

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2021.01.030

**КЕРУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ МРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ З ВІРТУАЛЬНОЮ
ФРАГМЕНТАЦІЄЮ І ВРАХУВАННЯМ ПОТОЧНОЇ «КОМПОЗИЦІЇ»
ПЕРЕВАНТАЖЕНИХ ФРАГМЕНТІВ**

Легенков О.Д., аспірант кафедри систем автоматизованого управління

Лабуткіна Т.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри систем автоматизованого
управління

Дніпровській національного університету імені Олеся Гончара, Україна

Бурхливий розвиток мереж комутації пакетів – одна з ознак сучасності. Серед багатьох різновидів таких мереж – мережі, які складаються з тисяч вузлів. Великі за кількістю вузлів мережі не тільки активно застосовуються на Землі, а й вже створюються у навколосемному просторі (приклад тому – розгортання супутникової мережі Starlink, яка призначена забезпечити потреби мешканців Землі у технологіях Internet). Створення таких великих багатоелементних систем робить актуальними задачі оптимізації керування процесами їх функціонування.

У даній роботі досліджуються задачі керування мережним навантаженням для узагальненого варіанту великої мережі комутації пакетів, яка може бути представлена як множина N однотипних вузлів і ліній зв'язку, які їх поєднують, створюючи коміркову топологію. Також показана особливість окремого випадку реалізації такої мережі на основі угруповання космічних апаратів (вузлів мережі), поєднаних із застосуванням міжсупутникових ліній зв'язку. Можна розглядати «незамкнену» мережу, яку можна представити «розгорнутою» на площині, або «замкнену» коли вузли розташовані на поверхні, яка охоплює деякий об'єм (у окремому випадку – розташовані на сфері). Більш узагальнений випадок, коли у мережі можна виділити декілька сегментів, кожний з яких можна уявляти як мережу з вузлами на замкненій поверхні, що охоплює деякий об'єм, а ці поверхні для кожного сегмента мають деяку спільну точку, навколо якої вони замкнені. Ці сегменти мережі по'язані між собою завдяки наявності ліній зав'язків між їх вузлами. Маршрутизація «плоска» (тобто однорівнева, не ієрархічна) реалізується за алгоритмом вибору шляху найменшої вартості. Призначення вартостей лініям зв'язку може

враховувати оцінку часу, який знадобиться для передачі даних між вузлами (при однотипних лініях зв'язку залежить від відстані між вузлами) і від прямого або непрямого врахування навантаження у вузлах (яке визначає час затримки інформації у кожному з вузлів). Показником навантаження вузла (заповнення мережним навантаженням, яке очікує у вузлу відправлення подальшим шляхом передачі у мережі або виходу з мережі до користувачів) може бути кількість заповнених рівнів, на які розподілений обсяг накопичувача (наприклад, як описано для задачі моделювання мережі комутації пакетів у роботі [1]).

Задача оптимізації функціонування подібних мереж для випадку створення їх на основі супутникових систем розглядалися, наприклад, у роботах [2-6], деякі результати яких будуть розвинуті у даній роботі. У роботах [2-4] досліджувалися задачі віртуального розподілення таких мереж на фрагменти (кластери) для випадку супутникової мережі зв'язку, побудованої на різновисоких орбітальних угрупованнях, і застосування цього розподілення для керування навантаженням мережі. В роботі [2] представлені варіанти віртуального розподілення мережі на фрагменти (названі кластерами) і алгоритми їх реалізації. В роботі [3] показано, як можна застосовувати цій розподіл на фрагменти для врахування усереднених показників топології кожного з таких фрагментів в алгоритмах маршрутизації. В роботі [4] представлена концепція керування навантаженням мережі з врахуванням усереднених показників навантаження елементарних фрагментів розподілу мережі, до яких належить вузол, при призначенні вартостей лініям зв'язку в алгоритмах маршрутизації найменшої вартості. Мета даної роботи – подальший розвиток цього напрямку керування навантаженням мережі із врахуванням її фрагментації на елементарні фрагменти.

Мережа за обраним правилом розподілена на елементарні фрагменти [2]. Елементарні фрагменти мережі не перетинаються (тобто, один вузол належить тільки одному елементарному фрагменту). Фрагменти можна представити як «клаптик» мережі, якій оточений іншими фрагментами. Наявність зав'язків між вузлами мережі надає можливість застосувати абстракцію – представити цю множину фрагментів як множину зв'язаних у мережу елементів (як

абстрактну мережу фрагментів). Нехай для кожного фрагменту визначний показник його навантаження (наприклад, середнє навантаження його вузлів, або – відсоток його вузлів, в яких навантаження вище за задану границю, та інші). Якщо перевищена задана межа, яка надає визначання елементарного фрагменту як фрагменту з підвищеним навантаженням, то елементарний фрагмент вважається перевантаженим. Далі у введеній уявній «мережі фрагментів» знаходяться зв'язані групи фрагментів з підвищеним навантаженням (кожний фрагмент зв'язаної групи має зв'язок хоч з одним фрагментом цієї групи). Підхід до визначення таких груп і алгоритм його реалізації аналогічний тому, якій представлений у роботах [5,6] для випадку, коди визначалися зв'язані групи вузлів з підвищеним навантаженням (вузол, якій входить до зв'язаної групи, має зв'язок хоч з одним іншим вузлом цієї групи). Підхід, запропонований у роботах [5,6] надає можливість виявити так звані «флуктуаційні групи вузлів». Розгляд груп фрагментів мережі з підвищеним навантаженням надає можливість аналізу поточного стану розподілення навантаження «у іншому масштабі», є зручним не тільки для наближеного («розмитого») виявлення флуктуацій при малих групах фрагментів із підвищеним навантаженням (у тому числі – одиночного фрагменту з підвищеним навантаженням), а й виявляти різні варіанти «перекосів» навантаження у мережі.

Для визначених груп елементарних фрагментів з підвищеним навантаженням застосовуються модифікації методу керування навантаженням на основі вибору шляхів найменшої вартості, описаного для різних умов в роботах [4,5,6], в якому при маршрутизації враховують належність вузла до фрагментів з підвищеним навантаженням. Стратегії вибору маршрутів, які застосовують вузли перевантажених фрагментів, відрізняються від стратегій, які застосовують вузли інших фрагментів. Стратегії вузлів перевантажених фрагментів і інших вузлів мережі враховують належність вузла до перевантаженої групи за таким принципом: враховується, чи належить він сам до цієї групи, або не належить. Модифікація методу керування обирається, враховуючи поточну наявність груп перевантажених фрагментів мережі (в тому числі – і одиночних фрагментів з підвищеним

навантаженням, і великих за розмірами зв'язаних груп перевантажених фрагментів), а також їх «композицію» у мережі.

Література

1. Лабуткина Т.В., Ларин В.А., Беликов В.В., Борщева А.В., Тихонова А.А., Деревяшкин Д.И. Имитационная модель спутниковой сети коммутации пакетов с разновысотными орбитальными сегментами // Научно-технический журнал «Радиоэлектронні і комп'ютерні системи». – 2016. – № 1 (75). – С. 66-83.
2. Лабуткина Т.В., Легенков А.Д., Лазарец М.С., Литвиненко Я.С. Разбиение многоспутниковой сети на кластер. / Scientific achievement of modern society. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. – 2020. – Pp. 667-675. <http://sci-conf.com.ua>.
3. Лабуткина Т.В., Легенков А.Д. Характеристики топологии фрагментированной на кластеры спутниковой сети / Scientific achievements of modern society. Abstracts of the 8th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. 2020. Pp. 495-504. URL: <http://sci-conf.com.ua>.
4. Легенков А.Д., Литвиненко Я.С., Лазарец А.С., Лабуткина Т.В. Балансировка нагрузки фрагментированной на кластеры спутниковой сети / Тези XXII Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Людина і космос», 12-15 квітня 2020, Дніпро, Україна. – С. 84.
5. Лабуткина Т.В., Шабазов Д.И. «Комбинированное» управление сетевой нагрузкой в сети коммутации пакетов. / Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції Інформаційні технології у металургії і машинобудуванні, 26-29 березня 2019, Дніпро, Україна.– С. 122.
6. Shabazov D., Labutkina T., Brlikov V., Sayenko I., Kuzmin M. Method for quick leveling of disproportional load and load fluctuation in satellite packet switching network / Presentation theses 7th International conference Space technologies: present and future. 21-24 may 2019. Dnipro, Ukrain. – P. 148.

CONTROL OF LOAD OF THE COMMUNICATION NETWORK WITH VIRTUAL FRAGMENTATION AND TAKING INTO ACCOUNT THE CURRENT «COMPOSITION» OF OVERLOADED FRAGMENTS

Lehenkov Oleksandr, Labutkina Tetiana

Abstract. The problems of network load management for a generalized version of a large packet switching network are investigated. The network is divided into elementary fragments according to the selected rule. Data routing is "flat" (not hierarchical). Abstraction is used - a set of network fragments can be represented as

a set of networked elements. For each fragment, a significant indicator of its load (for example, the average load of its nodes or another) is defined. The limit of this indicator is set, which provides the definition of an elementary fragment as a fragment with an increased load. In the entered imaginary "network of fragments" there are connected groups of fragments with the increased loading. For groups of elementary fragments with high load, modifications of the load control method are used due to the choice of the lowest cost paths, in which the routing takes into account the node's belonging to the fragments with high load.

Keywords: management of a packet switching network load, virtual network fragmentation, data routing.

References

1. Labutkina T.V.. Larin V.A.. Belikov V.V.. Borshcheva A.V.. Tikhonova A.A.. Derevyashkin D.I. Imitatsionnaya model sputnikovoy seti kommutatsii paketov s raznovysotnymi orbitalnymi segmentami. // Naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Radioelektronni i kompiuterni systemy». – 2016. – № 1 (75). – S. 66-83.
2. Labutkina T.V.. Legenkov A.D.. Lazarets M.S.. Litvinenko Ya.S. Razbiyeniye mnogosputnikovoy seti na klaster. / Scientific achievement of modern society. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. – 2020. – Pp. 667-675. <http://sci-conf.com.ua>.
3. Labutkina T.V.. Legenkov A.D. Kharakteristiki topologii fragmentirovannoy na klasteri sputnikovoy seti / Scientific achievements of modern society. Abstracts of the 8th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. 2020. Pp. 495-504. URL: <http://sci-conf.com.ua>.
4. Legenkov A.D.. Litvinenko Ya.S.. Lazarets A.S.. Labutkina T.V. Balansirovka nagruzki fragmentirovannoy na klasteri sputnikovoy seti / Tezy XXII Mizhnarodnoi molodizhnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Liudyna i kosmos», 12-15 kvitnia 2020, Dnipro, Ukraina. – S. 84.
5. Labutkina T.V.. Shabazov D.I. «Kombinirovannoye» upravleniye setevoy nagruzkoj v seti kommutatsii paketov. / Materiali Mizhnarodnoï naukovo-tekhnichnoï konferentsii Informatsiyni tekhnologii u metalurgii i mashinobuduvanni. 26-29 bereznya 2019. Dnipro. Ukraïna. S. 122./ Materialy Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii Informatsiyni tekhnologii u metalurhii i mashynobuduvanni, 26-29 bereznia 2019, Dnipro, Ukraina.– S. 122.
6. Shabazov D., Labutkina T., Brlikov V., Sayenko I., Kuzmin M. Method for quick leveling of disproportional load and load fluctuation in satellite packet switching network / Presentation theses 7th International conference Space technologies: present and future. 21-24 may 2019. Dnipro, Ukrain. – P. 148.