

Інфокомунікаційні системи

УДК 004.75

А.К. Гончаренко¹, Л.О. Єгорова²

¹ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

² Інститут радіофізики та електроніки НАН України, Харків

БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В ЛОКАЛЬНИХ ФРАГМЕНТАХ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

В статті розглядається підхід до балансування навантаження в локальних фрагментах інформаційно-телекомунікаційних мереж, орієнтований на зменшення перевантажень мережевого обладнання. Розроблена математична модель даного процесу, орієнтована на можливість корекції стандартного процесу маршрутизації при виборі маршруту із множини допустимих маршрутів. Розроблено алгоритм для використання запропонованого підходу. Отримані результати роботи демонстраційного програмного додатку, що моделює передачу інформаційного пакету в межах фрагменту мережі.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа, балансування навантаження, алгоритм маршрутизації, оптимізація.

Вступ

Постановка задачі. Останнім часом стала актуальною розробка алгоритмів та методів оптимізації передачі пакетів в телекомунікаційних мережах. Приводом для цього є постійне зростання розмірів і кількості мереж, що призводить до зростання навантаження в каналах передачі, особливо в найкоротших шляхах.

Основний недолік існуючих систем управління передачею в мережах полягає в неможливості оптимально розподіляти трафік між всіма доступними мережевими ресурсами внаслідок децентралізованого характеру управління. З іншого боку, існують методи оптимального управління, що дозволяють досягти високих показників продуктивності мережі, але вони використовують централізований підхід до управління, а тому немає можливості реалізувати такі рішення на практиці, особливо при орієнтації на локальні мережеві фрагменти.

Аналіз основних публікацій. Існуючі технології, такі як інжиніринг трафіку (Traffic Engineering) та багатошляхова маршрутизація (Multi Path Routing), пропагують динамічне відстеження стану мережі і каналів передачі [1 – 3]. На основі даних технологій будуються методи балансування навантаження [4, 5], використовуючи керування чергами та контроль якості обслуговування каналу передачі.

Існуючі методи маршрутизації не задовільняють сучасним вимогам, тому що вони спираються або на статичні дані, що не можуть динамічно змінюватися, або на алгоритми найкоротшого шляху, що призводять до перенавантаження деяких каналів зв'язку. Це негативно впливає на швидкість роботи

мережі. Балансування навантаженням стосується сучасних мереж та сприяє поліпшенню основних характеристик роботи мережі. У ряді робіт [6 – 8] вирішуються задачі динамічного балансування, але методи, що пропонуються, є дуже складними для реалізації в локальних фрагментах мереж з постійним перевантаженням одного або декількох каналів зв'язку. Тому **метою даної статті** є розробка підходу до балансування навантаження в локальних фрагментах інформаційно-телекомунікаційних мереж, орієнтований на зменшення перевантажень мережевого обладнання.

1. Математична модель процесу локального балансування навантаження

Розглянемо процес локального пакетного балансування навантаження на окремому вузлі мережі, що здійснює маршрутизацію пакетів. Зафіксуємо момент прийняття пакету t_p для постановки його до вхідної черги – $t(r_p)$. Стандартний алгоритм маршрутизації здійснює аналіз заголовку пакета, виділяє адресу отримувача та тип обслуговування трафіку. В процесі пошуку подальшого маршруту пакет скидається, якщо на цей час доступного маршруту немає. У разі наявності декількох можливих маршрутів вибір здійснюється або за статичною маршрутизацією, або за допомогою алгоритмів пошуку найкоротшого шляху. В обох випадках не враховується завантаженість обраного маршруту, що є однією із причин розбалансованості на ділянці мережі, що розглядається.

Пропонується у разі наявності декількох можливих маршрутів для пакету t_p внести зміни до іс-

нуючого алгоритму маршрутизації. Нехай для пакету r_p розглядається множина доступних маршрутів

$$M = \{m_i(r_p)\}, \text{ card } M = I > 1.$$

Для кожного елементу множини M визначимо кортеж з трьох елементів

$$\mathfrak{R}_i = \langle L_i(t_p), \xi_i(t_p), \eta_i(t_p) \rangle,$$

у якому на фіксований момент часу t_p для i -го маршруту із множини M визначаються статична оцінка довжини маршруту, розмір черги на відповідному напрямі та середнє значення відсотку втрат пакетів відповідно.

Визначимо підмножину

$$M \supset M^* = \{m_j(r_p) \mid \eta_j(t_p) < \eta_{\text{крит}}\}, \text{ card } M^* = J,$$

де $\eta_{\text{крит}}$ – максимальне допустиме за умовами QoS значення відсотку втрат пакетів.

Тоді зміни до існуючого алгоритму маршрутизації є сенс вводити, якщо $J > 1$.

Надалі для кожного елементу множини M^* визначимо такий кортеж коефіцієнтів:

$$\mathfrak{J}_j = \langle k_{\xi_j}, k_{\eta_j} \rangle,$$

де коефіцієнт k_{ξ_j} розраховується як

$$k_{\xi_j} = \xi_i(t_p) + 1,$$

а коефіцієнт k_{η_j} визначається таким чином:

$$k_{\eta_j} = 1, \text{ якщо } \eta_i(t_p) = 0;$$

$$k_{\eta_j} = f(\eta_i(t_p)), \text{ якщо } \eta_i(t_p) > 0,$$

де f – неубуваюча функція, визначена на проміжку $(0; \eta_{\text{крит}})$, причому

$$\forall \eta^* \in (0; \eta_{\text{крит}}) \Rightarrow f(\eta^*) > 1.$$

Вищенаведене дозволяє оцінити відносну завантаженість кожного із маршрутів множини M^* на фіксований час t_p за допомогою коефіцієнту

$$K_j = k_{\xi_j} \cdot k_{\eta_j},$$

та визначити показник для вибору маршруту для пакету r_p , що враховує системні вимоги до збалансованості завантаження мережі:

$$Z_j = L_j(t_p) \cdot K_j.$$

Тоді критерій вибору маршруту пов'язаний із мінімумом показника Z_j , тобто шуканий маршрут

$$j^* = \arg \left(\min_{m_j(r_p) \in M^*} Z_j \right).$$

2. Алгоритм вибору маршруту

Розглянемо алгоритм вибору маршруту, обмеженого локальним фрагментом інформаційно-телекомунікаційної мережі. Кожен вузол фрагмента має чергу передачі, що впливає на оцінку маршруту як кращого для передачі пакета. Якщо на вхідному вузлі завелика черга, то даний алгоритм відповідно до запропонованої моделі прораховує час, включаючи проходження пакета по черзі. Це дозволяє не накопичувати все навантаження на одному каналі, а роз-

поділити його, завдяки цьому зменшити загальний середній час проходження пакета з одного вузла в інший по будь-якому маршруту.

Також в алгоритмі береться в розрахунок якість маршруту (кількість втрачених при передачі пакетів), адже втрата частини пакета призведе до повторної пересилки пакета, тому це теж потрібно враховувати. В алгоритмі, що пропонується, маршрути, в яких втрата пакетів перевищує 20% до розрахунку взагалі не беруться, від 10 до 20% – час передачі пакета множиться на 3, від 1 до 10% – на 2.

Програмна модель складається із двох компонент:

1) програмний комплекс розрахунку оптимального маршруту для пересилки інформації за належною адресою, опираючись на розроблений алгоритм маршрутизації;

2) програма-інтерфейс для відображення роботи по розрахунках оптимального маршруту.

Згідно розробленої моделі вхідними даними для першого програмного комплексу є параметри, які характеризують телекомунікаційну мережу:

1) таблиця маршрутизації;

2) показники якості QoS для кожного маршруту;

3) час передачі однієї порції інформації через даний маршрут;

4) черги на маршрутах;

5) IP-адреси відправника та отримувача інформації, що передається;

6) обсяг інформації.

Узагальнені вихідні дані першого програмного комплексу є вхідними даними другого програмного комплексу, на виході якого отримаємо оптимальний маршрут для передачі інформації в межах даного локального фрагменту мережі.

Опис алгоритму роботи програми:

1. Запис до текстового файлу, що знаходиться в папці проекту, усіх даних стосовно телекомунікаційної мережі.

2. Створення своєї структури даних, в яку переноситься вся інформація про мережу та створення функцій для їх обробки.

3. Організація вводу адрес відправника та отримувача інформації, що потрібно передати, та розміру інформації у байтах.

4. Обробка структури даних та пошук усіх маршрутів в телекомунікаційну мережу.

5. Розрахунок часу передачі всієї інформації по кожному з маршрутів з урахуванням черги на маршруті та якості передачі.

6. Порівняння отриманих результатів та вибір найоптимальнішого маршруту для передачі.

7. Запис передачі до черги на маршруті в телекомунікаційну мережу.

8. Розробка інтерфейсу програмного додатка.

9. Забезпечення вводу адрес відправника та отримувача, розміру інформації; виводу всіх маршрутів та знайденого оптимального маршруту.

В якості вхідних даних до програми розглядається файл, в якому перераховані всі маршрути в мережі, швидкість передачі інформації, якість маршруту і навантаження на ньому. На виході отримуємо результат вибору між обраними маршрутами.

Приклад файлу з вхідними даними представлений на рис. 1, а програмний інтерфейс – на рис. 2.

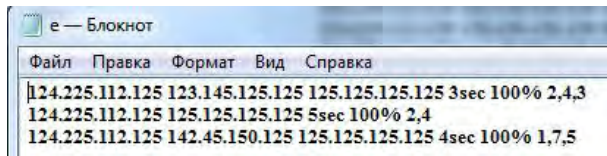


Рис. 1. Завдання вхідних даних

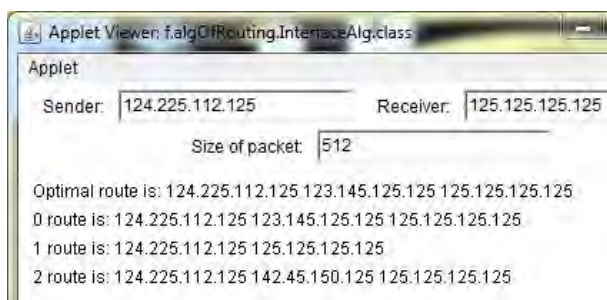


Рис. 2. Результат роботи програмної моделі

ВИСНОВКИ

В статті запропонований підхід до балансування навантаження в локальних фрагментах інформаційно-телекомунікаційних мереж, орієнтований на зменшення перевантажень мережевого обладнання. Для цього розроблена математична модель даного процесу, орієнтована на можливість корекції стандартного процесу маршрутизації при виборі маршруту із множини допустимих маршрутів. Також розроблено алгоритм для використання запропонованого

підходу. Отримані результати роботи демонстраційного програмного додатку, що моделює передачу інформаційного пакету в межах фрагменту мережі.

Напрямок подальших досліджень – подальший розвиток запропонованого підходу для балансування навантаження у розподілених мережах.

Список літератури

1. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст] / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер; 4-ое изд. – СПб.: Питер, 2010. – 944 с.
2. Кучук, Г.А. Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення [Текст] / Г.А. Кучук. – Х.: ХУ ПС, 2013. – 264 с.
3. Кучук, Г.А. Концептуальний підхід до синтезу структури інформаційно-телекомунікаційної мережі [Текст] / Г.А. Кучук, І.В. Рубан, О.П. Давікоза // Системи обробки інформації : збірник наукових праць. – Х.: ХУ ПС, 2013. – Вип. 7 (114). – С. 106 – 112.
4. Кучук, Г.А. Синтез стратифікованої інформаційної структури інтеграційної компоненти гетерогенної складової Єдиної АСУ Збройними Силами України [Текст] / Г.А. Кучук, О.П. Давікоза // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України : науково-технічний журнал. – Х.: ХУ ПС, 2013. – № 3(12). – С. 154-158.
5. Кучук, Г.А. Управление ресурсами инфотелекоммуникаций [Текст] / Г.А. Кучук, Р.П. Гахов, А.А. Паушев. – М.: Физматлит, 2006. – 220 с.
6. Поповский, В.В. Математические основы управления и адаптации в телекоммуникационных системах [Текст] / В.В. Поповский, В.Ф. Олейник. – Х.: ООО "Компания СМИТ", 2011. – 362 с.
7. Дятлов Е.И. Балансировка нагрузки в распределенных вычислительных системах / Е.И. Дятлов // Системи обробки інформації : зб наук. праць. – Х.: ХУ ПС, 2015. – Вип. 11 (136). – С. 128-134.
8. CPU Load average. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/216827/>.

Надійшла до редколегії 21.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. С.Г. Семенов, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків.

БАЛАНСИРОВАНИЕ НАГРУЗКИ В ЛОКАЛЬНЫХ ФРАГМЕНТАХ ИНФОРМАЦИОННО ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

А.К. Гончаренко, Л.А. Егорова

В статье рассматривается подход к балансированию нагрузки в локальных фрагментах информационно-телекоммуникационных сетей, ориентированный на уменьшение перегрузок сетевого оборудования. Разработана математическая модель данного процесса, ориентированная на возможность коррекции стандартного процесса маршрутизации при выборе маршрута из множества допустимых маршрутов. Разработан алгоритм для использования предложенного подхода. Получены результаты работы демонстрационного программного приложения, которое моделирует передачу информационного пакета в пределах фрагмента сети.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, балансирование нагрузки, алгоритм маршрутизации, оптимизация.

LOAD BALANCING IN THE LOCAL FRAGMENTS OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NETWORKS

A.K. Goncharenko, L.O. Egorova

In the article going has examined approach of load balancing in the local fragments of information and telecommunication networks, oriented to diminishing overloads of network equipment. The mathematical model of this process, oriented to possibility of correction of standard routing process at the choice of route from the great number of possible routes, was developed. An algorithmic model was developed for the using offered approach. Results of working of the demonstration programmatic application which designs the transmission of informative package within the fragment of network were got.

Keywords: telecommunication network, load balancing, routing algorithm, optimization.