

УДК 007.3:621.3

О.В. Барабаш¹, М.І. Науменко², Ю.В. Стасєв³¹ Національний університет оборони України, Київ² Міністерство оборони України, Київ³ Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ СМУГОЮ ПРОПУСКАННЯ МАГІСТРАЛЬНОГО КАНАЛУ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ

У статті розглянуто одне з завдань управління потоками даних в мультисервісних мережах – управління пропускною спроможністю магістрального каналу у разі, коли сумарний розмір вимог потоків до пропускної спроможності перевищує величину смуги пропускання каналу. Запропонований метод дозволяє оптимізувати розподіл смуги пропускання між потоками по критерію мінімуму витрат, що дозволить максимізувати дохід при використанні магістрального каналу мультисервісної мережі.

Ключові слова: мультисервісна мережа, магістральний канал, пропускна спроможність.

Вступ

В даний час весь більший розвиток отримують мультисервісні мережі (МСМ) з децентралізованим управлінням послугами, що функціонують в універсальному транспортному середовищі з розподіленою комутацією пакетів [1, 2]. До складу МСМ, окрім традиційних мережевих вузлів (мультиплексорів, комутаторів, маршрутизаторів і ін.) можуть входити контролери сигналізації і шлюзове устаткування різного призначення. У МСМ передбачається як дуже широкий перелік різних послуг, таких як передача голосу, даних і відео, так і конвергенція мобільних і фіксованих мереж. Тому в МСМ гострішим стає питання раціонального використання мережевого ресурсу, особливо у випадку, якщо запити на ресурс перевищують можливості мережі. Зокрема, одна з проблем – розподіл смуги пропускання магістрального каналу при перевищенні запитами користувачів доступної пропускної спроможності каналу. Дане питання розглядалося багатьма авторами [3, 4], проте в більшості запропонованих методів не проводиться оптимізація за критерієм отримання максимального доходу від використання каналу. Тому **метою даної статті** є розробка методу оптимального управління смугою пропускання магістрального каналу мультисервісної мережі, який дозволяє мінімізувати витрати з метою підвищення доходу від експлуатації каналу.

Результати досліджень

Завдання управління розподілом смуги пропускання каналу зв'язку виникає, коли є декілька типів потоків даних, передаваних по одному каналу зв'язку. Кожен такий потік може відповідати певній групі завдань, що вирішуються на мережі. Позначимо інтенсивність потоку типу n – λ_n ($n = 1, 2, \dots, N$), де N – кількість типів потоків.

Хай потоку типу n потрібна смуга пропускання C_n . Для каналу зв'язку із загальною смугою пропускання Λ необхідне виконання умови:

$$\Lambda \geq \sum_{n=1}^N \gamma_n, \quad (1)$$

при якому можливе обслуговування кожного завдання відповідно до її вимог до смуги пропускання. Можна відзначити, що чисельні значення величин λ_n встановлюються відповідно до пріоритетів на підставі договорів, що укладаються між користувачами каналу і власником каналу, як це робиться, наприклад, в системах з гарантованою якістю обслуговування – QoS [5, 6], причому службові потоки, визначувані відповідними протоколами, мають найвищий пріоритет.

Проте, часто виникає ситуація, коли умова (1) не виконується, що може бути пов'язане або з можливостями каналів зв'язку, або із зміною вимог завдання і, як наслідок, тимчасовою зміною якогонебудь типу трафіку, наприклад, із-за появи нових користувачів, що запускають завдання. Розглянемо цей випадок. Тоді

$$\Lambda < \sum_{n=1}^N \gamma_n, \quad (2)$$

тобто смуги пропускання каналу не вистачає для задоволення потреб всіх типів потоків. При цьому виникає завдання розподілу смуги пропускання між всіма типами потоків.

Шукатимемо статичне рішення задачі, коли розподіл каналу між потоками встановлюється жорстко для відомих характеристик потоків.

Вважатимемо, що канал розподіляється між потоками кожного типу.

При цьому величина витрат, пов'язаних з відхиленням виділеною потоку n смуги пропускання, – $\mu_n > 0$ від того, що йому потрібне (ширини смуги

пропускання, яка замовлена) – $C_n > 0$ пропорційна величині відхилення, тобто

$$\sigma_n(C_n, \mu_n) = k_n(C_n - \mu_n) \cdot \gamma(C_n - \mu_n) + k'_n(C_n - \mu_n) \cdot (1 - \gamma(C_n - \mu_n)), \quad (3)$$

де $\gamma(C_n - \mu_n) = \begin{cases} 0, & \text{при } C_n - \mu_n < 0; \\ 1, & \text{при } C_n - \mu_n \geq 0; \end{cases}$

k_n, k'_n – вагові коефіцієнти, які мають такий сенс: $k_n \geq 0$ – величина штрафу за відхилення від величини смуги пропускання в меншу сторону на одну одиницю вимірювання, встановлена, наприклад, за договором; $k'_n \geq 0$ – величина додаткової плати за надання потоку типу n на одну одиницю вимірювання більшої смуги пропускання, також, встановленою за договором.

При цьому сумарна величина витрат на обслуговування потоків обчислюється за формулою:

$$Z(K, K', C, M, P, Q) = \sum_{n=1}^N (q_n (k_n (C_n - \mu_n) \gamma(C_n - \mu_n) + k'_n (C_n - \mu_n) \cdot (1 - \gamma(C_n - \mu_n)) + P_n \cdot k'_n \mu_n)) \quad (4)$$

де в першому доданку суми для n -го потоку співмножником до ймовірності q_n є середня середня величина витрат за наявності потоку типу n у каналі, а другий доданок – це величина витрат за відсутності потоку типу n у каналі; вектори $K' = (k'_1, \dots, k'_N)$ – вектори вартісних коефіцієнтів, визначені вище; вектор $C = (C_1, C_2, \dots, C_N)$ – вектор встановлених величин смуг пропускання, які повинні виділятися кожному типу потоків; вектор $M = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N)$ – вектор величин смуг пропускання, які реально виділені кожному типу потоків; вектор $Q = (q_1, q_2, \dots, q_N)$ – вектор, n -та компоненту якого є ймовірністю того, що потік типу n передається по каналу; вектор $P = (P_1, P_2, \dots, P_N)$ – вектор, n -та компоненту якого, є ймовірністю того, що потік типу n не передається по каналу (потоку не потрібний канал зв'язку, оскільки немає даних цього типу для передачі).

При виведенні функції сумарної величини витрат вважалося, що кожен потік типу n не постійно поступає в канал зв'язку, але коли поступає, то має інтенсивність

$$\lambda_n = C_n \quad (n = 1, 2, \dots, N).$$

Тривалість інтервалу, коли потік поступає в канал (є дані для передачі), позначимо як t_n , а тривалість інтервалу, коли потік не поступає в канал

(немає даних для передачі) – τ_n . Вважатимемо, що t_n і τ_n – випадкові величини з функціями розподілу $F_{tn}(t)$ та $F_{\tau n}(t)$ відповідно. Для перших двох початкових даних моментів випадкових величин виконуються такі рівності:

$$0 < m_{tn} = \int_0^{\infty} t dF_{tn}(t) < \infty; \quad (5)$$

$$0 < d_{tn} = \int_0^{\infty} t^2 dF_{tn}(t) < \infty; \quad (6)$$

$$0 < m_{\tau n} = \int_0^{\infty} t dF_{\tau n}(t) < \infty; \quad (7)$$

$$0 < d_{\tau n} = \int_0^{\infty} t^2 dF_{\tau n}(t) < \infty. \quad (8)$$

Таким чином, кожен потік можна представити як альтернуючий процес відновлення [7, 8]. При цьому ймовірність того, що в довільно взятий момент часу в каналі присутній або відсутній потік типу n обчислюються по формулах [8]:

$$P_n = \frac{m_{tn}}{m_{tn} + m_{\tau n}}; \quad q_n = \frac{m_{\tau n}}{m_{tn} + m_{\tau n}}. \quad (9)$$

Якщо підставити в (4) дані з (9) те отримаємо функцію для обчислення сумарної величини витрат на обслуговування потоків. При статичному управлінні каналом, завдання управління ставиться таким чином.

Початкові дані

- кількість типів потоків даних – N ;
- максимальне значення смуги пропускання каналу, що виділяється для обслуговування потоків даних, – Λ ;
- вектори імовірнісних характеристик потоків даних $P = (P_1, P_2, \dots, P_N)$ і $Q = (q_1, q_2, \dots, q_N)$;
- вектор необхідних величин смуг пропускання, що виділяються потокам різних типів $C = (C_1, C_2, \dots, C_N)$;
- вектор вартісних коефіцієнтів, що встановлюють штрафи за відхилення в меншу сторону реально виділеної смуги пропускання для потоків різних типів, – $K = (k_1, k_2, \dots, k_N)$;
- вектор вартісних коефіцієнтів, що встановлюють плату за відхилення у велику сторону реально виділеної смуги пропускання для потоків різних типів, – $K' = (k'_1, k'_2, \dots, k'_N)$.

Тоді цільова функція завдання оптимізації може бути визначена таким чином:

$$Z(K, K', C, M^*, P, Q) = \min_M Z(K, K', C, M, P, Q), \quad (10)$$

де функція $Z(K, K', C, M, P, Q)$ визначена формулами (4) – (9).

Обмеження завдання оптимізації:

$$1) \sum_{n=1}^N \mu_n = \Lambda ; \quad (11)$$

$$2) \Lambda < \sum_{n=1}^N C_n . \quad (12)$$

Тут сенс першого обмеження полягає в тому, що сумарне значення реальне що виділяються різним типам потоків смуг пропускання каналу не повинна перевищувати максимального значення смуги пропускання каналу, що виділяється для обслуговування потоків даних.

Сенс другого обмеження полягає в тому, що можливе в договорі встановлювати такі значення смуг пропускання, що в сумі вони перевершуватимуть можливості каналу.

Рішення приведеної задачі дозволяє максимізувати дохід при управлінні каналом.

Особливістю завдання є можливість враховувати активність користувачів, оскільки ця активність визначається значеннями компонент векторів Q і P .

Дане завдання є завданням математичного програмування і для її вирішення можна застосовувати відомі методи [9, 10].

Висновки

Розглянутий підхід до вирішення одного з завдань управління потоками даних в мультисервісних мережах – управління пропускнуою спроможністю магістрального каналу у разі, коли сумарний розмір вимог потоків до пропускнуої спроможності перевищує величину смуги пропускання каналу. Запропонований метод дозволяє оптимізувати розподіл смуги пропускання між потоками по критерію

мінімуму витрат, що дозволить максимізувати дохід при використанні магістрального каналу мультисервісної мережі..

Напрямок подальших досліджень пов'язаний з розробкою програмної реалізації запропонованого методу, узгодженої з діючими протоколами.

Список літератури

1. Телекоммуникационные системы и сети. Т. 3. Мультисервисные сети / В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.
2. Гургенидзе А.Т. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа / А.Т. Гургенидзе, В.И. Кореш. – М.: Наука и техника, 2003. – 400 с.
3. Основы информационных систем / Под ред. В.Ф. Ситника. – К: КНЕУ, 2001. – 420 с.
4. Ромашкова О.Н. Обработка пакетной нагрузки в информационных сетях / О.Н. Ромашкова. – М.: МИИТ, 2001. – 244 с.
5. Олифер В.Г. Компьютерные сети: принципы, технологии, протоколы. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб: Питер, 2008. – 958 с.
6. Танненбаум Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. Танненбаум, М. Ван Стен. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.
7. Кокс Д., Теория восстановления / Д. Кокс, В. Смит. – М.: Сов. радио, 1967. – 300 с.
8. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее применения. В 2-х томах / пер с англ. - М.: Мир, 1987. – Т.1. – 528 с.; Т.2. – 738 с.
9. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. – 488 с.
10. Кофман А., Анри-Лабордер А. Методы и модели исследования операций. М.: Мир, 1977. – 432 с.

Надійшла до редколегії 22.08.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОСОЙ ПРОПУСКАНИЯ МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ

О.В. Барабаш, Н.И. Науменко, Ю.В. Стасев

В статье рассмотрена одна из частных задач управления потоками данных в мультисервисных сетях – управление пропускной способностью магистрального канала в случае, когда суммарный размер требований потоков к пропускной способности превышает величину полосы пропускания канала. Предложенный метод позволяет оптимизировать распределение полосы пропускания между потоками по критерию минимума затрат, что позволит максимизировать доход при использовании магистрального канала мультисервисной сети.

Ключевые слова: мультисервисная сеть, магистральный канал, пропускная способность.

METHOD OF OPTIMUM CONTROL THE BANDWIDTH IN OF MULTISERVICE NETWORK MAIN CHANNEL

O.V. Barabash, N.I. Naumenko, Yu.V. Stasev

In the article one of private tasks of control the flows of data is considered in multiservice networks is a management the carrying capacity of main channel in the case when the total size of requirements of streams to the carrying capacity exceeds the size of bar of key-in of channel. The offered method allows to optimize distributing of bar of key-in between streams on the criterion of a minimum of expenses, that will allow to maximize a profit at the use of main channel of multiservice network.

Keywords: multiservice network, main channel, carrying capacity.