УДК 621.391: 629
DOI:10.62717/3083-7057-2026-1-092

Кудрєватих О.О.,
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
E-mail:ithedxsturbed@gmail.com

Лабуткіна Т.В.,
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
ORCID 0000-0002-3333-3296
E-mail:tvlabut@ukr.net

ПОДВІЙНЕ ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ДЕЙКСТРИ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ КЕРУЮЧОГО ВПЛИВУ НА ПОТОКИ ІНФОРМАЦІЇ В МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ, КОСМІЧНИЙ АСПЕКТ

Анотація. Запропоновано метод реалізації керуючого впливу на потоки інформацій у мережі комутації пакетів, заснований на подвійному застосуванні централізованого алгоритму вибору шляху найменшої вартості (алгоритму Дейкстри). Перша реалізація алгоритму Дейкстри дає множину дерев найкоротших шляхів у мережі. Кількість цих дерев дорівнює кількості вузлів мережі (кожне дерево має корінь у одному з вузлів мережі і гілки, що ведуть до всіх інших вузлів мережі). Аналіз суперпозиції цих дерев дає можливість знайти мажоритарні оцінки першої реакції мережі на обрану множину найкоротших шляхів та визначити корегуючи поправки до вартостей елементарних ліній зв'язку. На основі нових вартостей елементарних ліній зв'язку знов знаходяться найкоротші шляхи для кожної пари вузлів мережі (вдруге застосовується алгоритм Дейкстри). Метод актуальний та показаний для супутникових мереж комутації пакетів, але має значно ширше застосування – є придатним до використаний в задачах керування системами мережного типу, які можна описати моделями мереж масового обслуговування.

Ключові слова: мережі зв'язку, мережі комутації пакетів, супутникові системи зв'язку, керування потоками мережного навантаження, вибір шляху найменшої вартості.

O. Kudrievatykh,
Oles Honchar Dnipro National University
E-mail:ithedxsturbed@gmail.com

T. Labutkina,
Oles Honchar Dnipro National University
ORCID 0000-0002-3333-3296
E-mail:tvlabut@ukr.net

DOUBLE APPLICATION OF THE DIJKSTRA ALGORITHM IN IMPLEMENTING CONTROLLING INFLUENCE ON INFORMATION FLOWS IN A COMMUNICATION NETWORK, COSMIC ASPECT

Abstract. A method for implementing control influence on information flows in a packet switching network is proposed, based on the dual application of a centralized algorithm for selecting the least-cost path (Dijkstra's algorithm). The first implementation of Dijkstra's algorithm gives a set of shortest path trees in the network. The number of these trees is equal to the number of network nodes (each tree has a root in one of the network nodes and branches leading to all other network nodes). Analysis of the superposition of these trees makes it possible to find majority estimates of the first reaction of the network to the selected set of shortest paths and determine the corrections to the values of elementary communication lines. Based on the new values of elementary communication lines, the shortest paths for each pair of network nodes are again found (Dijkstra's algorithm is used for the second time). The method is relevant and shown for satellite packet switching networks, but has a much wider application - it is suitable for use in control problems of network-type systems that can be described by models of mass service networks
Keywords: communication networks, packet switching networks, satellite communication systems, network load flow control, least cost path selection.

Сучасний світ охопили мережі зв'язку, зокрема – панують мережі комутації пакетів. Активно розвиваються високо надійні, безпечні не інтелектуальні методи керування потоками навантаження в мережах комутації пакетів [1-3], їх доповнюють зараз і частково замінять у майбутньому інтелектуальні методи [4]. Але залишається актуальним пошук ефективних рішень щодо вдосконалення «простих», не інтелектульних методів керування, які передбачають застосування нетрадиційних ідей і підходів.

Узагальнено процес реагування мережі на керуючі впливи при незмінній топології, вхідному навантаженні та ймовірностей його спрямування можна уявити як згасаючі коливання навколо її квазі оптимального стану. Запропоновано метод, що забезпечить прискорення переходу мережі до квазі оптимального стану. Метод заснований на нетрадиційному підході до формування керуючого впливу на мережу, заснованому на подвійному застосуванні централізованого алгоритму вибору шляху найменшої вартості, запропонованому Едсгером Дейкстрою. Перша реалізація алгоритму Дейкстри дає множину дерев найкоротших шляхів у мережі. Кількість цих дерев дорівнює кількості вузлів мережі (кожне дерево має корінь у одному з вузлів мережі і гілки, побудовані до всіх інших вузлів мережі). Розроблено швидкій метод аналізу суміщення цих дерев і розрахунку показнику мажоритарної прогнозної оцінки першої реакції мережі на керуючий вплив. Визначаються і додаються корегуючи поправки до вартостей елементарних ліній зв'язку, і вже на основі нових вартостей елементарних ліній зв'язку знов знаходяться найкоротші шляхи для кожної пари вузлів мережі (для цього вдруге

застосовується алгоритм Дейкстри). Серед алгоритмів вибору шляху найменшої вартості алгоритм Декстри обраний тому, що він одразу дає дерево шляхів найменшої вартості із заданим коренем.

Такий підхід є ефективним і для мереж зі стаціонарною топологією. Але для мереж з динамічною топологією «прискорення реакції мережі» стає гостро актуальним. До мереж з динамічною топологією належать супутникові мережі зв'язку. Задачі керування даними в цих мережах активно досліджуються [3, 5, 6]. Крім того, супутникові мережі зв'язку є динамічними відносно розташування джерел навантаження (відносно територій з різною інтенсивністю навантаження, що входить до мережі). І саме для супутникових мереж комутації пакетів адаптована запропонована реалізації методу та приклади його пояснення.

Розроблений метод має значно більш широкий спектр застосування ніж мережі комутації пакетів. Метод може бути використаний в задачах керування системами мережного типу, до яких підходить опис моделями мереж масового обслуговування (це задачі керування транспортними потоками, виробничими процесами, тощо).

Бібліографічні посилання

1. Guo Y., Hu G. & Shao D. QOGMP: QoS-oriented global multi-path traffic scheduling algorithm in software defined network / Scientific reports // *Sci Rep* 12, 14600 (2022). https://doi.org/10.1038/s41598-022-18919-w
2. О.В. Лемешко, М.О. Євдокименко. Вдосконалення потокової моделі в мультисервісній телекомунікаційній мережі із забезпеченням якості обслуговування. // Системи озброєння і військова техніка. – 2020. – № 1(61). – С. 31-43. DOI: 10.30748/soivt.2020.61.04.
3. Албул А.С. Обгрунтування моделі маршрутизації для багатосупутниових LEO систем високошвидкісної передачі даних. / А.С. Албул, М.Ф. Бабаков // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2016, № 6 (80). – С. 181-187.
4. Sahar Faezi, Alireza Shirmarz, A Comprehensive Survey on Machine Learning using in Software Defned Networks (SDN). / Human-Centric Intelligent Systems (2023) 3:312–343 Pp 312-343. https://doi.org/10.1007/s44230-023-00025-https://link.springer.com/article/10.1007/s44230-023-00025-3
5. Cao X. Dynamic Routings in Satellite Networks: An Overview / X. Cao, Y. Li, X. Xiong, J. Wang // Sensors, 2022. – 22, 4552. – Pp .1-4. https:// doi.org/10.3390/s2212455
6. Mega-Constellations Routing Systems with Multi-Edge Cross-Domain / Jiaxin Zhang, Kaiwei Wang, Rui Li, Zhaoyang Chang, Xing Zhang, and Wenbo Wang MaCRo // IEEE Wireless Communications, 2023. – Vol.30, Issue 6. – Pp. 69-76. **DOI:** 10.1109/MWC.006.2300216.