

УДК 004.94

В.В. Косенко¹, Р.В. Артюх²¹ ДП "Харківський науково-дослідницький інститут технології машинобудування", Харків² ДП "ПІВДЕНДІПРОНДІАВІАПРОМ", Харків

УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ТРАФІКА В ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПУ ДЕКОМПОЗИЦІЇ

Розглянуто загальні принципи управління розподілом трафіку інформаційно-телекомунікаційної мережі. Досліджено декомпозицію завдання управління мережі. При цьому загальну задачу управління приведено до вирішення сукупності часткових завдань. Розглянуто найбільш важливі часткові задачі управління мережею, а саме завдання настройки мережі та завдання оперативного управління підмережами. Запропоновано математичні моделі розв'язання вказаних завдань.

Ключові слова: інформаційно-телекомунікаційна мережа, управління трафіком.

Вступ

В даний час спостерігається значний прогрес у галузі проектування, аналізу і оптимізації інформаційно-телекомунікаційних мереж (ІТМ). Однією з важливих задач аналізу та проектування телекомунікаційної мережі є визначення характеристик та управління розподілом трафіку як на рівні мережі, так і на рівні окремих складових та вузлів. Завданням управління трафіком сучасної ІТМ є не тільки задоволення потреб користувачів, але й забезпечення ефективного використання системних ресурсів [1]. Методи управління розподілом трафіку повинні враховувати особливості управління ієрархічними системами [2]. Крім того, принципи управління повинні дозволяти скорочувати розмірність вирішуваних завдань. Тому в межах задачі проектування та модернізації інформаційно-телекомунікаційної мережі (ІТМ) доцільно виділити загальні принципи управління розподілом трафіку ІТМ [3]: принцип декомпозиції; принцип координації управління роботою підмереж; принцип узгодження цілей управління підмережами.

Метою даної статті є дослідження застосування принципу декомпозиції задач до аналізу та адаптивного управління трафіком ІТМ.

Декомпозиція задачі управління

ІТМ має, як правило, має дуже велику розмірність (кількість вузлів може досягати декількох тисяч, число абонентів, десятків тисяч), тому безпосереднє рішення загальної задачі управління стосовно повної мережі, вимагає спеціальних підходів [4]. Для виходу з ситуації, що створилася, пропонується провести декомпозицію завдання управління, привівши рішення загальної задачі до вирішення сукупності часткових завдань.

Для проведення декомпозиції завдання управління заздалегідь проведемо декомпозицію інформаційно-телекомунікаційної мережі на множини

підмереж. Правила декомпозиції мережі повинні забезпечувати виконання таких умов:

1. Мережа розбивається на підмережі таким чином, щоб кожна підмережа управлялася автономно, і якість роботи підмережі визначалася функціоналом від параметрів тільки цієї підмережі.

2. Потоки даних між підмережами не повинні залежати від управління кожною підмережею.

Відзначимо, що перераховані умови можуть виконуватися, якщо декомпозиція мережі проводиться на рівні базових параметрів, що виходить з властивостей простору станів мережі. Тоді, кожен базовий варіант мережі задає множину підмереж і їх склад. При цьому потоки даних між підмережами можуть не залежати від того, як управляється кожна підмережа. Більш строго, особливості управління кожною підмережею, при якому потоки даних між підмережами залишаються незмінними, можна сформулювати таким чином.

Якщо управління кожною підмережею допускає перерозподіл системних прикладень тільки між вузлами цієї підмережі і не допускає перерозподілу вузлів і системних прикладень між підмережами, то при такому управлінні величини інтенсивностей потоків даних між підмережами не змінюються.

Для доказу наведеного твердження відмітимо, що ІТМ з виділеними підмережами може розглядатися як мережа з складною структурою (кількість підмереж – K_1). Сумарна інтенсивність потоків даних між підмережами і та j може бути обчислена як

$$A_1(C_1) = \|a_{1ij}\| = C_1 A(C_1)^T, \quad (1)$$

у котрій $A = \|a_{rk}\|$ ($r, k \in \overline{1, M}$, M – кількість задіяних вузлів) – інтенсивності потоків даних між вузлами r і k , величина яких залежить від розподілу системних прикладень по вузлах та від інтенсивності потоку запитів на запуск системних прикладень. Для обчислення інтенсивності потоків даних між підмережами використовується матриця розбиття

вузлів по підмережах $C_1 = \|c_{1ni}\|$ ($n \in \overline{1, K_1}, i \in \overline{1, M}$). Ця матриця при виконанні умов твердження залишається незмінною.

Хай тепер відбулося переміщення системного прикладення з одного вузла підмережі на інший вузол цієї ж підмережі. При цьому змінюються інтенсивності потоків даних між вузлами ІТМ, проте сумарні інтенсивності потоків між цим прикладенням і іншими, встановленими на вузлах поза даною підмережею, залишаються незмінними. Отже, переміщення системного прикладення усередині підмережі не змінює інтенсивність сумарних потоків даних між цією підмережею і іншими підмережами. Таким чином, якщо при такому управлінні розбиття не міняється, тобто матриця C_1 залишається постійною, і a_{rk} також не змінюються, то і матриця $A_1(C_1)$ також не змінюється, що і потрібно було довести.

Якщо при управлінні усередині підмережі проводиться перерозподіл системних прикладень і баз даних між вузлами підмережі, але це не викличе змін потоків між підмережами, хоча може викликати перерозподіл потоків усередині підмережі. Тоді виконуються умови твердження. Отже, управління усередині підмережі може перерозподіляти системні прикладення і бази даних усередині підмережі, перерозподіляти потоки даних між вузлами усередині підмережі.

Отриманий результат дозволяє розглядати завдання управління розподілом трафіку ІТМ як двох-етапне завдання, коли на першому етапі (етап настройки мережі) вирішується завдання налагодження, де формується склад підмереж і розподіл додатків і вузлів по підмережах, а на другому етапі вирішуються завдання оперативного управління підмережами, при цьому кожна підмережа управляється автономно. Для постановки завдань управління відзначимо, що, оскільки після рішення задачі настройки виділяються підмережі, кожна з яких управляється автономно, необхідно виділити множину параметрів управління для кожної підмережі [5]. Таку множину позначатимемо як UN_i , де i – номер підмережі. Розглянемо загальні завдання управління в цьому випадку.

Завдання налагодження мережі.

Вхідні дані: набір завдань, що вирішуються на мережі (кількість завдань – L); множина базових параметрів мережі – BSN ; множина базових параметрів управління мережею – UN_0 ; множина показників якості настройки мережі – QT_0 ; множина показників якості настройки мережі для кожного завдання – QT_0k . (до = 1,2 ..., L); множина вагових коефіцієнтів $\{b_{0k}\}$ для приватних завдань; множина вагових коефіцієнтів $\{a_{0ik}\}$ для показників якості вирішення часткових завдань.

Необхідно знайти:

$$GT(UN_0^*) = \text{opt}_{UN_0} \left(\sum_{k=1}^L b_{0k} \sum_{i=1}^Q a_{0ik} \cdot q_{ik}(QT_{ik}) \right) \quad (2)$$

(параметри K_1, K_2, C_1, C_2 входять до складу множини базових параметрів управління мережею) при заданій системі обмежень:

$$SN_{01} \leq \overline{SN}_{01}; SN_{02} \geq \underline{SN}_{02}; \underline{S}_k \leq S_k \leq \overline{S}_k, k = \overline{1, L}, \quad (3)$$

де $SN_0 = SN_{01} \cup SN_{02}$, \overline{SN}_{01} , \underline{SN}_{02} – множина граничних (допустимих) значень для базових параметрів мережі, $\underline{S}_k, \overline{S}_k$ – множина нижніх і верхніх граничних значень характеристик мережі, встановлених для завдання номер k . Так, повинні виконуватися, зокрема, такі конкретні обмеження:

$$\underline{M}_{\gamma j} \leq \sum_{i=1}^M c_{\gamma ji} \leq \overline{M}_{\gamma j}, j = \overline{1, K_1}, \gamma \in \{1, 2\}, \quad (4)$$

де $\underline{M}_{\gamma j}, \overline{M}_{\gamma j}$ – межі кількості вузлів для γ -го рівня;

$$\underline{A}_{\gamma} \leq A_{\gamma}(C_{\gamma}) \leq \overline{A}_{\gamma}, \gamma \in \{1, 2\}, \quad (5)$$

де $\underline{A}_{\gamma}, \overline{A}_{\gamma}$ – матриці меж для значень інтенсивностей потоків даних між і усередині груп γ -го рівня;

$$\underline{A}_{\gamma i}^*(Y_{\gamma i}^*) \leq A_{\gamma i}^*(Y_{\gamma i}^*) \leq \overline{A}_{\gamma i}^*(Y_{\gamma i}^*), \gamma \in \{2, 3\}, \quad (6)$$

де $\underline{A}_{\gamma i}^*(Y_{\gamma i}^*), \overline{A}_{\gamma i}^*(Y_{\gamma i}^*)$ – матриці меж інтенсивностей потоків між комутаторами γ -го рівня мережі;

Рішенням задачі налагодження мережі буде набір базових параметрів, що визначає розбиття вузлів мережі на підмережі, що забезпечує оптимальне значення показника якості роботи мережі. Елементом множини UN_0^* є, наприклад, матриця C_1 . Ще одним результатом рішення задачі настройки повинне бути визначення складу підмножин UN_i , де i – номер підмережі.

Далі повинні вирішуватися завдання оперативного управління підмережами.

Завдання оперативного управління підмережею

Вхідні дані: множина базових параметрів мережі – BSN , що включає множину оптимальних значень базових параметрів управління, – UN_0^* ; множина параметрів оперативного управління підмережею – UN_i ; множина показників якості оперативного управління підмережею – QT_i ; множина показників якості оперативного управління підмережею для кожного завдання, що вирішується в підмережі, QT_{ik} . ($k = 1, 2, \dots, L$); множину вагових коефіцієнтів $\{b_{1k}\}$ для часткових завдань підмережі; множину вагових коефіцієнтів $\{a_{1iok}\}$.

Необхідно знайти:

$$GT_i^*(UN_i^*) = \text{opt}_{UN_i} \left(\sum_{k=1}^L b_{1k} \sum_{j=1}^Q a_{1ijk} \cdot q_{jk}(QT_{ijk}(S_{ik})) \right) \quad (7)$$

при заданій системі обмежень:

$$SN_{1i} \leq \overline{SN}_{1i}; SN_{2i} \geq \underline{SN}_{2i}; S_{ik} \leq S_{ik} \leq \overline{S}_{ik}, k = \overline{1, L}, \quad (8)$$

де $SN_{1i} = SN_{1i} \cup \overline{SN}_{1i}$, \underline{SN}_{2i} – множина граничних значень для параметрів підмережі, $S_{ik}, \overline{S}_{ik}$ – множина граничних значень характеристик мережі, встановлених для завдання k .

Рішенням задачі оперативного управління буде оптимальний набір параметрів оперативного управління UN_{1i}^* на кожному кроці управління. Запропонований підхід забезпечує такі переваги:

1. Скорочується розмірність завдання настройки мережі, оскільки в порівнянні із загальним завданням управління скорочується число обмежень і спрощується цільова функція.

2. Проводиться декомпозиція завдання оперативного управління на завдання оперативного управління підмережами, що дає можливість скоротити розмірність кожного завдання.

3. З'являється можливість незалежного вирішення завдань оперативного управління підмережами, застосовуючи для кожного завдання свої набори показників якості і параметрів управління, а також алгоритми управління.

Проте декомпозиція завдання управління припускає узгоджене управління всіма підмережами, для чого потрібно забезпечити узгодження цілей управління для підмереж.

Висновки

Визначені можливості застосування загальних принципів управління складною системою: декомпозиція, координація і узгодження цілей у разі управління розподілом трафіку. Показані можливості декомпозиції мережі шляхом виділення окремих підмереж. Досліджені завдання координації при управлінні підмережами, що дозволило сформулювати правила координації управління, що дають можливість ухвалювати обґрунтовані рішення при управлінні підмережами. Для узгодження цілей

управління запропоновано використовувати аддитивні функціонали якості управління всією мережею, що включають зважені функції якості управління окремими підмережами, що дозволяє локалізувати завдання оперативного управління. Перераховані результати дають можливість звести загальне завдання управління розподілом трафіку до сукупності завдань управління підмережами, з виконанням вимог до показників якості роботи як всієї мережі, так і окремих підмереж. Досліджені деякі завдання налагодження і оперативного управління, що зустрічаються на практиці: завдання управління розподілом смуги пропускання каналу зв'язку (управління роботою комутатора), завдання розподілу ресурсів багатосерверного вузла обробки інформації.

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні та модернізації складних ІТМ та розробки методів управління трафіком мережі.

Список літератури

1. Kim H. *Improving network management with software defined networking* / H. Kim, N. Feamster // *IEEE Communications Magazine*. – 2013. – Т. 51, №. 2. – С. 114-119.
2. Climaco J., Craveirinha J., Girão-Silva R. *Multicriteria Analysis in Telecommunication Network Planning and Design: A Survey* // *Multiple Criteria Decision Analysis*. – Springer New York, 2016. – С. 1167-1233.
3. Кучук, Г.А. *Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення* [Текст] / Г.А. Кучук. – Х.: ХУПС, 2013. – 264 с.
4. Юдін, О.К. *Принципи побудови комплексної системи захисту державних інформаційних ресурсів* / О.К. Юдін, С.С. Бучик // *Наукоємні технології*. – 2015. – Т. 25, №. 1. – С. 15-20.
5. Кучук, Г.А. *Метод синтезу інформаційної структури зв'язного фрагменту корпоративної мультисервісної мережі* / Г.А. Кучук // *Збірник наукових праць Харківського університету ПС*. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 2. – С. 97-102.

Надійшла до редколегії 2.06.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ТРАФИКА В ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ДЕКОМПОЗИЦИИ

Н.В. Косенко, Р.В. Артюх

Рассмотрены общие принципы управления распределением трафика информационно-телекоммуникационной сети. Исследована декомпозиция задачи управления сети. При этом общую задачу управление приведено к решению совокупности частичных задач. Рассмотрено наиболее важные частичные задачи управления сетью, а именно Задача настройки сети и Задача оперативного управления подсетями. Предложены математические модели решения указанных задач.

Ключевые слова: информационно-телекоммуникационная сеть, управление трафиком.

TRAFFIC DISTRIBUTION MANAGEMENT IN INFORMATION AND TELECOMMUNICATIONS NETWORKS BASED ON THE PRINCIPLE OF DECOMPOSITION

V.V. Kosenko, R.V. Artyukh

The general principles of the traffic distribution control information and telecommunications network are considered. Studied the decomposition of network management tasks. In this common task management is given to the solution set of partial tasks. Considered the most important partial network management tasks, namely the task of network configuration and tasks of the operational management of subnets. The mathematical models to solve these problems are offered.

Keywords: information and telecommunications network, traffic management.