей інтерфейс API.

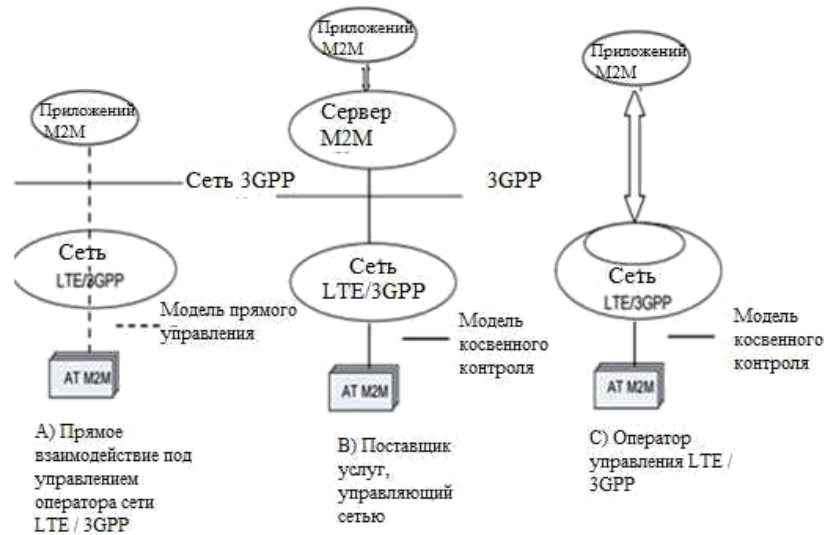


Рисунок 2.1 - Три моделі взаємодії мережі M2M та мережі LTE/3GPP

2.2 Аналіз існуючих вузькосмугових мереж для обслуговування пристроїв M2M

Вперше на мережевому протоколі LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks) бездротова мережа була представлена на ринку у 2015 році. Корпорація Semtech та дослідницький центр IBM створили нову мережу з відкритим протоколом, зберігши свою конкурентоспроможність у порівнянні з Wi-Fi, Fi та мобільні мережі. Також було визначено низку переваг, пов'язаних LoRaWAN, зокрема можливість використання міжмашинного зв'язку (M2M) та, звичайно ж, максимальна ефективність нової технології.

Розвиток інновацій LoRaWAN вплинув на рекламу, спрямовану на присвоєння єдиного стандарту для систем управління тоо в широкому регіоні - LPWAN (Мережа з низьким енергоспоживанням). Фактично, скорочена форма LoRa може бути компонентом стратегії налаштування LoRa у віддалених системах LPWAN, створеної Semtech та відкритою угодою LoRaWAN.

Для підтримки, створення і стандартизації інновацій, що не використовуються, була створена некомерційна організація Lora's Organization, автори якої керували виробниками обладнання, відомими (IBM, Semtech, Cisco, Kerlink, IMST і т. д.) і адміністраторами телекомунікацій (Bouygues Telecom, KPN, SingTel, Proximus, Swisscom). Спільне використання стандарту зробить розміщення мільйонів гаджетів в Інтернеті менш вимогливим та виправданим, а також усуне проблему надання пристрою для Інтернету речей через адміністраторів електрозв'язку, а також для організацій та людей.

Розробники Lora Alliance, Lora, як технологія, здатні розрізняти занадто багато своєї мобільної мережі та Wi-Fi, з можливістю забезпечення міжмашинного зв'язку (M2M) на відстанях до 20 км та на швидкостях до 50 Кбіт/с [17].

Нові технологічні інструменти, які дозволяють вибирати з асортименту пристроїв Lora практично без обмежень: Домашня автоматизація та Інтернет об'єктів (Інтернет речей, IoT), Smart Industry та міста, енергетика та здоров'я та багато іншого.

Як всеосяжний план, структура LoRaWAN може являти собою зіркоподібну топологію, кінцеві вузли, що обрамляють прямі дверні мости, і центральний організаційний сервер для зв'язку. Ця технологія передбачає, що центральний сервер і двері перебувають під контролем адміністратора організації, а кінцевий вузол перебуває під контролем учасників. У цій змові прихильники отримують простий, безпечний та двонаправлений спосіб обміну інформацією.

Оскільки LoRaWAN може бути всесвітньою організацією, найбільш серйозною турботою розробників була максимальна безпека та конфіденційність інформації, що передається. Для цього призначення планується багаторівневе шифрування AES [18]:

- з цікавим ключом, що впорядковує (EUI64) - на мережевому рівні; з унікальним ключем програми (EUI64) - наскрізна безпека на рівні додатків;
- за допомогою спеціального ключа пристрою (EUI128).

Для вирішення різних завдань та додатків у мережі LoRaWAN передбачено три класи пристроїв (рисунок 2.2):

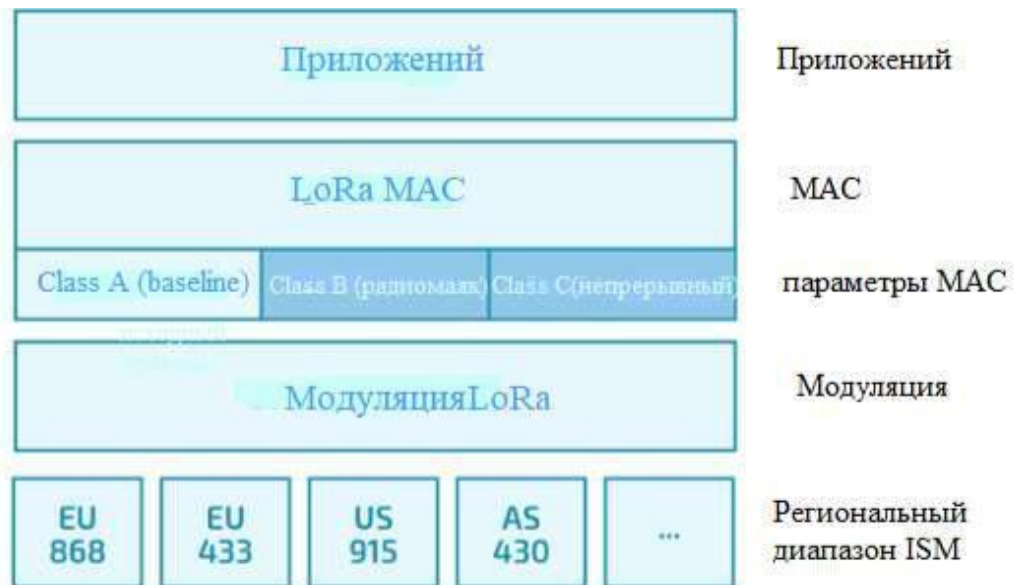


Рисунок 2.2 - Етапи архітектури LoRaWAN

Двонаправлені кінцеві пристрої, клас А. Такі пристрої використовуються, коли життєво важливо зберегти мінімальний контроль з переважанням передачі на сервер. Цільовий концентратор починає сеанс зв'язку, відправляючи пакет даних, і після цього призначає два вікна, між якими підтримує інформацію з сервера. Відповідно, ймовірність обміну інформацією між сервером і гаджетом виводу відбувається, ніби гаджет виводу відкривав сеанс.

Двонаправлені кінцеві пристрої, клас В. Він відрізняється від пристроїв лінії А тим, що може відкривати додаткові вікна збору на плані. Для планування гаджет виведення синхронізується із незвичайним прапором порталу. Отже, близькість до додаткового вікна дозволяє серверу обмінюватися інформацією у призначений час.

Двонаправлені термінали класу С з найбільш екстремальним вікном збору (двонаправлені термінали уроку С). Вони відрізняються майже безперервним вікном для прийому інформації і близьким до нього по довжині передачі інформації. Це виділення дозволяє використовувати їх для висвітлення проблем, пов'язаних із величезними обсягами інформації.

Згідно з угодою з Semtech, один шлюз LoRa може обслуговувати до п'яти тисяч пристроїв виведення, що досягається за рахунок:

- основних моментів топології організації;
- універсальна швидкість передачі даних та гнучке управління прибутковістю пристроїв, що задається сервером аранжування;
- коротке знайомство з довкіллям; - повторний поділ каналів;
- частотний поділ каналів;
- баланс LoRa, який дозволяє одному рекурсивному каналу одночасно демодулювати сигнали, що передаються з різними швидкостями.

Розробники LoRa Alliance позиціонують LoRa як технологію, яка має значні переваги в порівнянні зі стільниковими мережами та WiFi завдяки можливості розгортання міжмашинних (M2M) комунікацій на відстанях до 20 км і швидкості до 50 Кбіт/с при мінімальному енергоспоживанні, що забезпечує кілька років автономної роботи батареї AA.

Розглянемо архітектуру мереж LoRaWAN (рисунок 2.2). Типова мережа LoRaWAN складається з наступних елементів: кінцеві вузли, шлюзи, мережевий сервер та сервер додатків. Кінцевий вузол призначений для виконання функцій керування або вимірювання. Містить набір необхідних датчиків та елементів керування.

Шлюз LoRa (Шлюз / Концентратор) - пристрій, який отримує інформацію від пристроїв виведення радіоканалом і передає її в транзитну мережу. Такою системою можуть бути Ethernet, Wi-Fi, стільникові системи та будь-які інші канали передачі мультимедіа. Дверні та вивідні пристрої утворюють зіркоподібну топологію. Зазвичай, цей пристрій містить багатоканальні трубки для одночасної обробки сигналів в декількох каналах або різних сигналів в одному каналі.

Сервер додатків (Application Server) може віддалено контролювати роботу кінцевих вузлів і збирати необхідні дані.

Зрештою, організація LoRaWAN включає зіркоподібну топологію з концентраторами виведення, які зв'язуються з центральним сервером системи

через портали, що утворюють прямі мости. При такому підході найчастіше очікується, що двері та центральний сервер матимуть місце для адміністратора, а кінцеві центри його підтримуватимуть.

Корисне навантаження шифрується терміналом із використанням ключа, який відомий власнику гаджета. Ступінь самоподібності активності необхідно визначати за допомогою параметра Херста.

Абоненти мають можливість прозорі двонаправленої та безпечної передачі даних кінцевим вузлам (рисунок 2.2) [10].

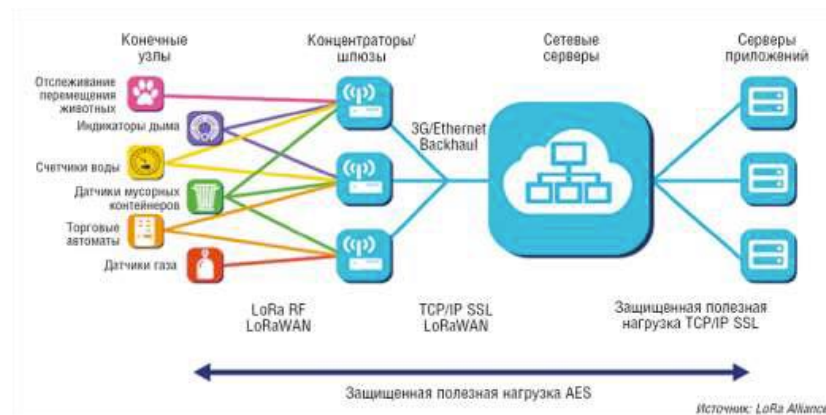


Рисунок 2.3 - Архітектура мережі LoRaWAN

Центральний мережевий сервер LoRaWAN, який координує вузли з вузлами (кінцевим вузлом) системи через портали, вирішує проблему можливих колізій, одночасно передаючи інформацію у кілька фокусів, визначаючи часові інтервали для передачі та збираючи окремо для кожного виведення концентратора. Тенденція до дублів міститься в 32-бітний DevAddr, який цікавий для кожного концентратора (концентратора виведення) [11].

Кожна інформаційна посилка LoRaWAN, що відправляється концентратором виведення (концентратором виведення), включає спеціальний ідентифікатор програми AppEUI, що має місце для програми на сервері постачальника переваг, для якого він планує, цей ідентифікатор використовується центральним сервером організації LoRaWAN для допомоги, звичайно, посилка та програми для її обробки на сервері (сервері додатків) постачальник

переваг.

У той час як визначення LoRaWAN показує, куди потрапляють носії (рівні 2 і 3 моделі OSI), загальна діаграма топології мережі виглядає так само, як показано на рисунку 2.3. Як правило, організація може бути топологією «зірка-зірки», в якій двері одержують повідомлення, надіслані кінцевими точками, і пересилають їх IP-мережею на сервер. Сервер розміщення — це програма, що працює на одному або кількох фізичних серверах, яка має список кінцевих точок та їх власників. Він передає повідомлення власнику. Після отримання повідомлення від сервера аранжування власник може розшифрувати та отримати корисне навантаження (рисунок 2.3) [22].

Розглянемо реальний трафік, що надходить центральний сервер. Зазначимо, що M2M пристрої відносяться до, тобто кінцеві пристрої посилають повідомлення за розкладом. На рисунку 2.4 представлений реальний пакетний трафік, що надходить на центральний сервер зі шлюзу.

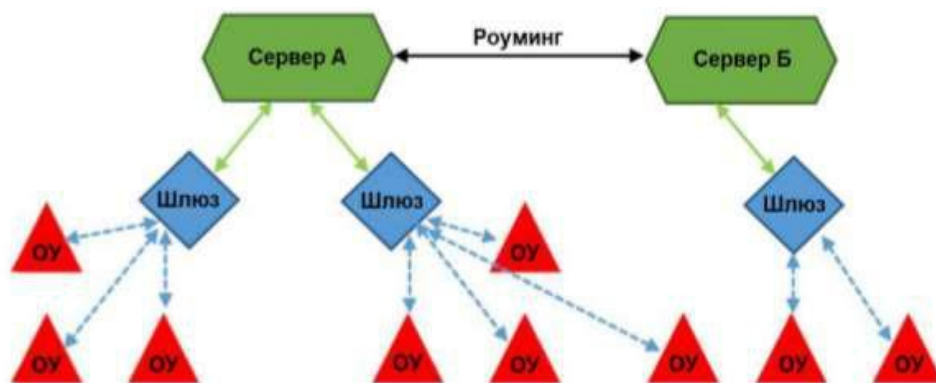


Рисунок 2.4 - Топологія LoRaWAN



Рисунок 2.5 - Трафік у мережі LoRaWAN

Для пакетного трафіку важливою характеристикою є його ступінь самоподібності. При цьому для реального виміряного трафіку слід зазначити такі проблеми:

- навіть якщо властивості самоподібності підтверджені, не можна відразу зробити висновок, що аналізовані дані мають самоподібну структуру, слід говорити про самоподібну структуру заданого діапазону масштабів для даного набору даних;

- оцінка параметра Херста залежить від багатьох факторів, таких як метод оцінки, розмір вибірки, часовий масштаб тощо [13-14].

У таблиці 2.5 наведено дані з реального пакетного трафіку, що надходить на центральний сервер зі шлюзу, показані на рисунку 2.4.

Таблиця 2.5 – Дані реального трафіку

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

Параметр Херста визначимо із застосуванням методу R/S статистики. Тенденцію зміни часового ряду, поданого в таблиці 2.1, можна передбачити. Для цього розглянемо ставлення:

$$R/S=(aN)^H, \text{ звідки } H = \log (R/S)/\log (aN) \quad (2.1)$$

S – середньоквадратичне відхилення для інтервалу їх N членів;

N-довжина інтервалу;

a – константа;

R - Розмах відхилень.

Порядок розрахунку параметра Херста:

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

$$X_{\text{cp}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i. \quad (2.2)$$

- 5) Для кожного інтервалу знаходимо середньоквадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (x_i - X_{\text{cp}})^2}. \quad (2.3)$$

- 6) Для кожного інтервалу знаходимо розмах відхилень $R = \max z_i - \min z_i$:
де $y_i = x_i - X_{\text{cp}}$, $z_1 = y_1$, $z_i = y_{i-1} + y_i$.
- 7) Визначаємо відношення R/S для кожного інтервалу та знаходимо середнє значення. Записуємо значення N та усередненого R/S .
- 8) Повертаємося до пункту 2 та повторюємо дії для $N = 4$ та 6.
- 9) Заповнюємо таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Дані для розрахунків

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

- 10) Тепер необхідно побудувати рівняння лінійної регресії:

$$y = a * x + b, \quad (2.4)$$

де $a = H$ - параметр Херста.

Таблиця 2.7 – Дані для знаходження параметра Херста

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

11) Складемо систему лінійних рівнянь.

Розв'язавши систему рівнянь, знаходимо a та b , параметр Херста $= 0.578$.

Для аналізованих даних було розраховано параметр Херста $H = 0.578$, що означає, що трафік має властивість самоподібності. Мультисервісна діяльність фактично самоподібна, отже жоден із найчастіше використовуваних проектів діяльності неспроможна вловити це фрактальне поведінка.

$$\begin{cases} n \cdot a + \Sigma x \cdot b = \Sigma y \\ \Sigma x \cdot a + \Sigma x^2 \cdot b = \Sigma x \cdot y, \end{cases} \quad (2.5)$$

$$\begin{cases} 1 \cdot a + 1.38 \cdot b = 1.788 \\ 1.38 \cdot a + 0.681 \cdot b = 0.814, \end{cases} \quad (2.6)$$

$$a = 1.788 - 1.38 \cdot b, \quad (2.7)$$

$$1.38 \cdot (1.788 - 1.38 \cdot b) + 0.681 \cdot b = 1.394, \quad (2.8)$$

$$2.467 - 1.904 \cdot b + 0.681 \cdot b = 1.394, \quad (2.9)$$

$$b = 0.877, \quad (2.10)$$

$$a = 1.788 - 1.38 \cdot 0.877 = 0.578, \quad (2.11)$$

$$a = 0.578, \quad (2.12)$$

$$H = a = 0.578, \quad (2.13)$$

$$y = 0.578 \cdot x - 0.877. \quad (2.14)$$

Така поведінка містить реальні пропозиції щодо планування, адміністрування та дослідження діяльності у високошвидкісних мультисервісних ко-

мунікаційних системах, у яких накопичення таких потоків активності має тенденцію посилювати почуття самоподібності («зв'язування»), а не згладжувати його. Дисперсія Вейбулла-Гніденко може бути двопараметричною передачею. Цей закон є всеосяжним, оскільки при порівнянні значень параметрів він переходить у звичайну, експоненційну та інші види дисперсій.

Вони названі на честь конструкції В. Вейбулла, який представив ці дисперсії для аналізу результатів випробувань на втому при відображенні попереднього розкиду міцності сталі, меж її гнучкості.

Закон Вейбулла красиво описує робочий час до розчарування в заголовку, компонентах електронного обладнання, він використовується для оцінки бездоганної якості деталей машин та складання в конкретних автомобілях, а також для перевірки бездоганної якості машин під час притирання.

Випадкове позитивне значення має розподіл Вейбулла, якщо рівняння щільності розподілу вірне:

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}, \quad (2.15)$$

де a та b - параметри розподілу.

Параметри a та b можуть дуже сильно змінити форму кривої. Рисунок 2.6 показує поведінку зміни $f(t)$ у разі зміни b . При $b = 1$ розподіл Вейбулла вироджується на експоненційний розподіл.

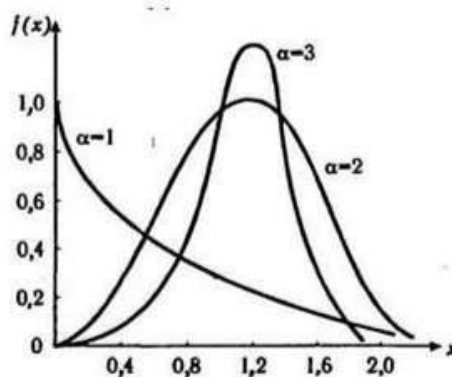


Рисунок 2.6 - Щільність розподілу Вейбулла

Для математичного очікування і дисперсії випадковий величини, задовольняє рівняння, має місце формула:

$$M(t) = a\Gamma\left(1 - \frac{1}{b}\right), \quad (2.16)$$

$$\sigma^2(t) = a^2 \left[\Gamma\left(1 - \frac{1}{b}\right) - \Gamma^2\left(1 - \frac{1}{b}\right) \right], \quad (2.17)$$

$$\Gamma(P) = \int_0^{\infty} x^{p-1} e^{-x}, \quad (2.18)$$

де a, x - таблична гамма-функція.

Час до відмови для багатьох об'єктів має розподіл Вейбулла. До таких об'єктів відносяться, наприклад, підшипники кочення, окремі типи електронних ламп, напівпровідникові прилади, мікрохвильові пристрої, деякі об'єкти, відмова яких відбувається через відмову від втоми.

Графіки, що характеризують розподіл Вейбулла, показані на рисунку 2.7.

Досвід експлуатації багатьох електронних пристроїв та великої кількості електромеханічного обладнання показує, що для них характерні три типи залежностей інтенсивності відмов від часу, що відповідають трьом періодам життя цих пристроїв. Графік функції відповідає розподілу Вейбулла. Три типи залежності інтенсивності відмов від часу, зазначені на графіку, можуть бути отримані з використанням двопараметричного розподілу Вейбулла для ймовірнісного опису випадкового напрацювання повністю [15].

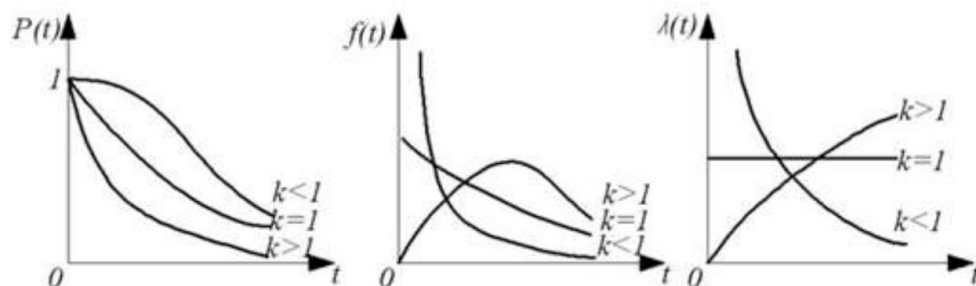


Рисунок 2.7 - Графіки показників надійності розподілу Вейбулла

Розподіл Вейбулла широко використовується в теорії надійності щодо характеристик надійності напівпровідникових приладів. Крім того, він використовується при прискорених випробуваннях елементів у форсованих режимах, при дослідженні надійності елементів у процесі вигладжування. Згідно з цим розподілом, щільність ймовірності моменту відмови.

Спочатку Вільфредо Парето використовував цей розподіл для опису розподілу багатства, а також розподілу доходів. Його «правило від 20 до 80» (яке свідчить: 20% населення має 80% багатства), проте, залежить від конкретної величини k , і стверджується, що насправді існують значні кількісні відхилення, наприклад, власні дані Парето для Великобританії в "Cours d'économie politique" говориться, що близько 30% населення має 70% загального доходу.

Дисперсія Парето виявляється не як в фінансових питаннях.

Випадки включають:

- в етимології дисперсія Парето відома як закон Ципфа (для різних діалектів приклад може дещо відрізнятись, крім того, є невелике відхилення від простої впевненості в силі у найвідвідуваніших словах, але в цілому закон відображає це добре диспергувати). Можна розглянути спеціальні прикмети цієї конструкції;

- залежність прямого повторення події слів (кілька разів трапляється кожне конкретне слово) у досить довгому змісті від рангу (порядкового номера при запиті слів шляхом прямого повторення).

Ступінювий закон зберігається незалежно від того, чи мають слова ініціалізувати форму:

- аналогічна крива популярності імен;
- розподіл розмірів населених пунктів;

розподіл розміру файлу в інтернет-трафіку за протоколом TCP. Гіпотеза ймовірності Парето могла б бути двопараметричною сімейством повністю безперервного контролю поширення. Його титул – Вільфредо Парето. Це ві-

дбувається при розгляді різних чудес, конкретних соціальних, фінансових, фізичних та інших. Зовнішня сфера фінансових питань також у деяких випадках згадується як перевезення Бредфорда.

Принцип розподілу Парето був уперше використаний Італії на початку ХХ століття для описи розподілу багатства серед населення. У 1906 році Вільфредо Парето представив концепцію розподілу за Парето, коли зауважив, що 20% стручків відповідають за 80% посадженого в його саду гороху. Вона пов'язала це з природою розподілу багатства Італії виявила, що 80% багатства країни належить приблизно 20% її населення. Щодо власності на землю, італієць зауважив, що 80% землі належало жменьці багатих громадян, які становили близько 20% населення.

Джозеф М. Джуран, висококласний гуру продукту, розширив визначення розподілу Парето у 1940-х роках. Джуран застосував принцип Парето контролю якості продукції компанії, щоб продемонструвати, що 20% дефектів виробничого процесу становлять 80% проблем у більшості продуктів. За словами Джурана, зосередження уваги на причинах 20% дефектів дозволило організаціям запровадити ефективніші заходи контролю якості та ефективніше використовувати свої ресурси. Доповнення Джурана до концепції розподілу Парето містилися у його книзі 1951 року «Довідник контролю якості».

Формула розподілу Парето. Формула для розрахунку розподілу Парето виглядає так (2.19):

$$F(x)=1-\left(\frac{k}{x}\right)^{\alpha}, \quad (2.19)$$

де - X -випадкова величина;

K -нижня межа даних;

α - параметр форми.

Графік на рисунку 2.8 визначається змінними α та x . Надає дві основні програми. Один із додатків - моделювання розподілу багатства між людьми у

країні. Графік показує, скільки багатства в будь-якій країні належить невеликому відсотку людей, котрі живуть у цій країні.

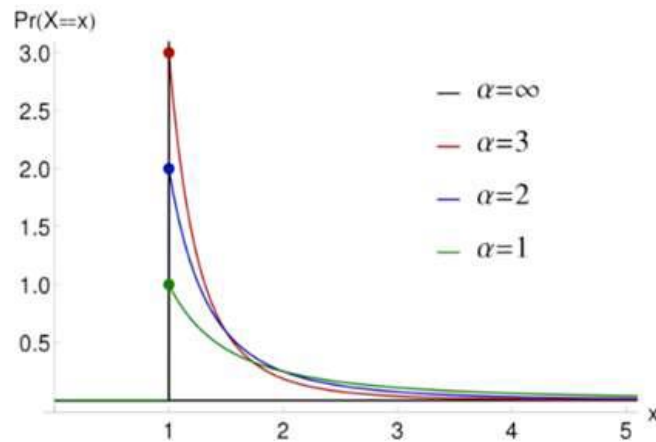


Рисунок 2.8 - Розподіл Парето за хвостом повільного зменшення

Другий додаток призначений для моделювання розподілу населення міста, де більшість населення зосереджена у міських центрах і менше - у сільській місцевості. Населення у міських центрах продовжує зростати, тоді як сільське населення продовжує скорочуватися у міру того, як молодші члени населення мігрують до міських центрів [29].

Практичне застосування розподілу Парето:

Управління. Одне із застосувань концепції Парето – управління бізнесом. Можна зауважити, що 20% зусиль, витрачених на конкретну бізнес-діяльність, дають 80% бізнес-результатів. Компанія може використовувати цей звіт, щоб визначити найважливіші частини, на яких потрібно зосередити увагу та підвищити ефективність.

Наприклад, якщо маркетинг допоміг покращити результати бізнесу, компанія може виділити більше часу та ресурсів на маркетингову діяльність, щоб збільшити дохід та прибуток компанії за вказаний фінансовий період.

Прибуток компанії. Правило Парето 80-20 також може застосовуватися для оцінки джерела доходу компанії. Наприклад, коли компанія зазначає, що 80% річної виручки надходить від 20% поточних клієнтів, вона може зосередитись на підвищенні задоволеності клієнтів за рахунок їхнього впливу.

Зі спостережень компанія також може дійти невтішного висновку, що 80% скарг клієнтів надходять від 20% клієнтів, частку яких припадає більшість транзакцій. Крім того, зосередження уваги на розгляді скарг 20% клієнтів може підвищити загальне задоволення клієнтів компанії. Компанія має зосередитися на збереженні 20% впливу на клієнта та залученні нових клієнтів.

Оцінка робітників. Компанія також може використовувати правило 80-20 з метою оцінки роботи своїх співробітників. Компанія може спостерігати, що 80% загального обсягу виробництва є прямим результатом діяльності близько 20% її співробітників. Використовуючи звіт, компанія може зосередитись на винагороді 20% найбільш продуктивних співробітників як на способі їх мотивації та заохочення нижчої групи працівників до завзятої праці. Коефіцієнт продуктивності також може показати компанії, що 80% проблем із людськими ресурсами викликані 20% співробітників компанії.

Обмеження на розподіл Парето. Хоча правило розподілу Парето 80-20 застосовується до багатьох гілок, це не обов'язково означає, що вхідні та вихідні дані мають бути 100%. Наприклад, 20% клієнтів компанії можуть давати 70% доходів компанії. Частка складає 90%. Це показує, що концепція Парето - це лише зауваження, що пропонує компанії зосередитися на одних матеріалах, що надходять від інших.

Параметри: він встановлює параметр відстані θ , який більший за нуль. Його можна назвати t-мінімумом. Параметр форми також називають індекс Парето.

Щільність ймовірності: коли $\theta \leq t < \infty$, то формула функції густини ймовірності (2.11) має вигляд:

$$f(t) = \frac{\alpha \theta^\alpha}{t^{\alpha+1}}. \quad (2.20)$$

Графік забезпечує подання даних про час до відмови у вигляді гістог-

рами.

Функція розподілу: $F(t)$ – це сукупна ймовірність відмови від нульового моменту до часу t . Дуже зручно, наприклад, в оцінці частки одиниць, які вийдуть із ладу протягом гарантійного терміну.

$$F(t) = 1 - \left(\frac{\theta}{t}\right)^\alpha \quad (2.21)$$

Функція надійності. $R(t)$ – це шанс вижити з нуля до часу t . Замість того, щоб шукати частку, яка зазнає невдачі, функцію надійності визначте частку, яка, як очікується, виживе.

$$R(t) = \left(\frac{\theta}{t}\right)^\alpha \quad (2.22)$$

У результаті можна зробити такі висновки. Обслуговування потоку вхідних пакетів від автоматичних пристроїв до осередку LTE можна моделювати за допомогою систем черг. У цій роботі розглядаються два типи СМО: $W/M/1/\infty$ та $Pa/M/1/\infty$, у першій системі інтервали між приходами посилок розподіляються за експоненційним законом, у другій згідно із законом Парето. У першому випадку такий трафік називається найпростішим, у другому – самоподібним.

Результати моделювання в системі AnyLogic Environment показали, що при експоненційному розподілі занижуються такі важливі показники, як затримка, середній час очікування у черзі, середня довжина черги та загальна затримка у вузлі обслуговування. Тому при моделюванні M2M-трафіку не можна нехтувати його властивістю як самоподібності.

3 АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ТРАФІКА ДЛЯ СЕРВІСУ МЕРЕЖ М2М

3.1 Особливості моделювання самоподібного трафіку

При подальшому зростанні міжмашинний трафік матиме сильний вплив на якість послуг бездротової мережі. Аналіз цієї проблеми є актуальним завданням багатьох дослідників [1 - 4]. Реконструкція – це успішна стратегія дослідження проблеми. В рамках демонстрації моделювання ми маємо імітувати М2М-активність, тому ми аналізуємо відтворення різних типів М2М-трафіку.

При моделюванні діяльності важливо зобразити її характеристики та визначити параметри. Основні налаштування:

- інтервал між прийомом пакетів на сервісному вузлі;
- кількість упаковок за одиницю часу;
- кількість байтів, отриманих на вузол за одиницю часу.

У мережах М2М [1-3] є три основних типи трафіку: опосередкований, псевдо-детермінований та службовий.

Змішана діяльність, створена рамковим інструментом спостереження. Коли оцінка, що вимірюється, стає якоюсь проміжною (наприклад, у разі кризи), обладнання виготовляється. Характеристика розвитку залежить від властивостей касового адміністрування. У цьому випадку, щоб гарантувати постійну якість обладнання та адміністрування для перевірки спеціального стану, дані, що передаються, та їх обсяг можуть бути більш значущими, ніж сума цінних даних.

Псевдо-детермінований трафік, що генерується пасивними датчиками автоматичної системи. У цьому випадку провідний пристрій збирає дані з провідного пристрою або центральний вузол запитує дані пасивних датчиків. Характеристика руху залежить від інтервалу між часом застосування даних. Інтервал може бути детермінованим або вибиратися за деяким алгоритмом,

починаючи з.

Службовий трафік генерується активними датчиками, коли є дія ззовні, щоб досягти його, які повинні виконувати роботу, щоб технічно захистити працездатність системи в системі.

Доступність цього типу трафіку можна змоделювати серед моделювання GPSS world (імітатор системи загального призначення). Ця система підходить для моделювання системи дискретних подій запису. Це, мабуть, найперспективніший світ підвищення рейтингової системи, який характеризується щодо простими принципами функціонування складових компонентів [14].

Розглянемо той бік, який спеціально відтворює активність. Крім того, активність спеціально створюється структурою динамічного пристрою під впливом довкілля. Такі динамічні пристрої включають у себе пристрої оповіщення (пожежні, приватні, відкриті і т. д.), пристрої для перевірки природних небезпек (сейсмічні, кліматичні, природне забруднення), пристрої для спостереження за небезпеками для умов життя людини (спостереження за вагою крові, рівнем глюкози тощо, тощо.). Ви повинні взяти до уваги, що тут сума розвитку суттєво збільшує подію у кількох випадках (наприклад, сейсмічні, кліматичні).

Поліпшення пасивної активності Хейно після вжиття заходів [14]. активність виробляється n пристроями, кожне може бути запущено чи перебувати у стані. У неактивному стані інструмент здійснює інноваційний розвиток до певного детермінованого періоду t .

Коли пристрій переходить у динамічний стан, він залишається увімкненим, створюючи самовпевнену суму активності. Причому обсяги діяльності розподілено доволіно аналогічно.

У активний стан пристрій переходить у разі подій (аварійної ситуації), яке випадково, незалежно виникає. Неможливо припустити, що події того часу будуть автоматично поширюватися в AnyLogic Environment, генерація подій може проводитися на блоці (експоненційно $(1, 0, m)$). Тут m – середнє значення тимчасового інтервалу.

Псевдо-симуляція сторони дороги потрібно враховувати таке. Цей тип трафіку генерується системою контролю, контролем та способом контролю.

Припустимо, що у системі є n серверів, кожен із яких збирає дані з k датчиків, що під яким-небудь контролем. Трафік до кожного сервера та інструменту людей – це детермінований потік даних на запит сервера та відповідь датчика. Така система є датчиками, які видають запит на передачу даних на фактичний пристрій (вузол). Переміщення властивостей цих датчиків залежить від часового інтервалу вибору методу. Тимчасовий аналіз зазвичай не випадковий, проводиться через певні проміжки часу або за схемою.

Сенсорні реакції між детермінізмом випадок, загальний трафік також визначають. Якщо інтервали відповіді є випадковими, загальний трафік також випадковий.

Третій тип обслуговування трафіку призначений для активних датчиків, за допомогою яких контролюється технічна реалізація системи. У разі відмови обладнання або програмного забезпечення, датчик надсилає ті ж пакети даних.

3.2 Моделювання трафіку M2M для СМО типу W/M/1/∞ в Anylogic

Розподіл Вейбулла – двопараметричне сімейство абсолютно безперервних розподілів. Оскільки воно забезпечує один із граничних розподілів екстремальних значень, його також називають розподілом Фреше та розподілом Вейбулла-Гнеденка.

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x - \min}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp \left(- \left(\frac{[x - \min]}{\beta} \right)^{\alpha} \right), \quad (3.1)$$

де \min = мінімум x ;

α = параметр форми;

β = масштабний параметр.

При $\alpha = 1$, $\beta = 1/\lambda$ розподіл Вейбулла зводиться до експоненцій-

ного (лямбда) розподілу, починаючи з кінцевого значення з мінімумом x і потім монотонно зменшуючись. При $\alpha < 1$ розподіл Вейбулла прагне нескінченності при мінімумі x і монотонно зменшується зі збільшенням x . Для $\alpha > 1$ розподіл Вейбулла дорівнює 0 при мінімальному x піки при значенні, яке залежить як від альфа, так і від бета, потім монотонно зменшуються. Однозначно, що розподіл Вейбулла має негативну асиметрію при $>3,6$.

Розподіл Weibull набув популярності завдяки його використанню для моделювання міцності матеріалів і з того часу використовується для моделювання практично всього.

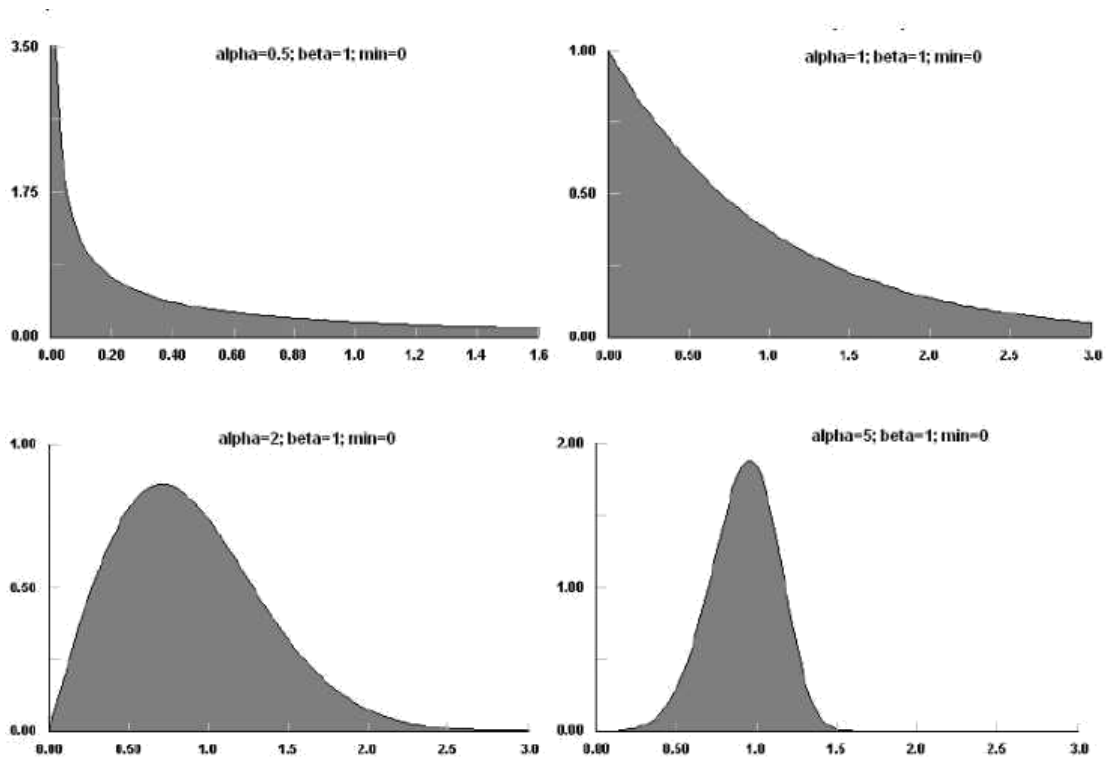


Рисунок 3.1 – Різні типи розподілу Вейбулла

У зокрема, розподілі Вейбулла використовується для подання часу зносу надійності, швидкості вітру, інтенсивності дощу, проблем зі здоров'ям, проростання, тривалості зупинок виробництва, систем міграції та дати урагану (рисунок 3.1).

Моделювання самоподібного трафіку виконується для системи масового обслуговування типу $G/M/1/K$ з використанням розподілу Вейбулла. Для

дослідження самоподібного трафіку використовується імітаційна модель, розроблена AnyLogic Environment. Моделювання самоподібного трафіку виконано для СМО типу W/M/1/K з використанням розподілу Вейбулла. Вихідні дані такі: параметр кривої розподілу 0,7 і параметр розподілу 0,0099, параметр Херста = 0,65. Крім того, зазначено, що самоподібний трафік характеризується наявністю «сплесків» та тривалою залежністю між часом надходження заявок у дослідженні на заданих вихідних даних, доцільно використовувати лінійні інтерполяційні сплайни.

Нині у сучасних телекомунікаційних мережах розвивається напрям NGN (Next Generation Network) - мережі наступного/нового покоління), яке повністю засноване на застосуванні пакетних технологій передачі великої кількості трафіку по єдиної мережевий інфраструктурі, що забезпечує характеристики QoS [16].

За своїм характером діяльність, що обслуговується в рамках структури СПП, є характерною, оскільки вона формується безліччю, але відрізняється за своїми характеристиками, джерелами вигод та впорядкування додатків, що забезпечують управління голосом, інформацією та відео TPS (послуга Triple Play).

Відомо [11], що пакетний трафік має характер поїзда і має властивість належної подоби, причиною якого є довготривалий взаємозв'язок між моментами приходу пакетів, що визначається функцією кореляції з різними моментами часу. Потік транспортних засобів характеризується наявністю побічних ефектів, тобто. якщо кількість запитів, отриманих для системи постмоментальної черги, залежить від кількості запитів, отриманих на даний момент [11].

Для опису самоподібного трафіку, враховуючи, що моменти прибуття пакетів мають розподіл із «важким хвостом», часто використовують розподіл Парето, Логнормальний або Вейбуловий.

Ступінь самоподібного трафіку оцінюється параметром Херста. Крім того, самоподібний трафік має структуру, збережену при багаторазовому збільшенні. Проте реальний трафік, як правило, має більше «сплесків». Це різко

погіршує значення якісних характеристик QoS (імовірність втрати значень, час затримки пакета та джиттер).

Зважаючи на вищезазначене, моделювання трафіку дозволить уникнути перевантаження мережі, перевищення стандартних значень часу затримки та джиттера з урахуванням пікового пакетного трафіку. Сьогодні проблемі оцінки характеристик самоподібності характеристик руху присвячено значну кількість робіт різних авторів [6 -7]. Більшість робіт засновано на експериментальних даних та отриманих результатах моделювання з використанням R/S-аналізу, оцінки Уїттла, вейвлет-аналізу та багатьох інших методів. Одним із апаратів дослідження характеристик самоподібної діяльності є моделювання, що дозволяє одержати фундаментальні характеристики. У більш широкому сенсі, вибір форми оцінки того, що відбувається, може бути актуальною темою практично будь-якого дослідження [7].

Отже, у цій частині ми прагнемо розглянути та вивчити характеристики самоподібної активності з використанням створеного розважального шоу у середовищі AnyLogic із припущенням про активність посилки.

Проведемо моделювання самоподібного трафіку в системі (СМО) черги G/M/1/K, яка обслуговує потік запитів, інтервали якої описуються довільним розподілом G, час обслуговування має експоненційний розподіл M, СМО має 1 рядок, а довжина черги запитів – K.

У цьому випадку для моделювання надходження процесу обслуговування запиту ми використовуємо СМО типу W/M/1/K, де потік W-запитів з розподілом Вейбулла, M-час обслуговування запитів розподілено за експоненційним законом,

Давайте розглянемо розподіл Вейбулла, який задається функцією диференціального розподілу:

$$f(x) = \begin{cases} \alpha \beta x^{\alpha-1} e^{-\beta x^\alpha}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}, \quad (3.2)$$

де α - параметр форми кривої розподілу ($0 < \alpha < 1$).

$$\alpha = 2-2H, \quad (3.3)$$

де H - параметр Херста ($0,5 \leq H \leq 1$);

α - параметр форми кривої розподілу ($0 < \alpha < 1$);

$\alpha = 2-2H$, параметр Херста, ($0,5 \leq H \leq 1$).

$$\beta = \left[\lambda \Gamma \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]^{-1}, \quad (3.4)$$

де $\beta > 0$ - параметр розподілу;

Γ -гамма-функція;

λ -інтенсивність заявок, що надходять на обслуговування СМО. Цілочисельна функція розподілу Вейбулла має такий вигляд [26]:

$$F(x) = 1 - e^{-\beta x^\alpha}. \quad (3.5)$$

Формування випадкового часового інтервалу між надходженнями заявок при самоподібному формуванні струму в імітаційній моделі виконується переходом від рівномірного розподілу методом зворотної функції згідно з виразом [14]:

$$x = \beta [-\ln(1 - R)]^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (3.6)$$

де $R \in [0; 1]$ - рівномірно розподілене випадкове число;

$\lambda = 100$ Кбіт/с;

обслуговування довговічності μ -запиту, $\mu = 125$ с;

K – довжина черги запитів, $K = 100$ запитів.

Для моделювання самоподібного трафіку можна встановити значення параметра Hurst $H = 0,65$. Тоді для розподілу параметрів Вейбулла α і β : $\alpha = 0,7$

$i \beta 0,0099$ відповідно. Результати моделювання самоподібного трафіку для СМО типу W/M/1/K для заданих вихідних даних у пакеті середовища AnyLogic показані на рисунку 3.2, де ми розглядаємо N як кількість запитів, а t - це надходження запитів.

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

Нам потрібно:

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

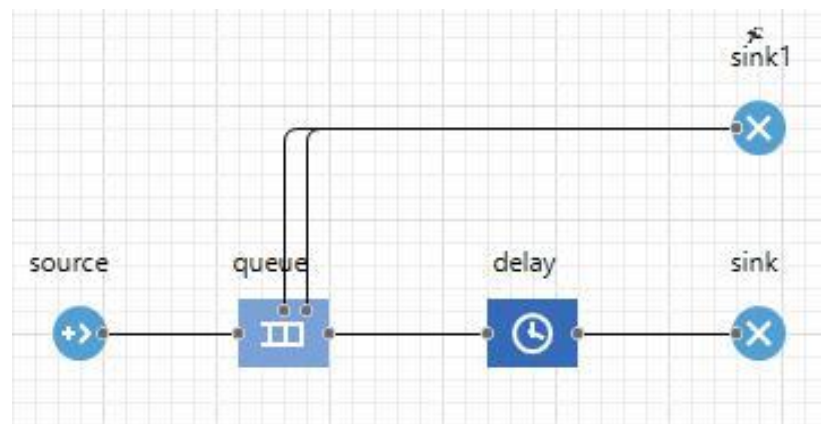


Рисунок 3.2 – Основна модель пакетної передачі

Опис: Пакет прибуває до елемента sink, щоб згенерувати пакети, надіслані елементу черги та зайняти queue. В елементі черги є два перебіги подій.

- Коли пакет виходить з ладу та переходить до елемента sink1.
- Коли елемент продовжує свій шлях і відправляється елементу delay, де він обслуговується, і наприкінці потрапляє до елемента sink.

Щоб задати властивості, потрібно змінити елемент Queue (рисунок 3.3).

- Черга має бути FIFO (First In, First Out).
- Розподіл Weibull - weibull (0.7, 0.0099, 0).

queue - Queue

Имя: Отображать имя

Вместимость:

Максимальная вместимость:

Место агентов:

Специфические

Очереди:

Разрешить уход по таймауту:

Таймаут:

Разрешить вытеснение:

Вернуть агента в исходную точку:

Рисунок 3.3 – Характеристики элемента черги

Действия

При входе:

При подходе к выходу:

При выходе:

При уходе по таймауту:

При вытеснении:

При извлечении:

Рисунок 3.4 - Команди в елементі Queue

У зв'язки з тим, що пакети встигають обслужити, слід вважати це весь час перебування у черзі (рисунок 3.5):

Крім того, необхідно враховувати той факт, що до часу черги даних нам потрібно додати різницю між командою часу обслуговування та часом введення.

Очевидно, що в теорії ймовірностей та статистики експоненційний розподіл – це розподіл ймовірностей, який описує час між подіями у точковому процесі Пуассона, тобто процес, у якому події відбуваються безперервно та незалежно з постійною середньою швидкістю. Це окремий випадок гамма-розподілу. Це безперервний аналог геометричного розподілу, і він має ключову властивість - брак пам'яті. Крім того, що він використовується для аналізу точкових пуассонівських процесів, він зустрічається в різних кон-

текстах. Потім необхідно встановити час затримки, як показано на рисунку 3.5, exponential (1, 0, 6).

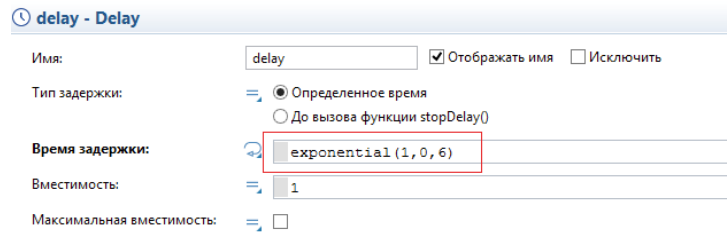


Рисунок 3.5 – Час затримки в експоненційному розподілі

Як було зазначено вище, необхідно задати команди в елементі затримки, зокрема (рисунок 3.6):

```
Agent.exit_time=time();
```

```
Data_service_time.add(agent.exit_time-agent.time_to_service);
```

```
Data_system_time.add(agent.exit_time-agent.enter_time);
```

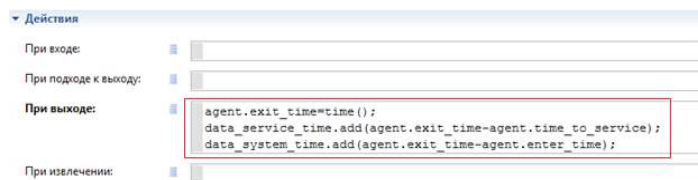


Рисунок 3.6 - Команди у елементі Delay

Тут, з малюнка 3.7, ми можемо зробити висновок, що всього було 257 пакетів, 220 з них отримали збій, тоді як 37 пакетів досягли призначення (рисунок 3.7).

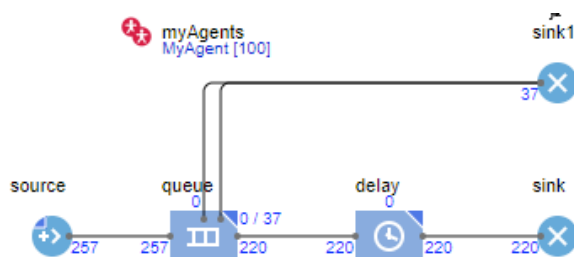


Рисунок 3.7 – Остаточна схема після моделювання

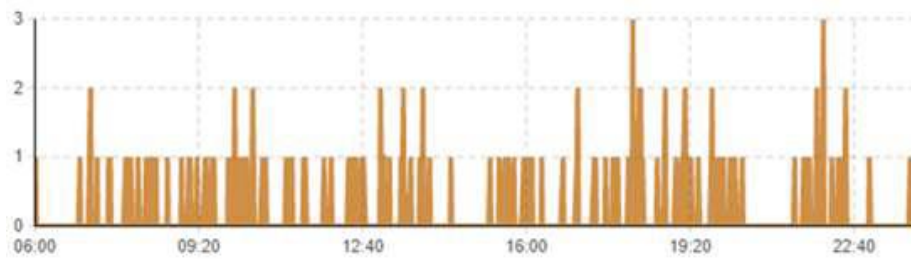


Рисунок 3.8 - Моделювання самоподібного трафіку для СМО типу W/M/1/K в AnyLogic

За отриманими результатами моделювання, наведеними на малюнку 3.8, можна зробити наступні висновки:

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

Крім того, показані гістограми, засновані на даних часу очікування в черзі, часу обслуговування та побудованого системного часу, а також середнього часу.

Де $T_{\text{queue}}=2.743$, $T_{\text{service}}=4.365$, $T_{\text{system}}=7.108$. Крім того, звідси очевидно, що рівняння однорідності виконується:

$$\text{Час очікування} + \text{час обслуговування} = \text{системний час}, \quad (3.7)$$

$$T_{\text{queue}} + T_{\text{service}} = T_{\text{system}}. \quad (3.7)$$

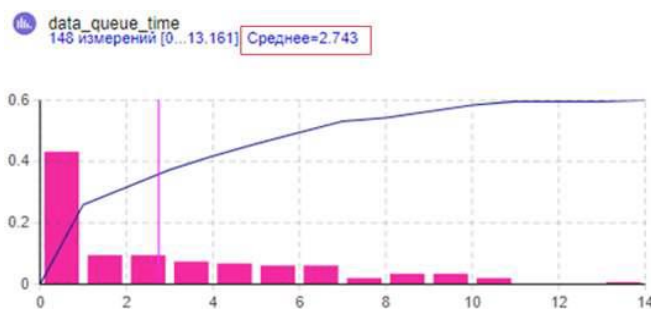


Рисунок 3.9 - Гістограма за часом очікування у черзі



Рисунок 3.10 – Гістограма залежності від часу обслуговування



Рисунок 3.11 - Гістограма за системним часом

В підсумку:

- 1) Моделювання самоподібного трафіку для СМО W/M/1/k:
 - вхідні запити розподіляються згідно із законом Вейбулла;
 - розподіл часу обслуговування – експоненційний;
 - однорідна система;
 - довжина черги запитів дорівнює K.
- 2) У програмах використання дистрибутива Weibull в середовищі AnyLogic імітаційна модель, розроблена для дослідження характеристик самоподібного трафіку.
- 3) Моделювання самоподібного трафіку здійснюється СМО з типу W/M/1/K з використанням розподілу Вейбулла. Початкові дані:
 - значення параметра Херста $H = 0,65$;

- параметр форми кривої розподілу $\alpha = 0,7$ і параметр розподілу $\beta = 0,0099$.

4) Самоподібний трафік характеризується наявністю «сплесків» та тривалою залежністю між точками додатку для даних даного дослідження доцільно використовувати лінійні інтерполяційні сплайни.

3.3 Моделювання сервісу трафіку M2M як СМО типу Pa/M/1/∞ в Anylogic

Розподіл Парето – це безперервний розподіл, обмежений знизу. Він має кінцеве значення при мінімальному x і монотонно зменшується збільшенням x . Випадкова величина Парето є експоненційною випадковою величиною і має багато тих же характеристик.

Розподіл Парето історично використовувався уявлення розподілу доходів суспільства. Він також використовується для моделювання багатьох емпіричних явищ із дуже довгими правими хвостами, таких як населення міста, наявність природних ресурсів, коливання цін на акції, розмір фірм, яскравість комет та помилки кластеризації в комунікаційних ланцюжках.

Форма кривої Парето повільно змінюється з альфа, але розподіл хвостів різко збільшується із зменшенням альфа (рисунок 3.12).

$$f(x) = \begin{cases} \alpha \frac{\min^\alpha}{x^{\alpha+1}}, & x \geq \min \\ 0, & x < \min \end{cases}, \quad (3.8)$$

У [7] аналізуються три категорії систем M2M: запрограмовані читачі лічильників (S1), структура адміністрування армади (S2) та організація розподільчої машини (S3). Кожен пристрій M2M підмережі S1 періодично передає зв'язки та характеризується мобільністю, оскільки в більшості випадків такі пристрої є стаціонарними. У підмережі S2 кожен пристрій спостерігається часто, але активність зазвичай нерегулярна, портативність гаджетів висо-

ка.

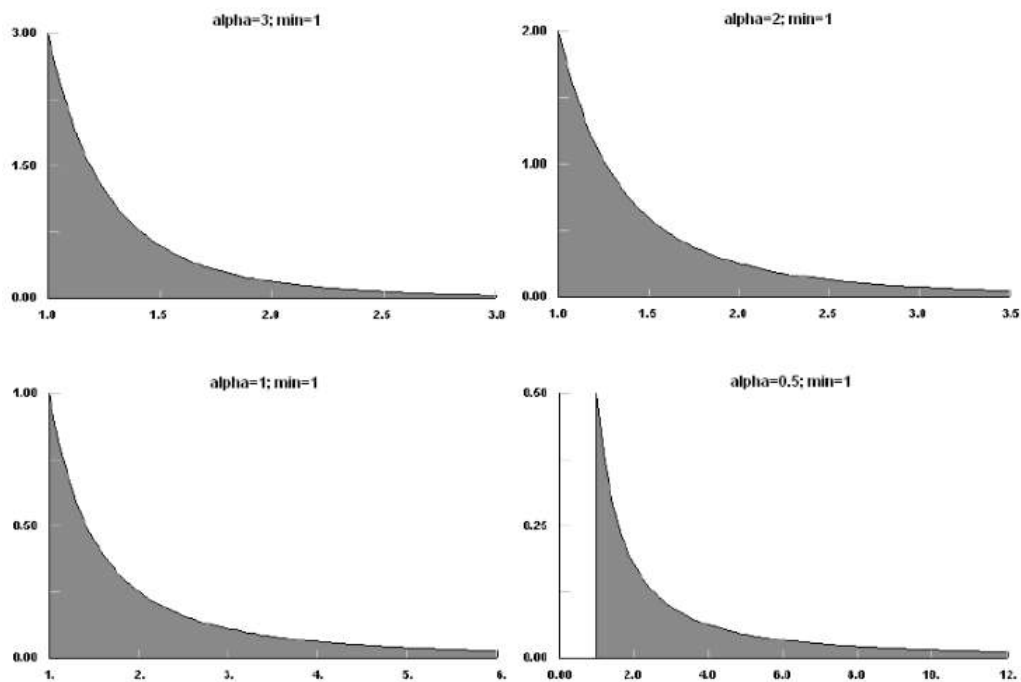


Рисунок 3.12 - Різні типи розподілу Парето

Пристрої S3 стаціонарні та іноді передають посилки. На всі випадки адміністрації мають невелику комплектацію.

В роботі [7] представлені результати моделювання описаної мережі з трьома підмережами S1, S2 і S3 в середовищі OPNET. В імітаційній моделі закон розподілу тимчасових інтервалів між приходами пакетів довільний.

Ідея спрощеної демонстрації M2M-активності у рамках моделювання AnyLogic Environment. Припустимо, що організований пристрій чи сервер отримує сумарну активність від усіх пристроїв M2M, проміжки часу між запитами довільні, поширюються відповідно до закону Парето. [6-7] показано, що самоподібна активність може бути змодельована дисперсією Парето.

Функція закону розподілу Парето має вигляд:

$$F(t) = 1 - \left(\frac{k}{t}\right)^\alpha, \quad k > 0, t > 0, \alpha > 0, \quad (3.9)$$

де t – часовий інтервал між запитами до сервера; k – коефіцієнт;

α - параметр розподілу Парето.

У [7] також показано, що значення параметра Херста можна врахувати під час моделювання самоподібної течії. Зв'язок між показником Херста H і параметром розподілу α Парето має вигляд:

$$\alpha = 3 - 2H. \quad (3.10)$$

Нехай час обслуговування трафіку підпорядковується експонентному закону розподілу. Ми не будемо накладати обмежень на довжину черги та час перебування у черзі. Тоді модель вузла обслуговування трафіку M2M буде системою масового обслуговування типу Pa/M/1/ ∞ (рисунок 3.10). Вхідними значеннями є α , k та $T_{service}$ – час обслуговування.

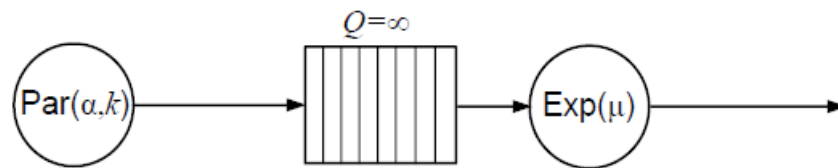


Рисунок 3.13 - Імітаційна модель Pa/M/1/ ∞

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

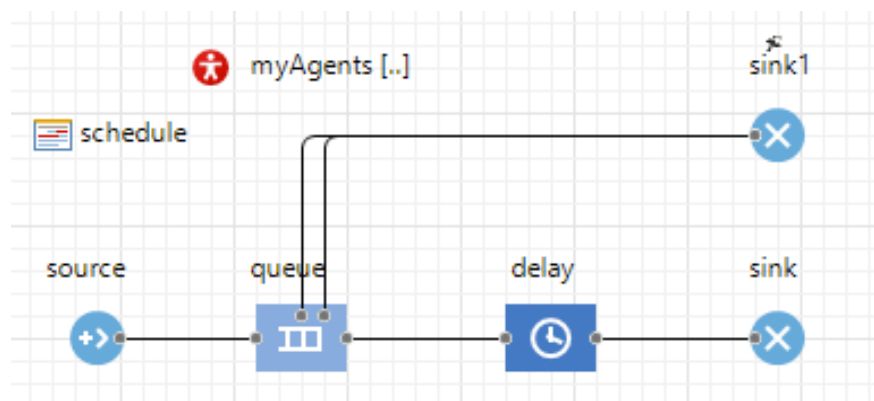


Рисунок 3.14 – Основна модель пакетної передачі

Зображені зображення показані як (рисунок 3.14):

- Source – джерело заявок;

- Queue – черга чекаючих на обслуговування заявок;
- Delay – елемент моделюючий вузол обслуговування;
- Sink – елемент, який приймає відпрацьовані заявки.

Як уже говорилося раніше, для встановлення розподілу Парето у програмі AnyLogic нам потрібно написати наступну команду: `pareto(0.1445, 0.7225)`.

У елементі queue необхідно написати команди: `agent.time_to_service = time()`.

Крім того, щоб взяти до уваги той факт, що на час черги даних нам потрібно додати різницю між командою часу для обслуговування та часом введення (рисунок 3.15). `data_queue_time.add(agent.time_to_service-agent.enter_time)`.

Згідно з прийнятими стандартами, блоки в діаграмі процесу зазвичай розміщуються ланцюжком зліва направо, виставляючи собою послідовну послідовність операцій, які будуть виконуватися над заявкою. Queue моделює чергу замовлень, які чекають способу об'єктами, належними за відомостями об'єктом у діаграмі процесу.

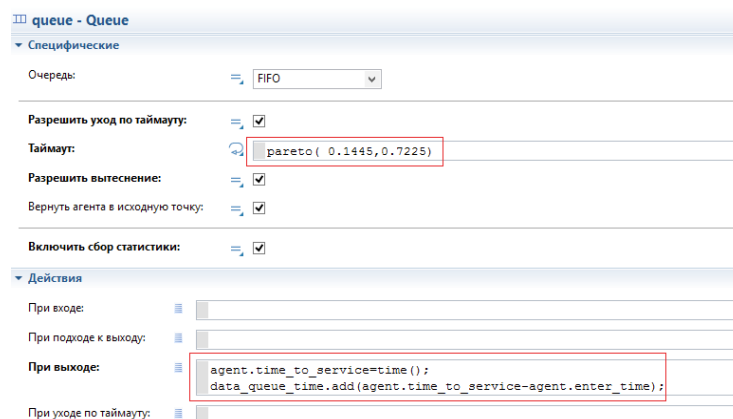


Рисунок 3.15 - Встановлення специфікацій в елементі черги

У нашому випадку він імітуватиме ряд вимог, що чекають на розрядку сервера. Об'єкт Queue моделює рядок відкладених ордерів з об'єктами, які йдуть за нею на блок-схемі, або моделює сховище аранжування, що спільно

використовується. У разі потреби можна встановити максимальний час затримки для замовлень усередині лінії. Запит має можливість залишити Лінію протесту абсолютно різними способами: в межах звичайного шляху через зовнішню гавань, коли питання, яке стоїть після цього питання в блок-схемі, готове підтвердити запит [8].

На рисунку 3.16 потрібно встановити час затримки, як показано на рисунку 3.4, це Exponential (1, 0, 6).

delay - Delay

Имя: delay Отображать имя Исключить

Тип задержки: Определенное время
 До вызова функции stopDelay()

Время задержки: exponential (1, 0, 6)

Вместимость: 1

Максимальная вместимость:

Действия

При входе:

При подходе к выходу:

При выходе:

```
agent.exit_time=time();
data_service_time.add(agent.exit_time-agent.time_to_service);
data_system_time.add(agent.exit_time-agent.enter_time);
```

При излечении:

Рисунок 3.16 - Встановлення специфікацій елемента затримки

Передача, згідно із законом Сімпсона, є розширенням двох довільних факторів, що відповідають закону зростання до правдоподібності, з однаковими параметрами поширення. Розсіюючий вигин має форму рівнобедреного трикутника, тому закон Сімпсона часто називають законом трикутника.

В загалом, в елементі затримки ми маємо скопіювати кроки, як ми робили раніше:

Як показано на рисунку 3.16, написані такі команди:

- Agent.exit_time=time().
- Data_service_time.add(agent.exit_time-agent.time_to_service).
- Data_system_time.add(agent.exit_time-agent.enter_time).

Як видно з рисунку 3.17, математичне очікування інтервалу між надходженнями пакетів у потоці, розподіленому за законом Парето, становить $T =$

4,298.

Причому параметр Парето $\alpha = 0,1445$. Як зазначалося вище, розподіл Парето для інтервалів між вхідними пакетами було вибрано, тому що він добре апроксимує інтервали між пакетами в самоподібному процесі.

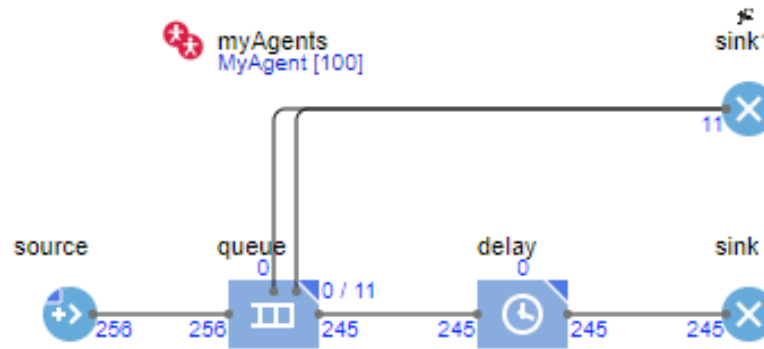


Рисунок 3.17 - Остаточна імітаційна модель із розподілом Парето

Тут, з рисунка 3.18, ми можемо зробити висновок, що всього було 256 пакетів, 11 з них отримали збій, тоді як 245 пакетів досягли місця призначення плюс один затримався.

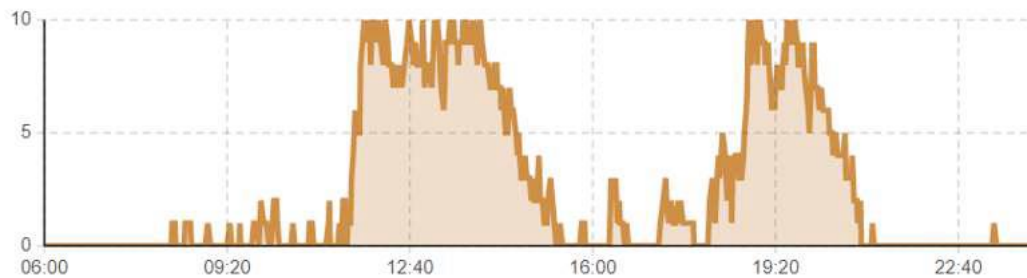


Рисунок 3.18 - Моделювання самоподібного трафіку для СМО типу Pa/M/1/K в AnyLogic

Крім того, показані гістограми даних часу очікування в черзі, часу обслуговування та побудованого системного часу, а також середній час, де $T_{queue}=21.566$, $T_{service}=4.298$, $T_{system}=25.977$. Крім того, звідси очевидно, що рівняння однорідності виконується: Час очікування + час обслуговування = системний час, (3.11):

$$T_{\text{queue}} + T_{\text{service}} = T_{\text{system}}. \quad (3.11)$$

$$21.566 + 4.298 = 25.977.$$

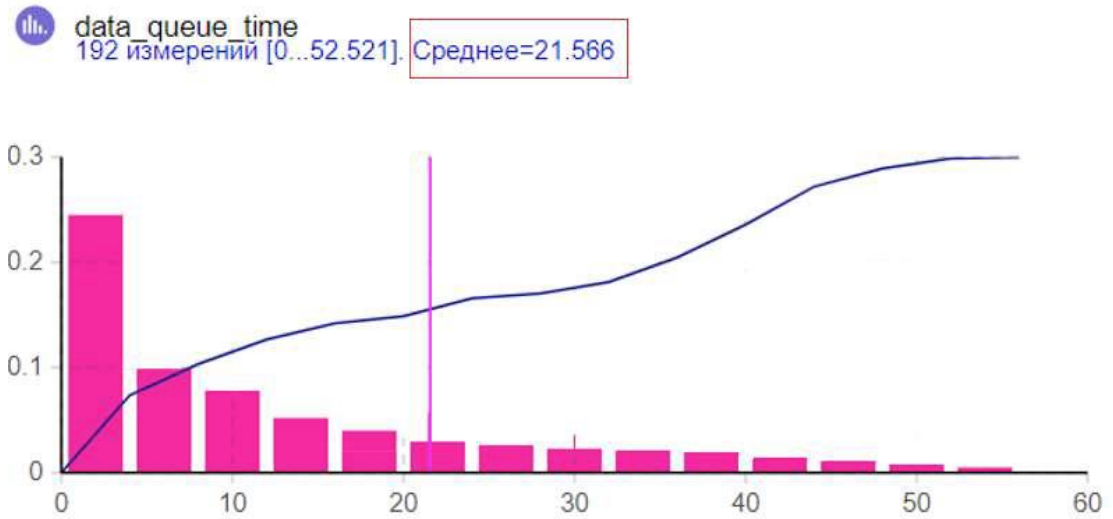


Рисунок 3.19 - Гістограма часу очікування у черзі

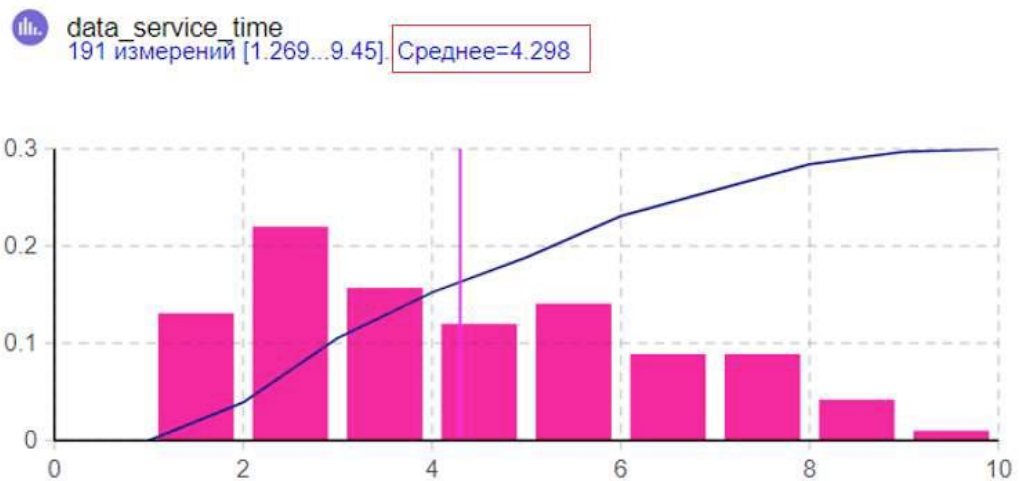


Рисунок 3.20 – Гістограма часу обслуговування

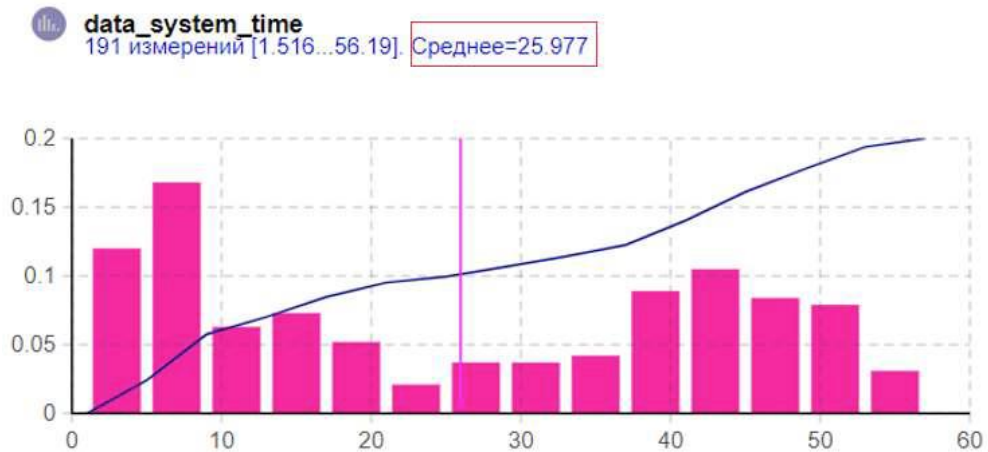


Рисунок 3.21 – Гістограма системного часу

В підсумку маємо:

- 1) моделювання самоподібного трафіку для СМО Ра/М/1/к:
 - вхідні запити розподіляються за законом Парето.
 - розподіл часу обслуговування – експоненційний;
 - однолінійна система;
 - довжина черги запитів дорівнює К.
- 2) У програмах, що використовують дистрибутив Парето, у середовищі AnyLogic імітаційна модель, розроблена для дослідження характеристик самоподібного трафіку.
- 3) Моделювання самоподібного трафіку здійснюється СМО типу Ра/М/1/К з використанням розподілу Парето. Початкові дані:
 - параметр форми $\alpha \approx 0,1445$;
 - нижня межа даних $k = 0,7225$.
- 4) Самоподібний трафік характеризується наявністю «сплесків» та тривалою залежністю між точками програми для даних даного дослідження доцільно використовувати сплайни лінійної інтерполяції.
- 5) Діаграма Парето, також звана діаграмою Парето, є вертикальною гістограмою, на якій значення відображаються в порядку зменшення відносної частоти зліва направо. Діаграми Парето надзвичайно корисні для аналізу проблем, що потребують уваги в першу чергу, тому що стовпці вище в діаг-

рами, які представляють частоту, ясно показують, які змінні мають найбільший сукупний вплив на цю систему.

б) Діаграма Парето дає графічне уявлення принципу Парето, теорії, яка стверджує, що 80% вихідних даних в даній ситуації або системі проводиться при 20% вхідних даних.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі аналізувався M2M-трафік у бездротових мережах. У першій частині розглядався поточний стан ринку послуг IoT та M2M. Перспективи розвитку у світі, діяльність мереж та сервісів M2M, постачальників послуг IoT, M2M на базовому ринку тощо.

Друга частина роботи складається з особливостей M2M-трафіку, аналізу вузькосмугових мереж для обслуговування пристроїв (технологія LoRaWAN, NB-IoT), також було встановлено самоподібний вхідний трафік та зроблено узагальнений огляд розподілу Вейбулла та розподілу Парето. У третій частині експерименти проводилися на імітаційній моделі серед AnyLogic. Моделювання самоподібного трафіку виконується СМО з типу W/M/1/K, Pa/M/1/K з використанням розподілів Вейбулла та Парето відповідно. Поява імітаційного моделювання у фреймворку AnyLogic показала, що при експоненційному розкиді припиняються такі імперативні показники, як затримка, середній час очікування у черзі, середня довжина черги, загальна затримка у вузлі обслуговування отримують занижену оцінку.

Отже, при моделюванні M2M-активності не можна не враховувати таку властивість, як самоподібність. Для аналізованих даних було розраховано параметр Херста $H = 0.578$, що означає, що трафік має властивість самоподібності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Іванісенко І.М, Поліканов Д. А. Використання аналізатору Wireshark щодо оптимізації мережевого трафіку // Тези доповідей дванадцяті міжнародної науково-технічної конференції. Харків-Баку-Жиліна : 2022,– Т.1.– с. 55.
2. Абаев П.О., Бесчастный В.А., Царёв А.С., Самуйлов К.Е. Об оценке времени пребывания в очереди в программно-конфигурируемых сетях. В сборнике: Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN-2016) материалы Девятнадцатой международной научной конференции: в 3 томах. Под общей редакцией В. М. Вишневого и К. Е. Самуйлова. 2016. С. 9-16
3. Аваков Р.А., Гольденберг Л.М., Игнатъев В.О. Электронные управляющие машины. // М.: Радио и связь, 1979.
4. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И. Управление большими системами. Выпуск 16 // М.: ИПУ РАН, 2007. С.26-39
5. Антамошин А. Н., Близнова О. В., Бобов А. В., Большаков А. А., Лобанов В. В., Кузнецова И. Н. Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами. Под ред. профессора А. А. Большакова. // М.: Горячая линия-Телеком, 2006.
6. Шелухин О.И. Моделирование информационных систем. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 25 с.
7. Бегишев Вячеслав Олегович, Моделирование технологии узкополосного интернета Вещей(NB-IoT) для сотовых сетей связи, Москва, Россия - 25-45с.
8. Carles Anton-Harro, Mischa Dohler, Machine-to-machine Communications, Architecture, Performance and Applications 1st edition,2015. - 30-48-62 p.
9. Jan Holler, Vlasios Tsiatsis, Catherine Mulligan, Stamatis Karnouskos,

David Boyle, From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence, -10-61-129 p.

10. Machine-to-Machine Communications Architectures, Technology, Standards and Applications, Vozhislav B, Jelena Mistic, 2015 -57-31 p.

11. David Boswartchick, Omar Elloumi, Olivier Hersent, M2M Communications A Systems Approach, 2012 y. -95-143 p.

12. River Publishers Internet of Things and M2M Communications, 2013. - 183 p.

13. Зарипова Э.Р., Ардила П.А. Моделирование процедуры установления M2M-соединения по радиоканалу случайного доступа в сетях LTE.- Москва, Россия, -45-46 с.

14. O. A. Mahmud, A. I. Paramonov. Traffic analysis of the internet of things. Approach to modeling. (2017) // 3rd international scientific and technical conference of students, postgraduates and young scientists "Internet of things and 5G (INTHITEN 2017)», pp 74-79. <http://inthiten.org/doc/2017/74-79.pdf>.

15. V. O. Tikhvinskiy, G. S. Bochechka, V. A. Koval, A. I. Babin (2017). Network IoT/M2M: technology, architecture and applications - M.: Isadella "Media publisher", pp. 70–75.