

МАРШРУТИЗАЦІЯ ТРАФІКУ У МЕРЕЖАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

У статті автором аналізується місце та роль маршрутизації та алгоритмів маршрутизації в забезпеченні функціонування телекомунікаційних мереж спеціального призначення. Проведена оцінка значення поняття метрики маршруту, як одного з найважливіших параметрів, застосування якого лежить в основі реалізації динамічної маршрутизації трафіку в телекомунікаційних мережах. В якості показників, що характеризують вузли мережі запропоновані наступні показники: пропускна здатність маршрутизатора; затримка при передачі; стабільність роботи вузла комутації. Для оцінки каналу зв'язку запропоновані такі показники: пропускна здатність каналу; стабільність роботи каналу та затримка в каналі.

Враховуючи нечіткий характер показників оцінки каналу зв'язку та вузлу комутації автором запропоновано застосовувати апарат нечіткої логіки для визначення цих показників. В статті застосовується поняття нечіткої метрики маршруту, яка представляє собою об'єднання нечітких величин параметрів каналу зв'язку та вузлу комутації, які описані з використанням нечітких інтервалів функції приналежності.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа, маршрутизація, метрика, нечітка логіка.

Вступ. Останнім часом відзначається інтенсивний розвиток корпоративних мереж різної конфігурації на базі протокольного стеку TCP/IP. Зростає роль та місце телекомунікаційних мереж спеціального призначення, які широко застосовуються як в корпоративних інтересах так і в інтересах державних структур.

В даній галузі на сьогоднішній день проведено достатньо багато наукових досліджень, зроблено велику кількість практичних напрацювань [1-4]. Разом з тим, на практиці часто мережі проектуються і встановлюються без залучення наукових напрацювань у цій галузі, що призводить у результаті до частих виходів мереж з ладу і їх великих перевантажень. Для малих локальних мереж це не є критичним, в той час як для мереж спеціального призначення помилки проектувальників безпосередньо позначаються на ефективності таких мереж. Важливим питанням у цьому контексті є питання маршрутизації. Маршрутизація разом з елементами управління потоками даних повністю визначає функціонування всієї мережі щодо заданої якості та кількості наданих послуг.

Відсутність обліку в алгоритмах маршрутизації додаткових факторів мережі, яких з кожним днем стає все більше і більше, вказує на необхідність поліпшення протоколів маршрутизації шляхом аналізу та оцінок характеристик мереж з урахуванням нечіткого характеру показників оцінки мережі в протоколах маршрутизації.

Метою дослідження є формування підходів щодо врахування нечіткого характеру показників оцінки каналу зв'язку та вузла мережі у метриці таблиці маршрутизації при визначенні маршруту переміщення пакетів у телекомунікаційній мережі спеціального призначення.

Викладення основного матеріалу дослідження. Термін «маршрутизація» означає процес визначення маршруту переміщення інформації в комп'ютерних мережах. Маршрути можуть задаватися адміністративно (статичні маршрути), або обчислюватися за допомогою алгоритмів маршрутизації, базуючись на інформації про топологію і стан мережі, отриманої за допомогою протоколів маршрутизації (динамічні маршрути).

Процес маршрутизації має розподілений характер і побудований на використанні таблиць маршрутизації. Кожен вузол мережі містить свою таблицю маршрутизації, в якій вказані всі доступні напрямки, за якими може прослідувати пакет даних на шляху до вузла.

У самому загальному випадку таблиця маршрутизації містить адресу мережі призначення, адресу наступного вузла на шляху до цієї мережі і метрику маршруту. Створення та подальше оновлення таблиці здійснюється з допомогою протоколів і відповідних їм алгоритмів маршрутизації.

В основі процесу маршрутизації лежить застосування того чи іншого алгоритму (алгоритмів) маршрутизації.

В основі найпростішого алгоритму роботи модуля обчислення метрики лежить наступний механізм: метрика чисельно дорівнює значенню відстані проходження пакетів даних. Іншим фактором, який суттєво впливає на вибір маршруту, може вважатись ступінь завантаженості буферної пам'яті вихідного інтерфейсу комунікаційних вузлів. Цей фактор визначає доцільність відкидання пакета. У деяких випадках доцільніше відправити пакет по більш довгому маршруту, на якому буфери відповідних інтерфейсів менш завантажені. При цьому, ступінь впливу кожного фактору на формування метрики достатньо важко представити у вигляді конкретної функції або залежності, тому цю задачу можливо формувати на основі застосування нечіткої логіки [5].

Алгоритми маршрутизації можуть бути класифіковані за типами:

- статичні або динамічні;
- одномаршрутні або багатомаршрутні;
- однорівневі або ієрархічні;
- інтелектуальні;
- внутрішньодоменні або міждоменні;
- алгоритмами стану каналу або вектору відстаней.

В алгоритмах маршрутизації використовується багато різних показників. Складні алгоритми маршрутизації при виборі маршруту можуть базуватися на достатньо великій кількості показників, комбінуючи їх таким чином, що в результаті виходить один окремий (комплексний) показник.

Найбільш загальними показниками маршрутизації є:

- довжина маршруту;
- надійність;
- затримка;
- смуга пропускання.

На кожному маршрутизаторі створюється та підтримується в актуальному стані таблиця маршрутизації. Таблиця маршрутизації містить наступну інформацію:

- адресу мережі або вузла призначення;
- маску мережі призначення;
- шлюз, який показує адресу маршрутизатора в мережі, що йде наступним в мережі і на який необхідно відправити пакет;
- інтерфейс (в залежності від системи, це може бути порядковий номер, унікальний ідентифікатор або символічне ім'я пристрою);
- метрика – числовий показник, який визначає переваги маршруту.

Метрика - специфічна структура даних, містить в собі у вигляді компонент показники якості каналу.

До основних показників, які використовуються для розрахунку метрики можна віднести такі показники:

- довжина маршруту;
- надійність маршруту;
- затримка;
- ширина смуги пропускання;
- вартість зв'язку.

Під математичною моделлю маршрутизації в телекомунікаційних мережах розуміється набір правил, відповідно до якого в кожному вузлу мережі передачі даних здійснюється вибір каналу зв'язку для передачі даних.

Аналізуючи параметри вузлів комутації та інших елементів, що входять до складу телекомунікаційної мережі можна визначити наступне:

- вузли комутації мають обмежену пам'ять;
- вузли комутації витрачають деякий час на обробку пакетів даних;

не всі лінії зв'язку забезпечують достатню завадостійкість;
не всі лінії зв'язку забезпечують достатню надійність.

Враховуючи сказане вище, можна зробити висновок, що параметри вузлів комутації каналів передачі даних, що використовуються для визначення метрики в протоколах маршрутизації є непостійними і можуть носити нечіткий характер.

З метою урахування нечіткого характеру параметрів вузлів комутації та каналів передачі даних в процедурі визначення метрики може бути застосована теорія нечітких множин.

Теорія нечітких множин та заснована на ній логіка дозволяє описувати неточні категорії, уявлення та знання, оперувати ними і робити відповідні висновки. Формалізація поняття нечіткої множини заснована на використанні так званої функції приналежності, яка в свою чергу є узагальненням характеристичної функції, що визначає звичайну (чітку) множину.

Виходячи з цього з'являється задача пошуку оптимального маршруту в мережі в середовищі з нечітко заданими параметрами.

Процес формування метрики буде складатись з таких етапів: фазифікації, композиції та дефазифікації.

Загальна метрика маршруту буде складатись з нечітких величин метрик вузлів і каналів.

Показниками, що характеризують вузли мережі будуть наступні:

пропускна здатність маршрутизатора $C_в$;

затримка при передачі $T_в$;

стабільність роботи вузла $S_в$.

Аналогічними будуть показники, що характеризують канали зв'язку:

пропускна здатність каналу $C_к$;

стабільність роботи каналу $T_к$;

затримка в каналі $S_к$.

Показник оцінки каналу можна представити у вигляді виразу 1.

$$F_k = k_1 \frac{1}{T_k} + k_2 S_k + k_3 C_k, \quad (1)$$

де k_1, k_2, k_3 - коефіцієнти на основі нечітких характеристик каналу.

Показник оцінки вузла можна представити у вигляді виразу 2.

$$F_в = k_4 \frac{1}{T_в} + k_5 S_в + k_6 C_в, \quad (2)$$

де k_4, k_5, k_6 - коефіцієнти на основі нечітких характеристик вузла.

Загальна оцінка маршруту приймає наступний вигляд:

$$F_M = \sum_{i=1}^n F_{ki} + \sum_{j=1}^s F_{vj}. \quad (3)$$

Кожна нечітка величина F_{ki} і F_{vj} розглядається як об'єднання трапецієподібних нечітких інтервалів параметрів вузлів і каналів [5-7].

Кожен з цих нечітких інтервалів представляється п'ятіркою:

$$M_i = (\underline{m}_i, \bar{m}_i, \alpha_i, \beta_i, h_i), \quad (4)$$

де $\underline{m}_i, \bar{m}_i$ - відповідно нижнє і верхнє модальне значення нечіткого інтервалу M_i ; α_i, β_i - лівий і правий коефіцієнти нечіткості; h_i - висота нечіткого інтервалу.

Графічна інтерпретація сказаного вище наведена на рисунку 1.

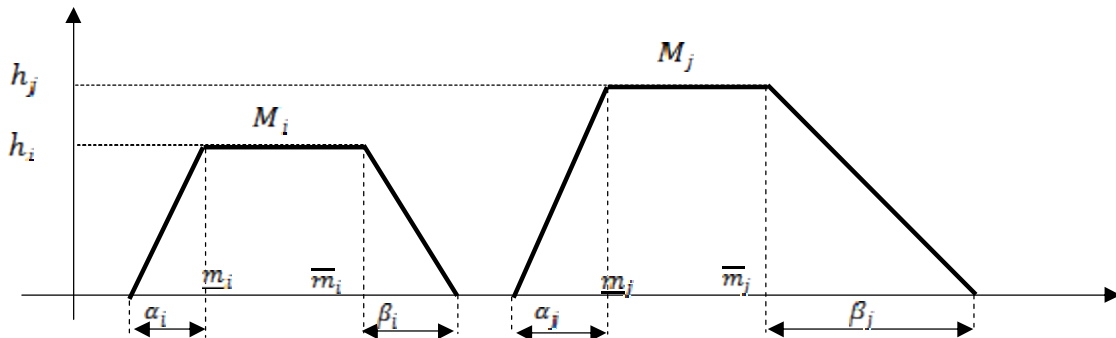


Рис. 1. Графічна інтерпретація показників оцінки вузлів мережі та каналів зв'язку

Нечітка величина суми нечітких трапецієподібних інтервалів, що характеризують канал зв'язку та вузол мережі також є трапецієподібним нечітким інтервалом:

$$M = (\underline{m}, \bar{m}, \alpha, \beta, h), \quad (5)$$

$$\text{де } h = \min(h_i, h_j), \dots \alpha = h \left(\frac{\alpha_i}{h_i} + \frac{\alpha_j}{h_j} \right), \dots \beta = h \left(\frac{\beta_i}{h_i} + \frac{\beta_j}{h_j} \right), \dots \underline{m} = \underline{m}_i + \underline{m}_j - \alpha_i - \alpha_j + \alpha, \dots$$

$$\bar{m} = \bar{m}_i + \bar{m}_j - \beta_i - \beta_j + \beta.$$

Таким чином, загальна метрика маршруту є об'єднання нечітких величин параметрів каналів і вузлів, які в свою чергу представляють собою об'єднання нечітких інтервалів функцій приналежності кожної з локальних характеристик (рис.2).

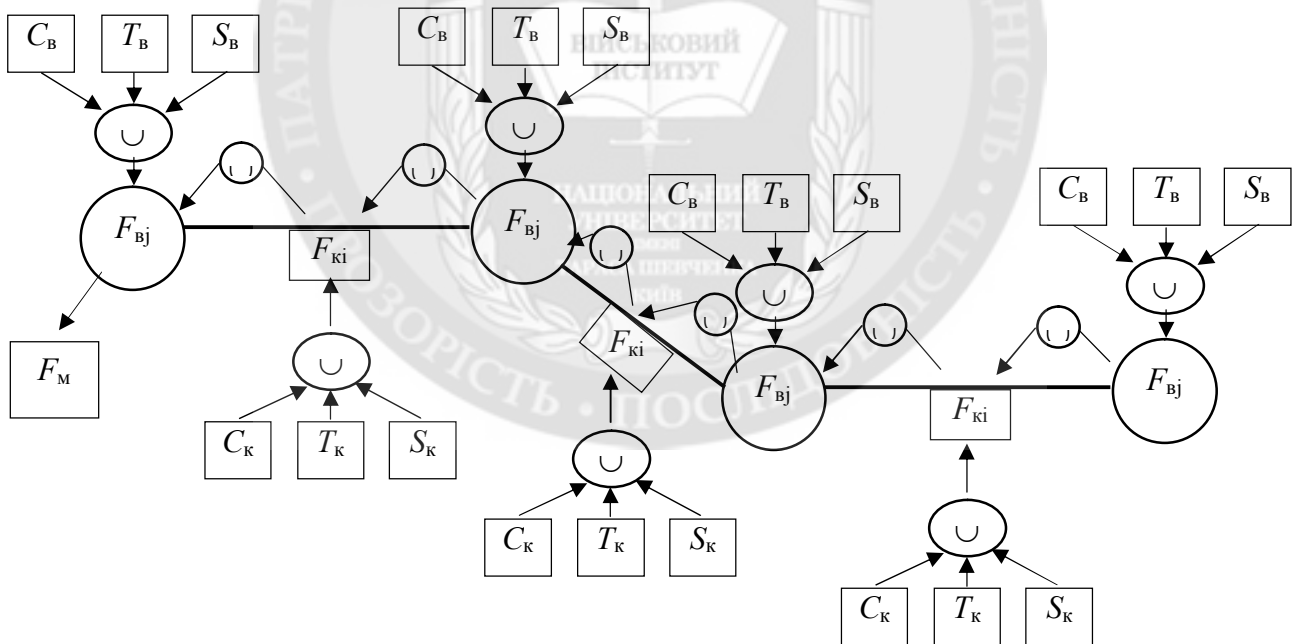


Рис. 2. Об'єднання нечітких інтервалів

Висновки. В результаті проведеного дослідження була обґрунтована можливість використання апарату нечіткої логіки з метою збільшення ефективності роботи пристроїв, що забезпечують маршрутизацію. Було запропоновано застосування поняття нечіткої метрики маршруту, яка представляє собою об'єднання нечітких величин параметрів каналу зв'язку та вузлу комутації, які описані з використанням нечітких інтервалів функції приналежності. Очевидно, що даний напрямок досліджень вимагає подальшого розвитку в плані ускладнення нечіткої системи: запровадження додаткових факторів, що впливають на формування метрики, розширення бази правил та оптимізації форми функцій приналежності.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Вишневикий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
2. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. Под ред. В.Н. Гордиенко и А.Д. Крухмалева. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 510 с.
3. Гольштейн А.Б., Ехриель И.М., Рерле Р.Д. Интеллектуальные сети. – М.: Радио и связь, 2000. – 500 с.
4. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : Учебник для вузов. 3–е изд. / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб.: Питер, 2006.–958 с.
5. Мартынов В.И. Математические основы управления сетями связи с использованием нечётко заданных параметров. - М.: Эльф-М, 1997. - 48 с.
6. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 632 с.
7. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 396 с.

Рецензент: д.т.н., проф. Сбігнєв А.І., провідний науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка

к.т.н. Періг В.М.

МАРШРУТИЗАЦІЯ ТРАФИКА В СЕТЯХ СПЕЦІАЛЬНОГО НАЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЇ ЛОГІКИ

В статті автором аналізується місце і роль маршрутизації і алгоритмів маршрутизації в забезпеченні функціонування телекомунікаційних мереж спеціального призначення. Проведена оцінка значення поняття метрики маршруту, як одного з важливіших параметрів, застосування якого лежить в основі реалізації динамічної маршрутизації трафіка в телекомунікаційних мережах. В якості показувачів, які характеризують вузли мережі, запропоновані наступні показувачі: пропускна спроможність маршрутизатора; затримка при передачі; стабільність роботи вузла комутації. Для оцінки каналу зв'язу запропоновані наступні показувачі: пропускна спроможність каналу; стабільність роботи каналу і затримка в каналі.

Учитывая нечеткий характер показателей оценки канала связи и узла коммутации автором предложено для определения этих показателей использовать аппарат нечеткой логики. В статье применяется понятие нечеткой метрики маршрута, которая представляет собой объединение нечетких величин параметров канала связи и узла коммутации, которые описаны с использованием нечетких интервалов функции принадлежности.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, маршрутизация, метрика, нечеткая логика.

Ph.D. Perig B.M.

TRAFFIC ROUTING IN NETWORKS SPECIAL PURPOSE BASED ON FUZZY LOGIC

The author analyzes the place and role of routing and routing algorithms in the operation of telecommunication networks for special purposes. The evaluation of the meaning of the metric of the route, as one of the most important parameters, the use of which is the basis for the implementation of dynamic traffic routing in telecommunication networks. The indicators that characterize the network nodes, offered the following parameters: bandwidth of the router; transmission delay; the stability of the switching node. To evaluate the proposed communication channel following parameters: bandwidth of the communication channel; channel stability and the channel delay.

Given the vague nature of indicators to measure the link and node switching the author suggested to define those indicators used fuzzy logic. In this paper we apply the concept of fuzzy metric of the route, which is the union of fuzzy values of the parameters of the communication channel and switching node, which are described using fuzzy membership functions intervals.

Keywords: telecommunication network, routing, metric, fuzzy logic.