

УДК 681.324

Андрій Микитишин, к.т.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

Об'єкт дослідження складають методи та моделі для вибору оптимального шляху при передаванні блоку даних. Розглянуто побудову математичної моделі для дослідження алгоритмів маршрутизації. Результати аналізу цієї моделі дозволяють прогнозувати вибір оптимального маршруту.

Ключові слова: алгоритм, маршрутизація, мережа, протокол.

Andriy Mykytyshyn

THE STUDY OF ROUTING ALGORITHMS IN THE COMPUTER NETWORKS

The object of investigation consists in the methods and models for the detection of the optimal routing ways for the data transmission. The article discusses the mathematical model of investigation of routing algorithms. The analysis of the model to predict the optimal route selection.

Key words: algorithm, routing, network, protocol.

Для успішного застосування комп'ютерних мереж необхідно володіти моделями і інженерними методами, що дозволяють на їх основі оцінювати якість функціонування мережевого обладнання, прогнозувати характеристики їхньої роботи при зміні технічних і програмних засобів, способів диспетчеризації. Крім цього, важливим завданням є розробка методів проектування алгоритмів маршрутизації, що забезпечують реалізацію функцій для знаходження оптимальних шляхів проходження пакетів даних.

Алгоритми маршрутизації застосовуються для визначення оптимального шляху пакетів від відправника до отримувача і є основою будь-якого протоколу маршрутизації. Розрізняють мережі з комутацією каналів та комутацією пакетів [1]. В мережах з комутацією каналів використовується фіксована маршрутизація, при якій для передавання даних від вузла відправника до вузла отримувача використовується єдиний маршрут на весь час передавання даних. В мережах з комутацією пакетів використовується альтернативна маршрутизація, коли під час передавання даних дозволяється використовувати більше одного шляху. Альтернативна маршрутизація, в порівнянні з фіксованою, більш повно використовує ресурси мережі передачі даних, однак фіксована маршрутизація набагато простіша для реалізації.

На початкових етапах розробки протоколів маршрутизації дуже важливим є вибір алгоритму маршрутизації. Для цієї мети можуть бути використані різні види моделювання: натурне, імітаційне, оптимізовані математичні моделі. Також для вибору алгоритму маршрутизації важливе значення мають виміри і статистичний аналіз параметрів реальної мережі.

Застосування математичного моделювання при аналізі алгоритмів маршрутизації в комп'ютерних мережах на відміну від інших перерахованих вище засобів, дозволяє прогнозувати тенденції розвитку мережі передавання даних, що є надзвичайно важливим при побудові інфокомунікаційних мереж.

На сьогоднішній день розроблений досить потужний математичний апарат, що дозволяє використовувати його для аналізу алгоритмів маршрутизації, а також здійснювати необхідну модифікацію існуючих моделей із врахуванням специфіки конкретної мережі.

При математичному моделюванні комп'ютерної мережі, як правило, вводять деякі обмеження. Передбачається, що:

- всі лінії зв'язку абсолютно надійні;
- вузли комутації мають нескінченну пам'ять;
- час обробки у вузлах комутації відсутні.

Нехай модель мережі передачі даних складається з N вузлів комутації і M ліній зв'язку. Передбачається, що трафік, який надходить у мережу, складається з повідомлень, що мають однаковий пріоритет, і утворює пуассонівський потік із середнім значенням γ_{ij} [повідомлень/с] для повідомлень, що виникають у вузлі i і призначених вузлу j . Тоді повний зовнішній трафік визначатиметься:

$$\gamma = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} \quad (1)$$

Передбачається, що кожна лінія зв'язку складається з єдиного дуплексного каналу зв'язку із пропускною спроможністю, рівною d_{kl} [байт/с] ((k, l) – лінія зв'язку між вузлами k і l). Якщо канал зв'язку між вузлами k і l відсутній, то $d_{kl} = 0$.

Нехай частка потоку γ_{ij} , що проходить по лінії (k, l) рівна:

$$0 \leq x_{kl}^{(i,j)} \leq 1 \quad (2)$$

Тоді:

$$\lambda_{kl} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} \cdot x_{kl}^{(i,j)}, \quad (3)$$

де λ_{kl} – величина потоку в лінії (k, l) , зумовлена потоком $\gamma_{i,j}$;

$x_{kl}^{(i,j)}$ – частка потоку $\gamma_{i,j}$, що проходить по лінії (k, l) .

Для змінних повинна виконуватися умова збереження потоку в мережі:

$$\sum_{k=1}^N x_{kl}^{(i,j)} - \sum_{k=1}^N x_{lk}^{(i,j)} = \begin{cases} -1, & l=i \\ 0, & l \neq i, j \\ 1, & l=j. \end{cases} \quad (4)$$

Нехай Z_{ij} – середній час, що затрачається на передачу повідомлення між кінцевими вузлами i та j (міжкінцева затримка повідомлення). Важливою характеристикою якості функціонування мережі передачі даних є середня затримка повідомлення в мережі – T , яка визначається, як сума міжкінцевих затримок Z_{ij} :

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} Z_{ij}. \quad (5)$$

Застосування формули Літгла до мережі черг приведе до загального, і в той же час надзвичайно простого результату, вперше отриманого Л. Клейнроком [2]:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_{kl} t_{kl}, \quad (6)$$

де t_{kl} – середній час перебування повідомлень у лінії (k, l) .

Доведено [2, 3], що середня затримка повідомлень у мережі T може бути визначена аналітично. У цьому випадку мережа черг зводиться до моделі, у якій кожна лінія зв'язку розглядається як незалежна система масового обслуговування типу $M/M/1$.

В цьому випадку, середній час перебування повідомлень в лінії (k, l) , що складається з часу передачі повідомлення $(\frac{1}{\mu d_{kl}})$ і часу очікування в черзі (W_{kl}) визначається за наступною формулою:

$$t_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl}} + W_{kl}, \quad (7)$$

де,

$$W_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl}} \cdot \frac{\lambda_{kl}}{\mu d_{kl} - \lambda_{kl}},$$

або

$$t_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl} - \lambda_{kl}}. \quad (8)$$

Нехай $f_{kl} = \lambda_{kl} / \mu$ – величина потоку в лінії (k, l) , [байтах/с]. Тоді:

$$t_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl} - f_{kl}}. \quad (9)$$

При підстановці t_{kl} у вираз (6) отримаємо вираз для середньої затримки повідомлень по мережі:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{f_{kl}}{d_{kl} - f_{kl}}. \quad (10)$$

Зроблені припущення і позначення дозволяють сформулювати завдання пошуку таких значень змінних $x_{kl}^{(i,j)}$, які забезпечать оптимальне (найменше) значення величині T .

Формальним результатом розв'язку задачі вибору оптимальних маршрутів у мережі є множина змінних $x_{kl}^{(i,j)}$; $i, j, k, l = 1, 2, \dots, N$. Знаючи ці змінні, легко визначити величини потоків у лініях зв'язку f_{kl} , множину оптимальних маршрутів для всіх пар вузлів «відправник-отримувач» і частки від вхідних потоків γ_{ij} , які потрібно передавати по оптимальних маршрутах. Самі змінні $x_{kl}^{(i,j)}$ практичного змісту не мають і багато існуючих алгоритмів вирішення задачі вибору оптимальних маршрутів, як правило, визначають лише потоки в лініях зв'язку f_{kl} . Знаючи значення f_{kl} , по формулі (10) можна визначити значення мінімальної затримки T .

Література

1. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, «Магнолія 2006», 2014. – 312 с.
2. Клейнрок Л. Коммуникационные сети / Пер. с англ. под ред. А.А. Первозванного. – М.: Наука, 1970. – 255 с.
3. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. - М.: Мир, 1979. – 600 с.