

В.В. Гнатушенко, Н.О. Владимирська  
**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ  
БАГАТООДРЕСНОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ  
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АПАРАТУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

*Анотація. Створено імітаційну модель багатоадресної передачі даних для аналізу проходження трафіку та завантаженості мережі з mesh-топологією. Досліджено якість роботи даної моделі в залежності від часу роботи мережі, обсягу переданих повідомлень і кількості переходів. Розроблено систему нечіткого виведення з заданими залежностями параметрів мережі та правилами нечіткого виведення оцінки якості обслуговування вузлів, яка дозволяє підвищити якість обслуговування користувачів.*

*Ключові слова: модель, маршрутизація, система нечіткого виведення, багатоадресність.*

**Постановка проблеми**

Останнім часом розвиток мережевих технологій йде в напрямках: збільшення швидкості передачі даних, підвищення ступеня мобільності користувачів, розширення кількості послуг і ступеня інтелектуальності мережевого та абонентського обладнання [1]. Всі маршрутизатори, які підтримують протоколи багатоадресної розсилки або на яких вона встановлена незалежно від протоколів, створюють в мережі кілька копій пакетів такої розсилки тільки в точках розгалуження маршрутів, що дозволяє забезпечити найбільш ефективну доставку даних [2]. Найчастіше такий вид комунікації використовується при організації відеоконференцій, корпоративних мереж, дистанційного навчання, а також для поширення програмного забезпечення, біржових котирувань, новин і т.п.

Однак при використанні багатоадресної адресації існують проблеми, пов'язані з відсутністю гарантії успішної доставки пакетів через перевантаженість мережі. Вирішення цих питань пов'язано з відновленням втрачених пакетів і розробкою маршруту проходження пакетів до груп одержувачів. Дослідження всіх факторів зводить за-

дачу маршрутизації до вирішення завдання оптимального розподілу ресурсів мережі. Використання нечіткої логіки в рішенні питань маршрутизації забезпечує наступні переваги: можливість нечіткої формалізації критеріїв оцінки і порівняння; проведення якісних оцінок, як вхідних даних, так і вихідних результатів; дозволяє проводити порівняльний аналіз із заданою точністю; допускає швидке моделювання мереж і автоматизацію процесу визначення маршруту.

#### **Аналіз останніх досліджень**

Недолік традиційних методів маршрутизації трафіку в multicast-мережах полягає в тому, що шляхи вибираються без урахування поточного завантаження ресурсів мережі [3-5]. У технологіях мультікастинга в телекомунікаційних мережах проведено багато досліджень по створенню нових алгоритмів статичної оптимізації передачі даних [6], оптимізації структури мережі з точки зору завантаженості [7]. Запропоновано метод гілок і меж для ефективно оптимізації оптимальної структури мережі передачі даних [8]. Також було запропоновано новий підхід щодо підвищення пропускної здатності [9] для знаходження оптимального поєднання параметрів запитів передачі даних, і підхід до вирішення проблем передачі великого обсягу інформації [10]. Інші автори аналізують передачу даних в таких мережах, але не приділяють достатню увагу забезпеченню виконання вимог до якості обслуговування.

В даний час залишається актуальним і затребуваним питання оптимізації процесів багатоадресної передачі даних в мережах, а так само потреба в розробці нових моделей для вирішення цих завдань.

#### **Формулювання цілей статті (постановка завдання)**

Мета роботи полягає в розробці імітаційної моделі мережі з використанням багатоадресної передачі даних, дослідженні її завантаженості в залежності від різних параметрів (розмір переданих повідомлень, часу роботи мережі і кількість переходів) і аналізі результатів моделювання з застосуванням апарату нечіткої логіки.

#### **Основна частина**

В даному дослідженні розроблені імітаційні моделі multicast-мережі в середовищі OPNET і MatLAB для дослідження параметрів, які впливають на завантаженість мережі. Для моделювання мережі в середовищі OPNET була використана mesh топологія мережі, оскільки вона характеризується високою стійкістю до відмов. В даному ви-

падку кожна робоча станція мережі з'єднується з декількома іншими робочими станціями цієї ж мережі з можливим прийняттям на себе функцій комутатора для інших робочих станцій. Кожен комп'ютер має безліч можливих шляхів сполучення з іншими комп'ютерами. Ця топологія допускає з'єднання великої кількості комп'ютерів і характерна, як правило, для великих мереж.

У середовищі OPNET була побудована модель багатоадресної передачі даних, яка складається з шести маршрутизаторів, кожен з яких пов'язаний один з одним (рис. 1). Такий зв'язок забезпечує безперервну роботу мережі і малоймовірну її перевантаженість. Це обумовлено тим, що існує кілька шляхів передачі інформації від одного маршрутизатора до іншого, оскільки мережа має достатню кількість переходів. Максимальна кількість переходів по мережі - п'ять. Загальна кількість переходів - 15. При побудові мережі використовувалися маршрутизатори Cisco4000 і кабель 100BaseT для їх зв'язку. Встановлено стандартні параметри маршрутизаторів, режим багатоадресної передачі даних і передбачена передача пакетів невеликого обсягу інформації (до 256 МБ). Далі була проведена симуляція, при якій обсяг даних був збільшений спочатку до 1 ГБ, а потім до 10 ГБ.

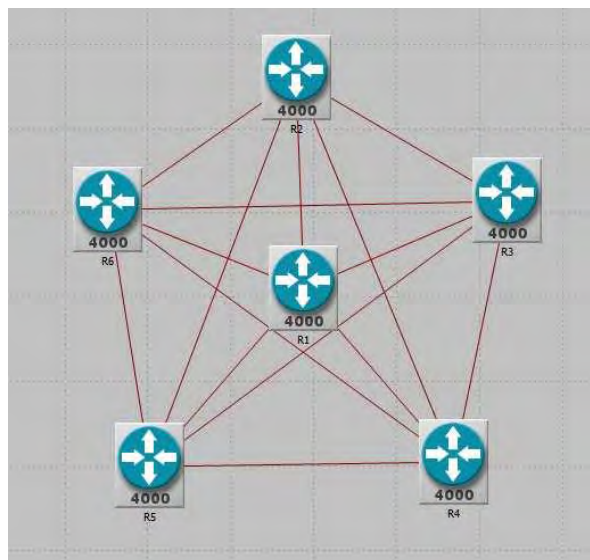


Рисунок 1 - Імітаційна модель в середовищі OPNET з використанням mesh-топології мережі

Робота мережі була протестована протягом 1, 10 і 30 хвилин. Отримано результати затримок при обробці пакетів і затримок від вузла до вузла, а також завантаженості мережі на кожному з переходів. При аналізі експериментальних даних моделювання було встановле-

но, що чим довше мережа знаходиться в роботі, тим більше збільшується час затримки при передачі пакетів, і, відповідно, завантаженість на окремих ділянках мережі, що негативно впливає на її подальшу роботу. На графіку затримок при обробці пакетів також спостерігаються зміни, але протилежні. На всіх маршрутизаторах в більшій чи меншій мірі відбулося зниження часу затримок обробки пакетів. Це свідчить про збільшення швидкості роботи мережі, але кількість пакетів теж збільшується, тому і виникає перевантаженість.

Отримані дані показали, що параметри якості обслуговування при використанні mesh-топології не залежать від розміру переданої інформації, але змінюються зі збільшенням часу роботи моделі. Використання нечіткої логіки при побудові маршрутизації дозволяє проводити якісні оцінки як вхідних, так і вихідних даних, робить можливим проведення порівняльного аналізу, тому розроблено імітаційну модель в середовищі MatLAB для подальшого дослідження.

Вхідними змінними є час роботи мережі, кількість переходів і обсяг переданих повідомлень, значення яких впливають на затримки, а вихідною змінною є завантаженість мережі. Значення вхідних і вихідних даних відповідають значенням представленої моделі. Для моделювання використовується система типу Сугено.

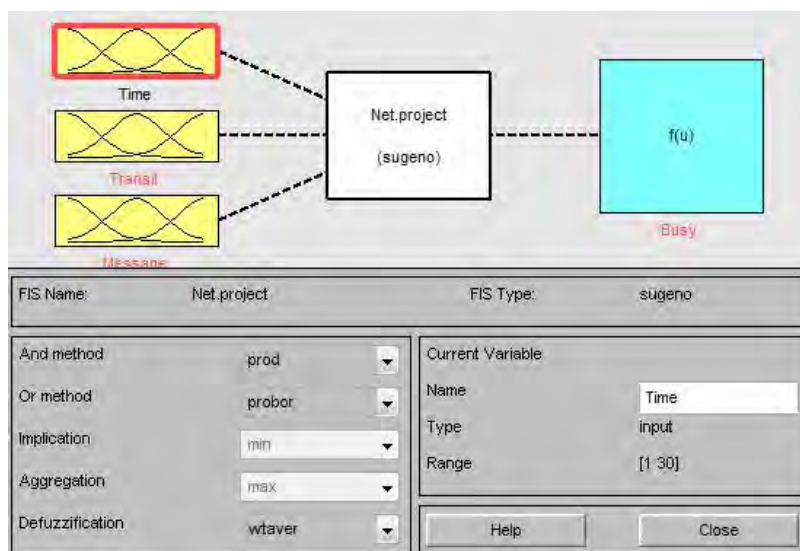


Рисунок 2 - Система нечіткого виводу в середовищі MatLAB

Використовується тип функцій приналежності - гаусівська. Вхідні функції приналежності:

1. Час роботи мережі «Time». Для даної функції використовуємо такі терм-множини - короткий час роботи мережі «Little» (1 хв.), середній - «Medium» (10 хв.) і тривалий - «High» (30 хв.).

2. Кількість переходів «Transit». Для даної функції використовуємо такі терм-множини - мінімальна кількість переходів «Min» (1), середня - «Middle» (2-4) і максимальна - «Max» (5).

3. Обсяг переданих повідомлень «Message». Для даної функції використовуємо такі терм-множини - повідомлення маленького обсягу «Small» (близько 256 МБ), середнього - «Average» (близько 1 ГБ) і великого - «Big» (близько 10 ГБ).

Вихідна функція - завантаженість мережі «Busy»; терм-множини - незначна завантаженість мережі «Low», нормальна - «Normal» та висока завантаженість мережі, що передуює перевантаження «Overload». Для визначення завантаженості мережі визначаємо інтервал [0 1], де 0 - мережа незначно завантажена, а 1 - висока завантаженість мережі. Складено поєднання залежності терм-множин - 27 комбінацій. Отримані результати залежностей наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Залежності терм-множин

№	Time	Transit	Message	Busy
1	High	Max	Big	Overload
2	High	Middle	Big	Overload
3	High	Min	Big	Normal
4	High	Max	Average	Overload
5	High	Middle	Average	Overload
6	High	Min	Average	Normal
7	High	Max	Small	Overload
8	High	Middle	Small	Normal
9	High	Min	Small	Normal
10	Medium	Max	Big	Overload
11	Medium	Middle	Big	Normal
12	Medium	Min	Big	Normal
13	Medium	Max	Average	Normal
14	Medium	Middle	Average	Normal
15	Medium	Min	Average	Low
16	Medium	Max	Small	Normal
17	Medium	Middle	Small	Normal
18	Medium	Min	Small	Low
19	Little	Max	Big	Normal
20	Little	Middle	Big	Normal
21	Little	Min	Big	Low
22	Little	Max	Average	Low
23	Little	Middle	Average	Low
24	Little	Min	Average	Low
25	Little	Max	Small	Normal
26	Little	Middle	Small	Low
27	Little	Min	Small	Low

За допомогою даних комбінацій визначено правила нечіткого виведення для моделювання даних залежностей. З 27 комбінацій отримали відповідно 27 правил нечіткого виводу.

Результати моделювання представлені в графічному вікні, де відображається хід логічного висновку по кожному правилу, результуюча нечітка множина і виконання процедури дефаззифікації.

Результати проходження процесу маршрутизації наступні: час роботи мережі - 15,5 хвилин, кількість переходів - 3, розмір переданого повідомлення - 5 ГБ. При цьому завантаженість мережі середня. Для аналізу адекватності розробленої нечіткої моделі використовуються поверхні нечіткого виведення, що дозволяє оцінити вплив двох з трьох вхідних нечітких змінних на вихідну нечітку змінну. Основною є залежність завантаженості мережі від часу її роботи, яка демонструє, що дані процеси мають прямо пропорційну залежність.

#### **Висновки та перспективи подальших досліджень**

Аналіз завантаженості мережі з багато адресною передачею даних із застосуванням алгоритмів нечіткої логіки показав, що затримки в мережі при її безперервній роботі провокують перевантаження мережі. Щоб уникнути перевантаження і отримати можливості передачі великого обсягу даних протягом тривалого часу, мережа повинна мати високу пропускну здатність і достатньою кількістю переходів, щоб забезпечити мінімальні затримки від вузла до вузла і, відповідно, безперервну роботу мережі.

Параметри якості обслуговування при використанні mesh-топології в мережах не залежать від розміру переданої інформації, але змінюються зі збільшенням часу роботи моделі. Використання нечіткої логіки при аналізі завантаженості мережі з mesh-топологією дозволяє оптимізувати кількість переходів і обсяг переданих повідомлень, що в свою чергу підвищує якість обслуговування користувачів.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. 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.
2. Гнатушенко, В.В. Оценка эффективности протоколов маршрутизации при доставке потоковых данных в самоорганизующихся беспроводных сетях [Текст] /В.В. Гнатушенко//Нові технології. – 2013. – Випуск 3-4 (41-42). – С. 100-103

3. Andreica, M.I. Data Distribution Optimization using Offline Algorithms and a Peer-to-Peer Small Diameter Tree Architecture with Bounded Node Degrees/ M.I.Andreica, E-D. Tirsca, N. Tapus//Proc. of the 17th Intl. Conf. on Control Systems and Computer Science (CSCS). – 2009. – Vol. 2.– pp. 445-452
4. Takizawa, H. Optimized Data Transfers Based on the OpenCL Event Management Mechanism / H. Takizawa, Sh. Hirasawa, M. Sugawara, I. Gelado, H. Kobayashi, Wen-mei W. Hwu // Scientific Programming.– 2015.– pp.356-371
5. Nyrkov, A.P. Algorithmic Support of Optimization of Multicast Data Transmission in Networks with Dynamic Routing / A.P. Nyrkov, A.S. Belousov, S.S. Sokolov // Modern Applied Science.– 2015.– 9 (5).– pp. 68-74
6. Чернышев, Ю.О. Алгоритм статической оптимизации передачи данных/ Ю.О. Чернышев, Н.Н. Венцов, С.А. Мухтаров// Известия Южного федерального университета. Технические науки.– 2013.– Выпуск № 7 (144).– С.147-161
7. Потуремский И. В. Оптимизация структуры сети Ethernet с точки зрения загруженности [Текст] / И. В. Потуремский, Д. А. Бородавкин // Молодой ученый. — 2010. — №9. — С. 73-77.
8. Лазарев, Е. А. Метод ветвей и границ для оптимизации структуры сети передачи данных/ Е. А. Лазарев, Д. Е. Шапошников, П. В. Мисевич // Известия волгоградского государственного технического университета.– 2012.– Выпуск № 14, том 10.– С.95-104
9. Balman, M. Hysteresis-based Optimization of Data Transfer Throughput / M. Balman, S. Byna, Brian L. Tierney // Proceedings of the Fifth International Workshop on Network-Aware Data Management (NDM '15).– NY: ACM New York, 2015 – pp.134-146
10. Gounaris, A. Robust Runtime Optimization of Data Transfer in Queries over Web Services /A. Gounaris, Ch. Yfoulis, R. Sakellariou, Marios D. Dikaiakos// International Conference on Data Engineering.– 2008.– pp. 596-605