

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ В ІМІТАЦІЙНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ДЛЯ МЕРЕЖІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

На сьогоднішній день інформаційні технології є одним з основних ресурсів розвитку ведучих країн світу. Кінець XX і початок XIX століть характеризуються кількісним та якісним ростом комп'ютерних мереж. Сучасні комп'ютерні технології забезпечують користувачам широкий набір послуг: електронну пошту, передачу голосових і факсимільних повідомлень, роботу з віддаленими базами даних у реальному масштабі часу.

Для широкого використання переваг сучасних інформаційних технологій збору, транспортування та збереження інформації необхідно планувати мережеве навантаження мереж передачі даних. Закони функціонування комп'ютерних мереж та систем передачі даних не завжди відомі, або мають імовірнісну природу. Поведінка систем багато в чому визначається людським чинником, що створює додаткову невизначеність при спробі її обрахунку. Тому в умовах стохастичної невизначеності, де результат залежить від складно взаємозалежних між собою випадкових подій і аналітичні обчислення нереальні, застосовується імітаційне моделювання мереж передачі даних.

**Актуальність дослідження.** Програмні системи моделювання мереж – інструмент, який може стати в нагоді будь-якому адміністраторові корпоративної мережі, особливо при проектуванні нової мережі або внесенні кардинальних змін у вже існуючу. Продукти даної категорії дозволяють перевірити наслідки впровадження тих або інших рішень ще до оплати устаткування. Програми імітаційного моделювання мережі використовують в своїй роботі інформацію про просторове розташування мережі, число вузлів, конфігурацію зв'язків, швидкість передачі даних, тип устаткування та протоколів та інше. Класифікують системи по двох зв'язаних критеріях: ціна і функціональні можливості. Як і слід було чекати, функціональні можливості систем моделювання жорстко пов'язані з їх ціною. Аналіз пропонованих на ринку систем показує, що динамічне моделювання обчислювальних систем – справа вельми дорога.

При імітаційному моделюванні мережі не потрібно купувати дорогого устаткування – його робота імітується програмами, які достатньо точно відтворюють всі основні особливості і параметри такого устаткування. Перевагою імітаційних моделей є можливість підміни процесу зміни подій в досліджуваній системі в реальному масштабі часу на прискорений процес зміни подій в темпі роботи програми. В результаті за декілька хвилин можна відтворити роботу мережі протягом декількох днів що дає можливість оцінити роботу мережі в широкому діапазоні варіюваних параметрів. Результатом роботи імітаційної моделі є зібрані в ході спостереження статистичні дані про найбільш важливі характеристики мережі: часах реакції, коефіцієнтах використання каналів і вузлів, вірогідність втрат пакетів [4]. Також існують спеціальні мови імітаційного моделювання, які полегшують процес створення програмної моделі в порівнянні з використанням універсальних мов програмування [6].

**Аналіз останніх досліджень.** Ринок програмного забезпечення представлений багатьма системами імітаційного моделювання різного класу – від простих програм до могутніх систем що включають бібліотеки комунікаційних пристроїв які дозволяють в значній мірі автоматизувати дослідження мережі. Кожна із систем моделювання має свої недоліки, від дуже високих цін (яскравим представником є система COMNETIII компанії SACS Product 3), до вкрай нерозвинутого інтерактивного графічного інтерфейсу (система імітаційного моделювання NS2). Це створює не тільки незручності для користувача, але й вимагає витратити час на освоєння нового програмного продукту. Крім того не всі системи дозволяють провести імітаційне моделювання комп'ютерної мережі передачі даних використовуючи різні алгоритми маршрутизації [5].

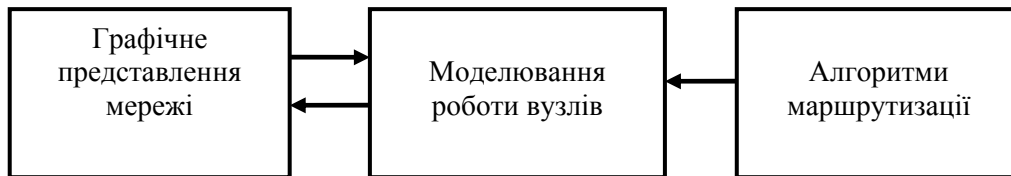
В основу наукових досліджень покладено методологію імітаційного моделювання (для розробки системи ІМ), теорію проектування комп'ютерних систем та мереж (для розробки структури комп'ютерної мережі), математичні моделі використання алгоритмів маршрутизації (для дослідження роботи КМ), методи математичної статистики (для дослідження ефективності роботи статичних та динамічних алгоритмів)

**Мета статті** – розробка системи імітаційного моделювання мереж передачі даних з

використанням алгоритмів оптимізації маршрутизації. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких взаємопов'язаних задач як проведення порівняльного аналізу статичних та динамічних алгоритмів маршрутизації; розробка алгоритмів оптимальної маршрутизації; проведення дослідження статичних та динамічних алгоритмів маршрутизації.

**Виклад основного матеріалу.** Програмна архітектура складається з трьох модулів:

- графічне представлення комп'ютерної мережі;
- моделювання роботи вузлів мережі;
- алгоритми маршрутизації.



*Рисунок 1 – Структура програми*

Як видно з рисунка 1 модулі програми не є цілком незалежними один від одного. На модуль графічного представлення графу покладені обов'язки по рисуванні останнього у клієнтській частині програми, переміщення вузлів та ребер, збереження параметрів вузлів та ребер, анімація руху пакетів по лініях зв'язку, анімація вмісту буфера та відкидання пакетів при переповненні. Інформація про просторове розташування вузлів записується у файл та зчитується з нього. При моделюванні роботи вузлів використовується інформація про кількість вузлів, їхні зв'язки та параметри як і вузлів так і ліній зв'язку. На етапі моделювання інформація з вузлів моделювання роботи, а саме анімаційні пакети, передається у модуль графічного представлення. Даний спосіб організації цілком відповідає об'єктно-орієнтованій архітектурі, цим самим ми маємо можливість цілком і повністю змінити спосіб представлення вузлів і ребер із кілець і ліній на більш зрозумілі зображення мережевого обладнання, не змінюючи при цьому код клієнтських по відношенню до графа модулів. Наявність двонаправлених ліній у зображенні можна охарактеризувати як напрям передачі інформації, у даному випадку інформація передається як і з модуля графіки у модуль імітації роботи вузлів так і у зворотну сторону [6].

Комп'ютерну мережу можна розглядати як орієнтований граф, в якому кожна вершина відповідає вузлу комутації пакетів, а лінії зв'язку між вузлами відповідає пара паралельних ребер, по кожному з яких дані передаються в одному напрямі. Виходячи із цієї інформації і було реалізоване графічне представлення графа. У такій мережі для передачі пакету від вузла-джерела вузлу-одержувачу по різних лініях через декілька комутаторів пакетів потрібно ухвалити рішення про вибір маршруту. Це завдання еквівалентне пошуку шляху в графі. Для об'єднаної мережі, такої як Інтернет, представлення її у вигляді орієнтованого графа також є прийнятним. В цьому випадку кожній вершині відповідає маршрутизатор. Якщо два маршрутизатори безпосередньо приєднано до однієї і тієї ж локальної або глобальної мережі, тоді це двостороннє з'єднання відповідає парі паралельних ребер, що сполучають відповідні вершини. Якщо до мережі безпосередньо приєднано більше двох маршрутизаторів, тоді ця мережа представляється у вигляді безлічі пар паралельних ребер, кожна з яких сполучає два маршрутизатори. У об'єднаній мережі для передачі пакетів від маршрутизатора-джерела до маршрутизатора-приймача по різних лініях через різні мережі і маршрутизатори пакетів потрібно ухвалити рішення про вибір маршруту. Практично у всіх мережах з комутацією пакетів і у всіх об'єднаних мережах рішення про вибір маршруту ухвалюється на основі одного з різновидів критерію мінімальної вартості. Якщо вибирається маршрут з мінімальною кількістю ретрансляційних ділянок, тоді кожному ребру, відповідній ретрансляційній ділянці, призначається одинична вага. Це завдання відповідає пошуку найкоротшого шляху в звичайному графові. Але найчастіше кожній ретрансляційній ділянці у відповідність ставиться певна величина, звана вартістю передачі. Ця величина може бути обернено пропорційній пропускній спроможності лінії, прямо пропорційному поточному навантаженню на цю лінію або бути якоюсь комбінацією подібних параметрів. При розрахунку вартості можуть враховуватися також такі критерії, як фінансова вартість використання ретрансляційної ділянки. У будь-якому випадку, вартості використання ретрансляційних ділянок є вхідними даними для алгоритму пошуку шляху з мінімальною вартістю, який може бути сформульований таким чином.

Хай є мережа, що складається з вузлів, сполучених двонаправленими лініями зв'язку, і кожній лінії поставлена у відповідність вартість пересилки даних в кожному напрямі. Вартість шляху між двома вузлами визначається як сума вартостей всіх ліній, що входять в даний шлях. Завдання полягає в тому, щоб знайти шлях з найменшою вартістю для кожної пари вузлів. Звернемо увагу на те, що вартість використання ретрансляційної ділянки може бути різною у різних напрямках. Наприклад, це справедливо у випадку, якщо вартість використання ретрансляційної ділянки пропорційна довжині черги, що чекають передачі. У теорії графів завдання знаходження шляху з найменшою вартістю відповідає завдання пошуку шляху з найменшою довжиною в зваженому орієнтованому графові. Більшість алгоритмів пошуку маршруту з найменшою вартістю, що застосовуються в мережах з комутацією пакетів і об'єднаних мережах, є варіації одного з двох загальних алгоритмів, відомих як алгоритм Дейкстри і алгоритм Беллмана-Форда [1].

На рис. 2. наведено UML-діаграму для реалізації класу графічного представлення графа з використанням модуля GRAPH {VERTEX,EDGE,NONE}.

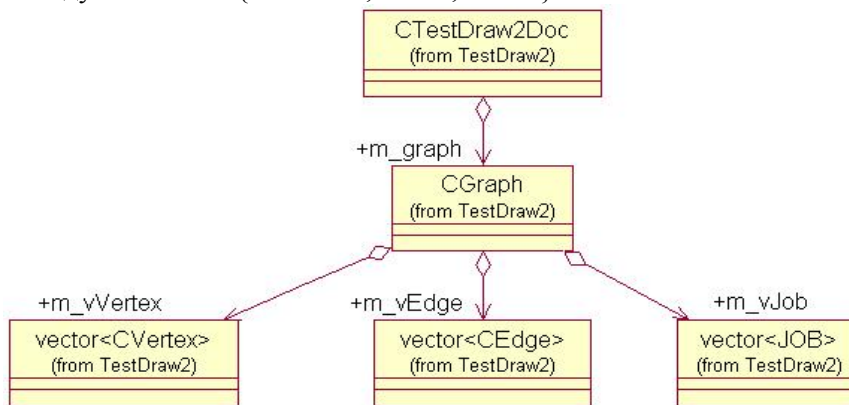


Рисунок 2 – UML-діаграма реалізації класу графічного представлення графа

Клас Host є абстрактною моделлю таких вузлів мережі як персональні комп'ютери, сервери, маршрутизатори, комутатори тощо. Кожен вузол, що являється екземпляром класу Host, містить у собі асоціативний масив `map<int,HostAndDataLink>` структур `HostAndDataLink` що зв'язують його із сусідніми вузлами і описують параметри ліній зв'язку. Для того щоб виконати безпосереднє зв'язування необхідно скористатися методом `bool AddHost(intnID, Host*pHost, ONELINK in OneLink)` і передати необхідні параметри. Маршрутизація здійснюється на основі таблиць маршрутизації що представляються як асоціативний масив `map<int, vector<int>>` векторів. Дана форма збереження дає можливість гнучко змінювати маршрути і задавати декілька альтернативних маршрутів до одного і того ж самого пункту призначення, крім того забезпечує уніфіковану роботу алгоритмів. Абстрактний буфер для збереження пакетів представлений класом `PacketBuffer`, UML-діаграма якого наведена на рисунку 3.

Особливість даної реалізації полягає є можливості динамічної конфігурації простої черги і черги з пріоритетами, а також можливість одержати доступ до перших пакетів у черзі що чекають на обробку. Робочі потоки, загальна кількість яких обчислюється як кількість робочих-потоків вузлів, що дорівнює загальній кількості вузлів мережі, плюс потоки вузлів-генераторів повідомлень, в циклі викликають методи `BufferPacket` або `RoutePacket`, в залежності від покладених на них обов'язків. Функція `bool BufferPacket(Packet inPacket)` виконує переміщення пакету у буфер очікування для передачі.

Процес ініціалізації імітації включає такі кроки:

1. Визначаємо кий тип та алгоритм маршрутизації обрав користувач.
2. Створюється екземпляр класу алгоритму маршрутизації.
3. Створюється екземпляр класу критерію маршрутизації (Requirements) та ініціалізується відповідною функцією генерування метрики маршрутизації.
4. Алгоритм маршрутизації (`pRoutingAlg`) ініціалізується вказівником на клас `AlgorithmDll`, у якому інкапсульовані методи роботи з графами, а також вказівником на щойно створений екземпляр класу критерію маршрутизації.
5. Створюється екземпляр класу `Imitation` та ініціалізується вказівником на клас `Network` та клас `CView`.

6. Викликається метод InitializeProtocol() класу Imitation в якості параметру передається вказівник на ініціалізований клас DynamicAlgorithm.

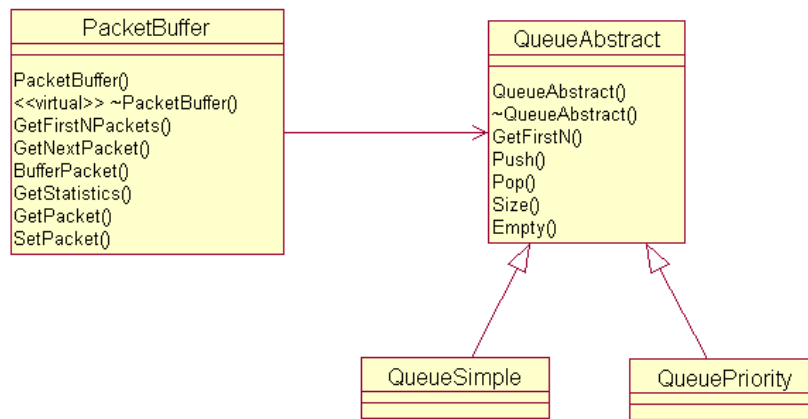


Рисунок 3 – UML-діаграма класу PacketBuffer

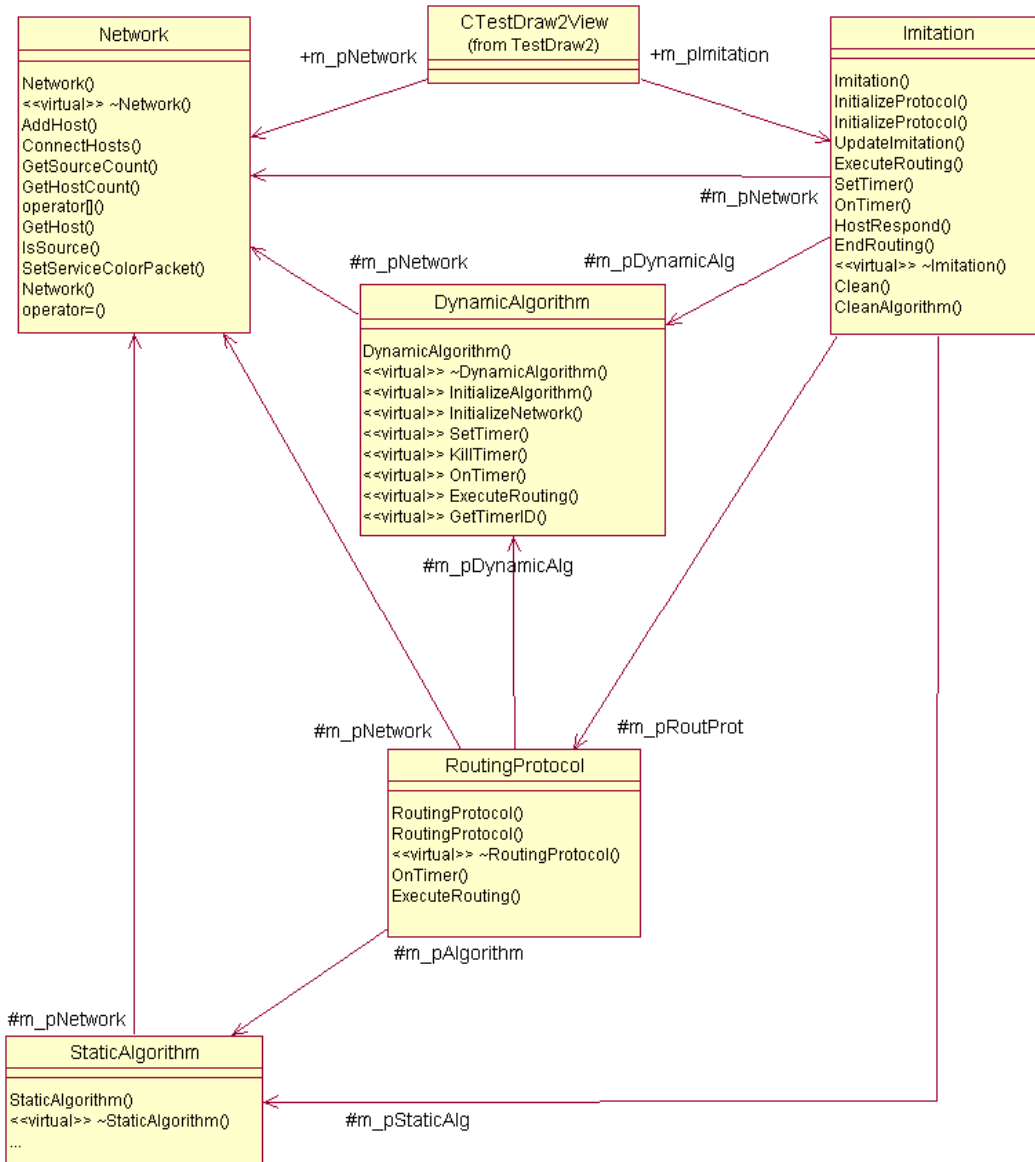


Рисунок 4 – UML-діаграма архітектури класів процесу моделювання

**Висновки.** Проведено детальний опис функціонування кожного із модулів на прикладі коду програми, UML-діаграм класів та зв'язків між ними, графічного інтерфейсу системи, описано всі етапи роботи з системою імітаційного моделювання S&N Simulator.

Детальний аналіз таких статичних алгоритмів маршрутизації: лавинна, випадкова та фіксована, що підтверджує непридатність їх використання у сучасних мережах передачі даних через неприпустимо високий трафік всередині мережі або нездатність реагувати як на зміни топології мережі так і на зміни навантаження на мережу чи не враховує параметри швидкодії вузлів та ліній зв'язку які мають властивість динамічно змінюватися шляхом удосконалення існуючих або розробки нових методів передачі даних. Динамічні алгоритми вільні від таких недоліків, але їм притаманні проблеми пов'язані з деталями реалізації. Проведено імітаційне моделювання глобальної комп'ютерної мережі з використання усіх алгоритмів маршрутизації та зроблено порівняльний аналіз результатів.

Розроблено систему імітаційного моделювання комп'ютерних мереж передачі даних, яка дозволяє проводити моделювання з врахуванням різних алгоритмів оптимізації маршрутизації, ручний користувацький інтерфейс системи імітаційного моделювання, що дозволяє досліджувати КМ без застосування додаткових засобів програмування.

**Перспективи подальших досліджень.** Розроблена система імітаційного моделювання дозволяє спроектувати комп'ютерну мережу шляхом побудови її елементів у клієнтській частині програми, проводити налаштування вузлів та ліній передачі даних змінюючи їх параметри, проводити імітаційне моделювання передачі даних використовуючи статичні та динамічні алгоритми які інтегровані у ядро програми, проводити аналіз ефективності роботи мережі на основі статистичних даних отриманих по завершенні моделювання. Такий підхід і подальше дослідження дозволить застосувати імітаційну модель для проектування комп'ютерних мереж будь-яких типів і топологій.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Вишневикий В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В. М. Вишневикий. – М.: Техносфера, 2003. – 512с.
2. Эккель Б. Философия C++ / Брюс Эккель. – Практическое программирование. – СПб.: Питер, 2004. – 608 с.
3. Круглински Д. Программирование на Microsoft Visual C++ 6.0 для профессионалов / Д. Круглински., Дж Шеферд. – СПб.: Питер, 2004 - 861 с.
4. Климаш М.М. Модель забезпечення параметрів якості обслуговування системи розподілу мультисервісного трафіку / М.М. Климаш, О.А. Лаврів, Б.А. Бугиль, Р.А. Бак // Вісник Нац. Університету "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка та телекомунікації". – 2011. – № 705. – С. 138–144.
5. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2010. – 944 с.
6. Klymash M. Multiservice traffic with self-similarity distribution system's parameters modeling and research. Proceedings of international conference / M. Klymash, O. Lavriv, B. Bugil // CADSM'2011. – P. 102 – 105.

*Джуган А.*

*Науковий керівник – проф. Терещук Г.В.*

## ОСОБЛИВОСТІ НАВЧАННЯ УЧНІВ ПРОФЕСІЙНО ТЕХНІЧНИХ УЧИЛИЩ РОБОТІ НА ВЕРСТАТАХ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ УПРАВЛІННЯМ

З зростанням технічного прогресу, відбувається все більше впровадження комп'ютерних технологій в машинобудування та виробництво з допомогою верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ) постійно вдосконалюючись. Верстати з ЧПУ дозволяє виробництву перейти на наступний рівень розвинутих технологій. У сучасному промисловому та експериментальному виробництві використовуються верстати, в яких пристрої ЧПУ виконані на базі мікропроцесорних платформ, сумісних з персональними комп'ютерами (ПК), як носії інформації використовуються дискети, або ж файли з керуючими програмами (КП) яка зчитується верстатом програмую його на виконання заданих операцій. Таким чином у галузі технологій машинобудування виробництво ставати більш великим.