

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОТОКІВ ТРАФІКА В КМ

Вінницький Національний Технічний Університет

Анотація

В статті описано метод оптимізації потоків трафіка в комп'ютерних мережах.

Ключові слова: комп'ютерна мережа, трафік, оптимізація, інженерія трафіка.

Abstract

The article tells about the method for optimizing traffic flows in computer networks.

Keywords: computer network, traffic, optimization, traffic engineering.

Сучасне суспільство важко уявити без використання різноманітних інформаційних та мережевих технологій. Смартфони, комп'ютери, планшети та інші комунікаційні засоби застосовуються майже у всіх галузях виробництва та сфер життя. Інформаційні технології дозволяють пов'язувати користувачів у певні інформаційні простори. Одним із видом таких інформаційних просторів є комп'ютерні мережі.

На сьогоднішній день в комп'ютерних мережах гостро стоїть питання забезпечення якості обслуговування, так як сьогодні мережі широко застосовуються для передачі мультимедійного трафіку, таких як IP-телефонія, відео- та радіомовлення, інтерактивне дистанційне навчання та ін. Для цього використовуються різноманітні алгоритми керування чергами, резервування та зворотного зв'язку, що дозволяють знизити негативні впливи тимчасових перевантажень, що виникають в мережах. З їх допомогою проектувальники та адміністратори мережі можуть зменшити затримки, варіації затримок, а також втрати пакетів в періодах завантаження, створюючи тим самим необхідні умови для достатнього обслуговування мережею трафіка додатків.

До методів забезпечення якості обслуговування також відносять методи інженерії трафіка. Ці методи дозволяють керувати маршрутами для забезпечення збалансованого навантаження всіх ресурсів мережі та виключити за рахунок цього перевантаження комунікаційних засобів та створення довгих черг [1].

Для забезпечення оптимального балансування трафіку в мережі звичайних методів маршрутизації недостатньо через те, що вони шукають лише єдиний шлях від вузла-джерела вузлу-адресату. Цим вони можуть перевантажувати певний канал зв'язку і зовсім не використовувати інший. Для рішення цієї проблеми необхідно застосовувати альтернативну (багатошляхову) маршрутизацію, що дозволить використовувати кілька шляхів між двома кінцевими точками [2].

Як можна зазначити, альтернативну маршрутизацію вигідніше використовувати, так як вона більш повно використовує наявні ресурси мережі. Але її недоліком є складність реалізації та близьке значення середньої затримки мережі у порівнянні зі стандартними протоколами маршрутизації при низькому завантаженні мережі.

Для подолання цього недоліку можна обмежити кількість альтернативних шляхів між кінцевими станціями. Таким чином виникає варіант альтернативної маршрутизації як К-шляхова маршрутизація, яка полягає у тому, що кількість додаткових шляхів обмежується певним числом К. Такий тип маршрутизації є простішим у реалізації у порівнянні з альтернативною маршрутизацією.

В якості основного методу пропонується використовувати саме 3-шляхову маршрутизацію. Саме така кількість маршрутів буде достатнім та оптимальною при передачі трафіку та дозволить забезпечити мінімальну середню затримку пакетів у мережі.

Розглянемо наступну модель мережі передачі даних (МПД). МПД складається з N вузлів комутації та M ліній зв'язку. Вважається, що:

- 1) всі лінії зв'язку абсолютно надійні
- 2) всі лінії зв'язку завадостійкі
- 3) вузли комутації мають нескінченну пам'ять
- 4) час обробки у вузлах відсутній
- 5) довжина всіх повідомлень незалежні і розподілені по показниковому закону із середнім значенням $1/\mu$ байт

б) трафік, що проходить через мережу, складається з повідомлень, що мають однаковий пріоритет і складає пуасоновський потік із середнім значенням y_{ij} (повідомлень/сек) для повідомлень, що знаходяться у вузлі i і призначені для вузла j ; позначимо:

$$Y = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Y_{ij}$$

7) кожна лінія зв'язку складається з єдиного дуплексного каналу зв'язку з пропускною здатністю, що дорівнює d_{kl} (байт/с). k, l – лінія зв'язку між вузлами k і l . Якщо лінія зв'язку між вузлами k і l відсутня, то $d_{kl} = 0$

Позначимо через $x_{kl}^{(i,j)}$ – частину потоку y_{ij} , що проходить по лінії (k, l) :

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

Тоді:

$$\lambda_{kl} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Y_{ij} * x_{kl}^{(i,j)},$$

де λ_{kl} – величина потоку в лінії (k, l) (повідомлень/сек), обумовлених потоком y_{ij} .

Для змінних $x_{kl}^{(i,j)}$ повинно виконуватись умова збереження потоку в мережі, яку можна записати таким чином:

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

Визначимо через Z_{ij} – середній час, що витрачається на передачу повідомлення, яке виникає у вузлі i і призначається вузлу j . Важливою характеристикою функціонування мережі передачі даних є середня затримка повідомлення в мережі – T , яка визначається як зважена сума міжкінцевих затримок Z_{ij} :

$$T = \frac{1}{Y} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Y_{ij} Z_{ij}$$

Використання формули Літла до мережі черг приведе до загального та простого результату, вперше отриманим Л. Клейнроком [3]:

$$T = \frac{1}{Y} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \lambda_{kl} t_{kl},$$

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

На жаль, отримання аналітичного виразу для величини t_{kl} і T в загальному випадку неможливо. Але, спираючись на умови 1) – 7), можна довести, що середня затримка повідомлень в мережі T може бути визначена аналітично. В даному випадку мережа черг зводиться до моделі, яку вперше запропонував Джексон [4], в якій кожна лінія зв'язку розглядається як незалежна справедлива мережа черг типу $M/M/1$.

В цьому випадку, середній час перебування повідомлень в лінії (k, l) , яке складається з часом передачі повідомлення – $\frac{1}{\mu d_{kl}}$ і часу очікування в черзі – W_{kl} визначається по формулі:

$$t_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl}} + W_{kl},$$

де [5]

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

або

$$t_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl} - \lambda_{kl}}$$

Позначимо $f_{kl} = \lambda_{kl}/\mu$ - величина потоку в лінії (k, l), байт/сек. Тоді:

$$t_{kl} = \frac{1}{\mu} \frac{1}{d_{kl} - f_{kl}}$$

При підстановці t_{kl} у вираз (3.6) отримуємо формулу для середньої затримки повідомлень у мережі:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{f_{kl}}{d_{kl} - f_{kl}}$$

Виведені припущення та позначення дозволять сформулювати задачу пошуку таких значень змінних $x_{lk}^{(i,j)}$, які забезпечать оптимальне (найменше) значення величини T.

Відомі:

- 1) топологічна структура комп'ютерної мережі
- 2) матриця вхідних потоків $\|\gamma_{ij}\|$
- 3) пропускні можливості ліній зв'язку $\|d_{kl}\|$
- 4) середня довжина повідомлень $1/\mu$

Необхідно знайти:

- 1) змінні $x_{lk}^{(i,j)}$ та потоки в лініях зв'язку f_{kl} , щоб виконувалась умова:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{f_{kl}}{d_{kl} - f_{kl}} \rightarrow \min$$

при виконанні обмежень:

$$f_{kl} = \frac{1}{\mu} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} * x_{kl}^{(i,j)}, k, l = 1, 2, \dots, N$$

$$f_{kl} < d_{kl}, k, l = 1, 2, \dots, N$$

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

$$0 \leq x_{lk}^{(i,j)} \leq 1; \quad i, j, k, l = 1, 2, \dots, N$$

Дана задача називається задачею вибору оптимальних потоків та визначення оптимальних маршрутів в мережі передачі даних по критерію середньої затримки.

Для 3-шляхової маршрутизації необхідно ввести додаткові обмеження.

Введемо змінну:

$$v_{kl}^{(j)} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \sum_{i=1}^N x_{lk}^{(i,j)} > 0 \\ 0, & \text{якщо } \sum_{i=1}^N x_{lk}^{(i,j)} = 0 \end{cases}$$

$j, k, l = 1, 2, \dots, N$

Змінна $v_{kl}^{(j)} = 1$, якщо лінія зв'язку (k,l) використовується для передачі потоку у вузол-адресат j хоча б від одного вузла-джерела i дорівнює 0 у протилежному випадку.

Тоді обмеження на число вихідних шляхів, що використовуються для передачі даних з кожного вузла k вузлу-адресату j можна записати таким чином:

$$\sum_{i=1}^N v_{kl}^{(j)} \leq 3, k, j = 1, 2, \dots, N$$

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 5-е изд. / Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2012. – 992 с.
2. А. Н. Назаров, М.В. Симонов, “АТМ-технология высокоскоростных сетей” / А. Н. Назаров, М.В. Симонов - ЭКО-ТРЕНДЗ, Москва 1998.
3. Клейнрок Л. Коммуникационные сети / Л. Клейнрок. – Москва: Наука, 1975.
4. Jackson J. .Networks of Waiting Lines. Operations Research / J.R. Jackson., 1957.
5. Зайченко Ю. П. Задачи проектирования структуры распределенных вычислительных сетей / Ю. П. Зайченко., 1981. – 2740 с.

Горобчук Олег Анатолійович – студент групи 2КІ-16м, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: gorobchuk95@gmail.com

Науковий керівник: **Захарченко Сергій Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: zahar@vntu.net

Horobchuk Oleh A. – Department of Information Technology and Computer Engineering, e-mail: gorobchuk95@gmail.com

Supervisor: **Zaharchenko Sergiy M.** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Computer Techniques Chair, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, e-mail: zahar@vntu.net