

УДК 004.9

Мелешко Є.В., докт. техн. наук, професор
Дреєва Г.М., аспірант

Дреєв О.М., канд. техн. наук, доцент

Якименко М.С., канд. техн. наук, доцент

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький,

elismeleshko@gmail.com

ПРОГРАМНА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ЙМОВІРНІСТЮ ВТРАТИ ІР-ПАКЕТІВ ТА ЗНАЧЕННЯМ ФРАКТАЛЬНОЇ РОЗМІРНОСТІ ТРАФІКУ

Комп'ютерна мережа у розробленій моделі представлена повнозв'язним неорієнтованим зваженим графом, в якому вузлами є маршрутизатори, а ребрами – мережеві зв'язки між ними. Вага ребер – величина обернена до пропускної спроможності каналу зв'язку. Вузли містять у собі черги, в яких розміщуються прийняті пакети перед визначенням маршруту їх відправлення та відправкою на наступний вузол. Час у моделі представлений дискретними ітераціями. Маршрутизація здійснюється на основі алгоритму, який і необхідно протестувати на моделі. Етапи роботи розробленої програмної імітаційної моделі комп'ютерної мережі:

Етап 1. Генерація структури комп'ютерної мережі (рис. 1) на основі вдосконаленої та адаптованої моделі Барабаші-Альберт [1].

Етап 2. Перевірка чи отриманий граф мережі повнозв'язний. Якщо згенерований граф не повнозв'язний – додавання ребер між відокремленими частинами графу.

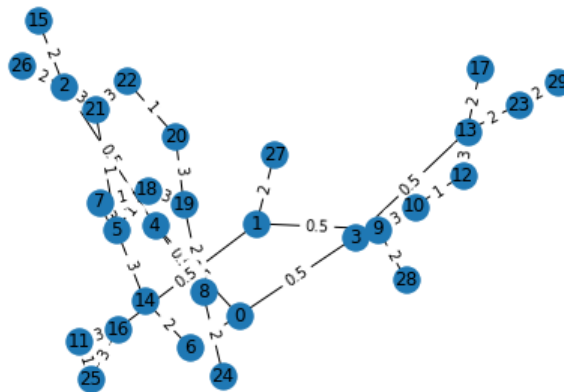


Рис. 1 – Приклад структури комп'ютерної мережі, згенерованої у розробленій моделі

Етап 3. Присвоєння ребрам ваги, що залежить від, того, які вершини вони з'єднують – чим більше зав'язків у вузлів, які з'єднує ребро, тим менша вага цього ребра (і відповідно тим більша пропускна спроможність відповідного каналу зв'язку).

Етап 4. Генерація пакетів трафіку на відправку. На кожен вузол з деякою ймовірністю відправляється випадкова кількість пакетів з випадковими адресатами. Пристрій, що отримав пакети ставить їх у свою внутрішню чергу. Трафік генерується з фрактальними властивостями [2] на основі теорії марківських процесів, що часто використовується для моделювання трафіку різних систем масового обслуговування.

Етап 5. Тестування алгоритмів маршрутизації. Обирається алгоритм маршрутизації для тестування. Пакети трафіку, що стоять у чергах у вузлах мережі обслуговуються за допомогою обраного алгоритму маршрутизації. Моделюється рух пакетів по мережі. Якщо деякому пакету не вистачило місця у черзі деякого вузла – пакет втрачається. У моделі підраховуються всі отримані та втрачені пакети.

Етап 6. Завершення роботи моделі. Відбувається по досягненню заданої кількості ітерацій (наприклад, 1000 ітерацій), або якщо модель працює у другому режимі роботи, то умовою зупинки також може бути стан, коли всі черги порожні і всі пакети знаходяться серед розісланих чи втрачених.

В цій роботі для симуляції мережевого трафіку було створено бінарний часовий ряд, персистентність якого регулюється завданням ймовірностей зміни стану на протилежний λ_1, λ_2 (рис. 2). Цей генератор характеризується станами 0 або 1, та ймовірностями знаходження в цих станах як $p_0 = \lambda_2 / (\lambda_1 + \lambda_2)$ та $p_1 = \lambda_1 / (\lambda_1 + \lambda_2)$, де λ_i – ймовірності відповідних переходів [2]. Інтенсивність трафіку такого генератора буде в межах $[0, 1]$ і дорівнюватиме ймовірності отримати на виході генератора 1: p_1 .

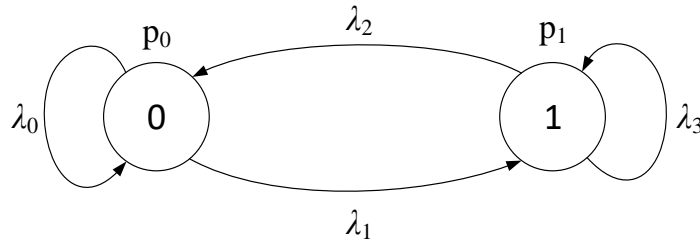


Рис. 2 – Модель генератора фрактального трафіку на основі ланцюга Маркова

Для генератора фрактального бінарного трафіку, який показано на рис. 1, фрактальна розмірність за введеною метрикою M виражається через ймовірності λ_1 та λ_2 зміни поточного стану на протилежний наступним виразом [2]:

$$d(\lambda_1, \lambda_2) = 1 - \frac{\lambda_2(1 - \lambda_1)\ln(1 - \lambda_1) + \lambda_1(1 - \lambda_2)\ln(1 - \lambda_2)}{2\lambda_1\lambda_2}. \quad (1)$$

Потік одиничних значень приймає значення в діапазоні $[0; 1]$, можна знайти як:

$$\tau = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2}. \quad (2)$$

Для імітування реальної бінарної послідовності, достатньо оцінити ймовірності λ_1 та λ_2 . Для імітування трафіку через значення потоку τ та фрактальну розмірність d потрібно відшукати ймовірності λ_1 та λ_2 які є невідомими. Тому сформовано наступну задачу:

Проведено експерименти для визначення впливу фрактальної розмірності трафіку при його інтенсивності 0.7 на кількість втрачених пакетів. Результати наступні. Найменше втрачених пакетів спостерігалось, коли трафік був випадковим, або мав слабо виражені тренди. Зокрема, при фрактальній розмірності 1.5 втрат найменше, також мало втрачених пакетів було при фрактальних розмірностях 1.37 та 1.75. При сильно виражених трендах було виявлено, що найбільше втрат мережевих пакетів відбувається при персистентному трафіку, та менше при антиперсисентному трафіку. Але втрати пакетів при антиперсисентному трафіку починаються значно раніше, ніж при персистентному.

Список посилань

1. Barabási A.-L., Albert R. (1999), “Emergence of scaling in random networks”, Science, Vol. 286, No. 5439, P. 509-512, available at: <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
2. Drieieva H., Drieiev O., Meleshko Ye., Yakymenko M., Mikhav V. (2022), “A method of determining the fractal dimension of network traffic by its probabilistic properties and experimental research of the quality of this method”, CEUR-WS, Vol. 3171, Gliwice, Poland, P. 1694-1707, available at: <http://ceur-ws.org/Vol-3171/paper120.pdf>
3. Meleshko Ye., Raskin L., Semenov S., Sira O. (2019), “Methodology of probabilistic analysis of state dynamics of multi-dimensional semi-Markov dynamic systems”, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 6, No. 4(102), pp. 6-13, available at: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85078054250&origin=resultslist>