

UDC 004.724.4

Iryna Larina, Alla Kohan

**TRAFFIC ENGINEERING METHOD  
FOR SOFTWARE-DEFINED NETWORKS**Ларіна Ірина Сергіївна,  
Коган Алла Вікторівна**СПОСІБ КОНСТРУЮВАННЯ ТРАФІКА  
В ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНИХ МЕРЕЖАХ**

The paper considers traffic engineering (TE) in software-defined networks (SDN). A brief overview of the features of the SDN that allows improving of traffic engineering efficiency is presented. Given the features of the SDN technology, we propose a traffic engineering method that reduces packet loss and forwarding delay through dynamic re-routing. An example of the traffic engineering process in the conditions of an estimated link load changes is given.

**Keywords:** traffic engineering, dynamic re-routing, software-defined networks.  
Fig. 2. Bible: 8.

У роботі розглянуті питання конструювання трафіка (TE) в програмно-конфігурованих мережах (SDN). Наведений короткий огляд особливостей SDN, які дозволяють підвищити ефективність конструювання трафіка. З урахуванням особливостей технології SDN запропонований спосіб конструювання трафіка, який дозволяє знизити втрату пакетів та затримку пересилання даних за рахунок динамічної ремаршрутизації. Наведено приклад моделювання процесу конструювання трафіка в умовах прогнозованої зміни завантаження каналів зв'язку.

**Ключові слова:** конструювання трафіка, динамічна ремаршрутизація, програмно-конфігуровані мережі.

Рис.:2. Бібл.: 8.

**Relevance of research topic.** Modern trends in the rapid growth of cloud computing, Big Data, the Internet of Things and other technologies require greater flexibility and speed from computer networks. Also, modern networks are characterized by their large size and heterogeneity of equipment from different vendors. This complicates the task of traffic engineering (TE), which aims to optimize the network. One of the main tasks of traffic engineering for large networks is the task of load balancing of the network links.

**Target setting.** In order to solve the problem of traffic engineering, the use of technology of software-defined networks (SDN) is becoming promising, as it allows easier traffic management and more effective utilization of network resources [1]. Unlike traditional computer networks, SDN has a global view of the network state and can control its processes in a flexible way. This is achieved with the help of a centralized controller, which is responsible for the configuration and management of the network at the software level.

**Analysis of recent research and publications.** In [2] an overview of different traffic engineering methods for SDN is presented. The advantages of using SDN technology to solve the problem of load balancing are given.

In order to increase the efficiency of traffic management in networks, multipath routing methods are widely used. A centralized generation of multiple paths in SDN based on multipath routing can reduce traffic engineering time and improve the quality of service (QoS) [2]. Equal-Cost-Multi-Path (ECMP) algorithm is a popular solution for multipath routing in SDN, however it does not consider the load of network resources [3].

In [4] and [5] authors propose to determine big traffic flows that are routed on the least loaded paths. In [6] authors suggest distributing traffic based on pre-calculated optimal and suboptimal routes. These methods, however, lack sufficient flexibility to be able to dynamically respond to changes in network load. This is taken into account in [7], whose authors propose a traffic engineering method with the ability to perform dynamic re-routing.

**Defining the unexplored parts of the general problem.** The dynamic nature of the networks requires a quick response to changes in the state of network links. Therefore, the task is to develop a method for traffic engineering with the ability to perform dynamic re-routing to avoid links overloading.

**The research objective.** The task is to develop a method for traffic engineering in software-defined networks with the ability to dynamically reroute packets for predicted download of communication lines.

**Statement of the main material.** Statement of the main material. In this paper, we propose a method for traffic engineering that allows performing load balancing for links in the network

The calculation of the paths takes place centrally in the SDN controller. With the help of the modified wave algorithm [8] a set of all paths is formed between different nodes of the network. The advantage of this algorithm is that when paths are formed between two nodes of the network, paths between nodes arranged between them are formed simultaneously. The path information is stored in the routing tables on the network switches that are updated by the SDN controller. Since the SDN controller has a global view of the entire network, it can quickly update route information on switches.

The task that is to be solved during traffic engineering depends on the choice of the metric which will be used by controller to determine the best routes. This can be the length of the path, the delay time, the load capacity of the channel, and so on. In this paper, as a metric, the link utilization at the given time, as well as the predicted link utilization is used. The link utilization for link  $d_i$  is calculated by formula:

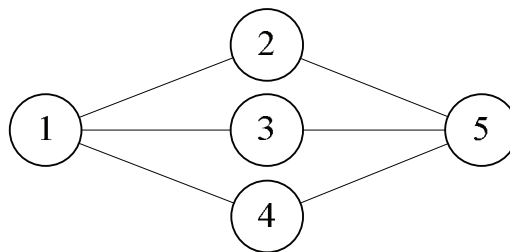
$$d_i = \frac{V_{tr}}{B_i}, \quad (1)$$

where  $V_{tr}$  is traffic volume, and  $B_i$  is link's bandwidth.

Forecasted link utilization is defined as maximum value of the forecasted link utilization change over a given time period  $\Delta t$ . We consider that SDN has the forecasted statistic of link utilization change over some time, for example, over a day.

When traffic enters the network, it is routed on the best path. The best path is defined as a path that has a minimum current utilization, and the forecasted utilization for which is not the maximum among other alternative paths. The SDN controller updates the route metric with some specified frequency. If the current link utilization value or its forecasted value reaches the maximum, then there is a need for re-routing to avoid overloading the channel, otherwise network performance will be degraded.

If the traffic has been assigned to a route in which the maximum utilization is observed or expected, another optimal path will be selected for the transfer of the next packet. Consider the re-routing process as an example. Let us consider a traffic flow that needs to be forwarded from node 1 to 5 (Fig.1).

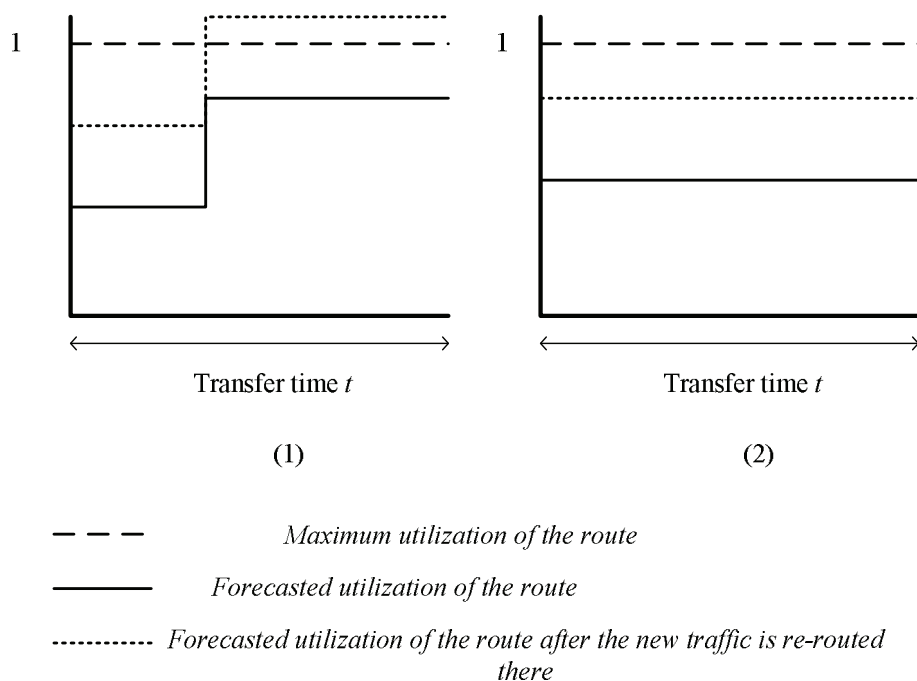


**Fig.1.** A graph for a part of network topology

Consider that the traffic flow was assigned to the route 1-2-5, for which a full utilization of link 2-5 is forecasted. A new route needs to be determined to re-route the traffic in order to avoid packet loss. For this, the SDN controller, knowing the required packet transfer time  $t$ , compares the forecasted utilization of alternatives routes over  $t$  (Fig.2).

Route which has the minimum link utilization over time  $t$  among other routes will be chosen as an optimal route. In the example above, this is route 1-4-5. Although the current utilization for this route is greater than the one for route 1-3-5, if traffic is sent there, there is a possibility of overloading the route, which will lead to degrading of network performance.

This allows us to distribute traffic more evenly and to avoid future need for additional re-routing because of the maximum link utilization.



**Fig.2.** Forecasted change of utilization for routes 1-3-5 (1) and 1-4-5 (2).  
Maximum link utilization is 1

**Conclusions.** The problem of traffic engineering in modern networks was considered. An overview of existing solutions was made and the task of developing an effective way of traffic engineering in software-defined networks was defined. A method for traffic engineering with the ability of dynamic re-routing, which reconfigures traffic based on information about the forecasted link utilization change, was proposed. The proposed method allows increasing the efficiency of traffic engineering and ensuring a more even loading of communication links in the network. As a further study, the task of forecasting the link utilization can be considered.

### References

1. He J. (2015). Achieving Near-Optimal Traffic Engineering in Hybrid Software Defined Networks / Jun He, Wei Song // IFIP Networking Conference (pp. 1–9).
2. Xia, W. (2015). A Survey on Software-Defined Networking / W. Xia, Y. Wen, C. Heng Foh, D. Niyato & H. Xie // IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS. (Vol.1, No.1, pp. 27–51).
3. Xuan Liu, Sudhir Mohanraj, Michał Piorek & Deep Medhi (2014). Multipath Routing From a Traffic Engineering Perspective: How Beneficial is It? // 22nd IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP) (pp.143-154).
4. M. Al-Fares, S. Radhakrishnan, B. Raghavan, N. Huang, A. Vahdat, “Hedera: dynamic flow scheduling for data center networks”.: Proceedings of Networked Systems Design and Implementation Symposium, NSDI’10, vol. 10, April 2010, pp. 19–19.

5. A. R. Curtis, W. Kim, and P. Yalagandula. “Mahout: Low-overhead datacenter traffic management using end-host-based elephant detection”, 30th IEEE Int. Conf. Comp. Commun. IEEE INFOCOM 2011, Shanghai, China, 10-15 April 2011, pp. 1629–163.

6. Jain, S.; Kumar, A.; Mandal, S.; Ong, J.; Poutievski, L.; Singh, A.; Venkata, S.; Wanderer, J.; Zhou, J.; Zhu, M.; et al. (2013) B4: Experience with a globally-deployed software defined WAN // ACM SIGCOMM Computer Communication Review (Vol. 43, pp. 3–14).

7. Kulakov, Yurii, Kohan, Alla & Kopychko, Sergii. (2020). Traffic Orchestration in Data Center Network Based on Software-Defined Networking Technology // Advances in Computer Science for Engineering and Education II (pp.228-237).

8. As’ad Mahmoud As’ad. (2018). A Method of Multipath Routing in SDN Networks // Advances in Computer Science and Engineering (Vol.17, No. 1, pp. 11-17).

### **Autors**

**Ларіна Ірина Сергіївна** – студентка, кафедра обчислювальної техніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**Irina Larina** – student, Department of Computer Engineering, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”.

E-mail: larina.isb@gmail.com

**Коган Алла Вікторівна** – старший викладач, кафедра автоматизованих систем обробки інформації і управління, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**Kohan Alla** - Senior lecturer, Department of Computer-Aided Management And Data Processing Systems, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”.

E-mail: a.v.kohan433@gmail.com

## РОЗШИРЕНА АНОТАЦІЯ

Ларіна Ірина Сергіївна, Коган Алла Вікторівна

### СПОСІБ КОНСТРУЮВАННЯ ТРАФІКА В ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНИХ МЕРЕЖАХ

**Актуальність теми дослідження.** Сучасні тенденції стрімкого зростання хмарних обчислень, Big Data, Інтернету речей та інших технологій вимагають від комп'ютерних мереж більшої гнучкості та швидкодії. Також сучасним мережам характерні великий розмір та неоднорідність обладнання від різних виробників. Це ускладнює задачу конструювання трафіка (TE), яка має за мету оптимізацію роботи мережі.

**Постановка проблеми.** Для вирішення задачі конструювання трафіка все більш перспективним стає використання технології програмно-конфігурованих мереж (SDN). Технологія представляє інтерес завдяки архітектурній особливості, яка полягає в наявності централізованого контролера, що відповідає за конфігурацію та керування мережею.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Протягом останніх кількох років зростає кількість робіт, присвячених проблемі конструювання трафіку в мережах SDN. Багатошляхові методи маршрутизації широко використовуються для підвищення ефективності конструювання трафіку в мережах, що скорочує час конструювання трафіку і покращує якість обслуговування (QoS). Розроблені способи конструювання трафіку, що враховують об'єм потоків трафіку і поточний стан каналів для оптимального розподілу трафіку в мережі.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Динамічний характер мереж потребує швидкої реакції на зміни стану ліній зв'язку. Тому поставлене завдання розробити спосіб конструювання трафіка з можливістю своєчасної динамічної ремаршрутизації пакетів для уникнення перенавантаження каналів.

**Постановка завдання.** Завданням є розробити спосіб конструювання трафіка в програмно-конфігурованих мережах з можливістю динамічної ремаршрутизації пакетів за прогнозованим завантаженням ліній зв'язку.

**Викладення основного матеріалу.** У даній роботі запропонований спосіб конструювання трафіка, який дозволяє забезпечити більш рівномірне завантаження каналів в мережі. Запропонований спосіб включає в себе можливість динамічно ремаршрутизації, якщо контролер спостерігає або очікує максимальне завантаження каналів на шляху трафіку.

**Висновки.** Був запропонований спосіб конструювання трафіка з можливістю динамічної ремаршрутизації, який проводить реконфігурацію трафіка на основі інформацію про прогнозовану зміну навантаження каналів.

**Ключові слова:** конструювання трафіка, динамічна ремаршрутизація, програмно-конфігуровані мережі.