

ОЦІНКА СПОСТЕРЕЖНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

В.М. Дубової, Ю.М. Паночішин

Вінницький державний технічний університет, Вінниця, Україна,
Тел.: (0432) 44-02-22. E-mail: yura_pn@pisem.net

Abstract

Routing problems are known to be the most important in large information networks. Most routing algorithms and programs use routing tables. The composition of routing tables needs information flows measuring. But measuring and information interchanges generate additional routing traffic which sometimes amounts 50 percents of total traffic in information network. That's why it is necessary to minimize the number of measurements. To solve this technical problem a new approach is offered in paper, which uses the information-heating analogy. This approach is based on observability estimation of information network. The observability problem is stated in paper also. It is noticed that the mathematical model of flows distribution in heating networks may be used for the mathematical modeling of information networks.

Стрімке зростання обсягів інформації та необхідність обміну цією інформацією призводить до постійного розширення інформаційних комп'ютерних мереж. Це, в свою чергу, викликає ряд задач, пов'язаних з ефективністю експлуатації таких мереж. Так у різноманітних локальних мережах пріоритетне значення мають задачі оптимізації структури цих мереж, а також задачі захисту локальної мережі від зовнішніх втручань. У великих корпоративних мережах та глобальній мережі Інтернет (рис. 1) на першому плані стоять задачі, пов'язані з оптимальним розподілом інформаційних потоків з метою якнайшвидшої доставки повідомлень від джерела до приймача. Такі задачі відомі під назвою задач маршрутизації.

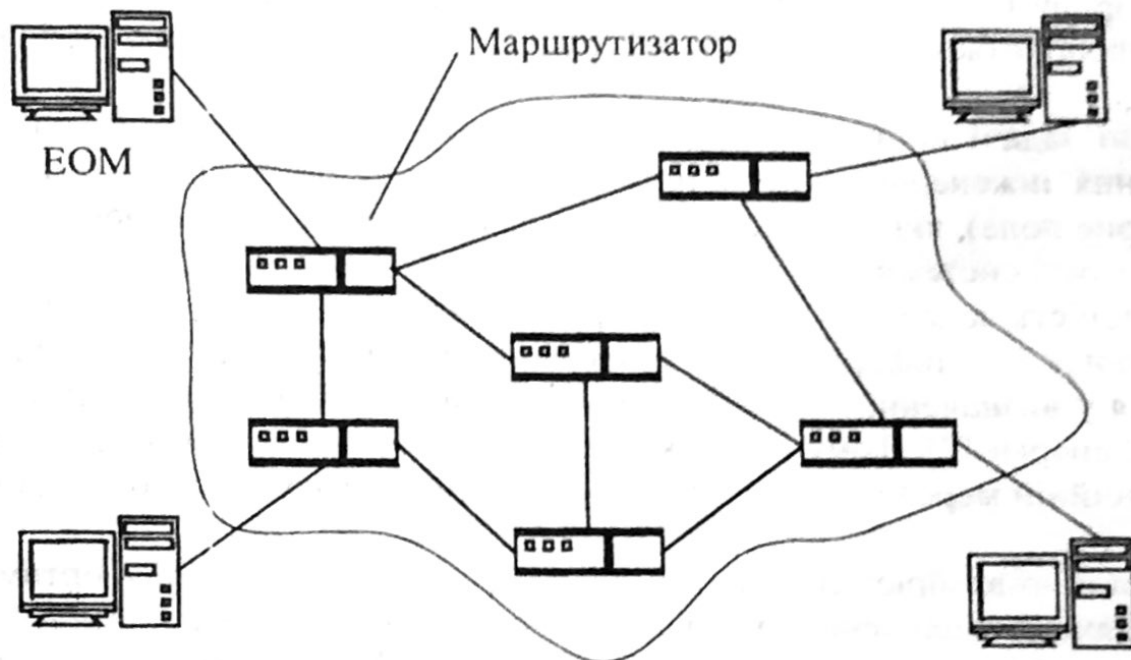


Рисунок 1. Структура глобальної мережі.

Задача маршрутизації полягає у виробленні маршруту, по якому рухається пакет інформації у багатовузловій мережі від джерела до приймача повідомлення. Забезпечується маршрутизація розміщенням у вузлах мережі маршрутної інформації (маршрутних таблиць) та маршрутних програм, які реалізують алгоритми маршрутизації. На сьогоднішній день для розв'язання задач маршрутизації розроблено чимало методів (рис. 2). Не всі з них використовуються на практиці, більшість з них є надбанням теорії.

Прості методи маршрутизації не вимагають застосування маршрутних таблиць та складного програмного забезпечення. Однак їхнім основним недоліком є те, що передавання пакета від джерела до приймача повідомлення генерує значний додатковий трафік. Тому використання таких методів на практиці є обмеженим.

Складні методи маршрутизації передбачають використання у проміжних вузлах таблиць маршрутизації, які або задаються вручну (у випадку детермінованої маршрутизації) або змінюються автоматично залежно від поточного стану мережі (у випадку адаптивної маршрутизації). На сьогоднішній день найбільшого поширення у глобальних мережах дістали методи розподіленої та централізованої адаптивної маршрутизації [1].



Рисунок 2. Класифікація методів маршрутизації.

Необхідною умовою, яка сприяє успішному розв'язанню задач складної маршрутизації, є визначення величини інформаційних потоків на різних ділянках мережі з метою формування таблиць маршрутизації. Дані про величини інформаційних потоків можуть бути отримані як апіорно, так і на основі вимірювання певних параметрів (кількості інформації, затримок передавання інформації). Однак процес вимірювання інформаційних потоків та регулярний обмін вузлами службовою інформацією між собою чи з центральною інстанцією відбирає значну частину ресурсів мережі і викликає додатковий трафік маршрутизації, який іноді досягає 50% корисного трафіка [1]. Це призводить до різкого зниження ефективності маршрутизації в цілому. У зв'язку з цим виникає задача оптимізації кількості контрольних точок, в яких проводиться вимірювання інформаційних потоків, з метою зменшення додаткового службового трафіка.

Аналогічні задачі виникають і при розробці інформаційно-вимірювальних систем та керуючих систем управління інженерних мереж теплопостачання, де необхідно оптимізувати загальну кількість сенсорів (сенсорне поле), які використовуються для вимірювання. Основною метою такої оптимізації тут є зменшення вартості системи.

Така подібність задач, які доводиться розв'язувати на інформаційних та інженерних мережах, не випадкова. Аналогія між інформаційними та енергетичними процесами вже відзначалася. Найнаочніше вона виявляється у визначенні поняття потоку, яке однаково відповідає як інформаційному потоку, так і потоку теплової енергії [2]. Тому перспективним видається розв'язання задачі оптимізації контрольних точок в інформаційній мережі по аналогії з відповідними задачами, які розв'язуються на мережі теплопостачання.

В інформаційно-вимірювальних системах мереж теплопостачання оптимізація сенсорного поля проводиться шляхом зменшення загальної кількості сенсорів. Це неминуче призводить до втрат інформації про стан деяких параметрів мережі, але така інформація може бути отримана на основі інших параметрів, які вимірюються безпосередньо. Для визначення таких безпосередньо вимірюваних параметрів попередньо проводять оцінку спостережності мережі теплопостачання.

Термін "спостережність" вперше почали застосовувати в теорії автоматичного управління при дослідженні властивостей систем управління. В широкому розумінні під спостережністю об'єкта чи системи розуміють можливість непрямого визначення параметрів об'єкта чи системи на основі вимірювань деяких інших параметрів і використання апіорної інформації [3]. В теорії автоматичного управління спостережність систем розглядається в динаміці, однак задача оцінки спостережності є актуальною і для різноманітних мереж (інформаційних, гідравлічних, теплових), зважаючи на значну кількість параметрів, які характеризують поточний стан мережі.

Постановка задачі визначення стану мережі за спостереженнями полягає в наступному. Отримано за допомогою вимірювання (спостереження) вектор параметрів мережі \bar{Y} , який зв'язаний відомою функціональною залежністю F з повним вектором стану мережі \bar{X} . Необхідно визначити вектор стану мережі \bar{X} . Якщо визначення повного вектора стану мережі \bar{X} є можливим, то мережа буде повністю спостережною. Якщо існує можливість визначення лише частини компонент вектора стану мережі \bar{X} , то має місце неповна спостережність.

Як відомо, немає однозначної умови розв'язання системи нелінійних рівнянь

$$y_i = F_i(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad i = \bar{1}, n, \quad (1) \text{ еквівалентних векторному рівнянню } \bar{Y} = F(\bar{X}).$$

Однак необхідна і достатня локальна умова для гладкої функції F згідно [3] має вигляд:

$$\text{rank} \frac{\partial F}{\partial x} = n \quad \text{або} \quad \left| \frac{\partial F}{\partial x} \right| \neq 0, \quad (2) \text{ де } \frac{\partial F}{\partial x} - \text{матриця Якобі, } \left| \frac{\partial F}{\partial x} \right| - \text{визначник}$$

матриці Якобі. А для розв'язання системи нелінійних рівнянь (1) можна скористатися чисельними методами.

Спостережність мережі в значній мірі визначається функціональною залежністю F , яка зв'язує вектор спостереження \bar{Y} і вектор стану мережі \bar{X} , і будується на основі рівнянь перетворення вимірювальних засобів, що використовуються при спостереженні, а також на основі математичної моделі конкретної мережі. При моделюванні роботи мереж теплопостачання найбільшого поширення отримала математична модель сталого поточкорозподілу [4,5]. Зазначена математична модель мережі теплопостачання включає відомі закони Кірхгофа для гідравлічних мереж. Закони Кірхгофа, вперше сформульовані для електричних кіл, є досить універсальними, і широко використовуються при описі різноманітних явищ природи. Для гідравлічних мереж теплопостачання вони формулюються так: 1) алгебраїчна сума потоків у вузлі дорівнює нулю; 2) сумарні втрати напору по замкнутому контуру також дорівнюють нулю.

Спираючись на відзначену аналогію між тепловими та інформаційними процесами, можна припустити, що процеси, які протікають в інформаційних мережах, також підпорядковуються законам Кірхгофа. Для формалізації цих законів у вигляді аналітичних залежностей необхідно визначити параметри інформаційної мережі, які відповідають потоку і втратам напору у тепловій мережі. Такими параметрами може бути пропускна здатність каналу, інформаційний потенціал вузла, інформаційний потік та ін.

Поряд з розробкою математичної моделі інформаційної мережі, необхідної для побудови системи рівнянь (1), важливим є також встановлення мінімальної кількості параметрів вектора спостереження \bar{Y} . Зрозуміло, що при вимірюванні всіх параметрів мережі, її спостережність буде повною. Однак на практиці кількість вимірюваних параметрів вектора спостереження \bar{Y} намагаються зменшити, нехтуючи при цьому деякими з параметрів або приймаючи їх номінальні значення за реальні. Крім того, самі вимірювання включають похибки, що також впливає в кінцевому підсумку на загальну спостережність мережі.

Таким чином, для комплексної оцінки спостережності інформаційної мережі необхідно розв'язати ряд задач:

- 1) розробка математичної моделі інформаційної мережі на основі аналогії інформаційної та теплової мережі;
- 2) оцінка спостережності мережі за відомим вектором спостереження;
- 3) визначення мінімальної кількості координат вектора спостереження мережі, достатньої для повної спостережності мережі;
- 4) оцінка спостережності мережі з деякою точністю ε ;
- 5) оптимізація вектора спостереження за критерієм загальної ефективності маршрутизації.

Розв'язання цих задач дозволить провести комплексну оцінку спостережності інформаційної мережі, що на практиці призведе до скорочення додаткового трафіка за рахунок зменшення кількості вимірюваних параметрів інформаційної мережі.

Література:

1. Буров Є. Комп'ютерні мережі. Львів: БаК, 1999. – 468 с.
2. Дубовой В.М. Інформаційно-енергетична теорія вимірювань і інформаційно-енергетична аналогія. – Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1997. – №4. – с. 14-18.
3. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
4. Евдокимов А.Г., Дубровский В.В., Тевяшев А.Д. Потокораспределение в инженерных сетях. – М.: Стройиздат, 1979. – 199 с.
5. Меренков А.П. Хасилев В.Я. Теория гидравлических цепей. – М.: Наука, 1985. – 278 с.