

DOI: 10.31319/2519-2884.44.2024.20

UDC 004.77

Babenko Mykhailo, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Systems Software Department

Lymar Nina, Head of the Laboratory of the Systems Software Department
Dniprovsky State Technical University, Kamianske

Бабенко М.В., к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0003-1013-9383, e-mail: mvbab@ukr.net

Лимар Н.М., зав. лабораторією, ORCID: 0009-0003-4639-229X, e-mail: ninel-71@ukr.net
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

DESIGNING AND DIAGNOSING COMPUTER NETWORKS WITH SIMULATION TOOLS

This paper explores the simulation of computer network operations within a specific division, using the Systems Software Department at Dniprovsky State Technical University as a case study. NetCracker (NetCracker Technology, USA) and Cisco Packet Tracer (Cisco Systems, USA) serve as computer-aided engineering tools for modeling and analyzing computer networks. These applications enable users to select appropriate equipment from an integrated database for network engineering and provide capabilities for adding and configuring new types of equipment. Both NetCracker and Cisco Packet Tracer offer valuable simulation tools, including features for defining traffic characteristics across various protocols and visually monitoring these parameters. Additionally, they support the collection of statistical data and the generation of reports on experimental outcomes. The functionalities demonstrated by these systems highlight their potential utility for research and educational purposes in the fields of engineering, modeling, and analysis of computer networks.

Keywords: modeling; computer network; designing and diagnosing computer networks; case-tool; analysis; NetCracker; Cisco Packet Tracer.

У цій статті досліджується моделювання роботи комп'ютерної мережі в межах конкретного підрозділу на прикладі кафедри «Програмного забезпечення систем» Дніпровського державного технічного університету. Інструментами автоматизованого проектування для моделювання та аналізу комп'ютерних мереж є NetCracker (NetCracker Technology, США) та Cisco Packet Tracer (Cisco Systems, США). Ці програми дозволяють користувачам вибирати відповідне обладнання з інтегрованої бази даних для мережевої інженерії, а також надають можливості для додавання та конфігурації нових типів обладнання. І NetCracker, і Cisco Packet Tracer пропонують цінні інструменти моделювання, включаючи функції для визначення характеристик трафіку за різними протоколами та візуального моніторингу цих параметрів. Крім того, вони підтримують збір статистичних даних і створення звітів про результати експериментів. Функціональність, яку демонструють ці системи, підкреслює їх потенційну користь для дослідницьких та освітніх цілей в галузі інженерії, моделювання та аналізу комп'ютерних мереж.

Ключові слова: моделі; комп'ютерна мережа; проектування та діагностика комп'ютерної мережі; case-інструмент; аналіз; NetCracker; Cisco Packet Tracer.

Problem's Formulation

Any problem of network engineering is ensuring the specified quality parameters at minimum cost. Protocol analyzers are used to analyze real networks, which are indispensable for real network research, but they do not allow obtaining quantitative estimates of characteristics for still existing networks in the engineering phase. In these cases, engineers can use design tools that help to develop models that recreate information processes in networks.

Such models are computer programs designed to replicate events occurring within a real system in a step-by-step manner. Simulation models of computer networks accurately reproduce processes such as message generation by applications, segmentation of messages into packets and

frames according to specific protocols, the delays associated with message, packet, and frame processing within the operating system, computer access procedures within a shared network environment, and the packet processing procedures performed by routers. Network simulation obviates the need for costly equipment purchases, as these simulations, executed by programs, faithfully replicate all major features and parameters of such equipment.

There are special software-oriented software systems where the process of creating a model is simplified. Such software systems generate the network model on the basis of initial data on its topology and the protocols are used, the intensity of the requests flows between the network computers, the length of the communication lines, the types of equipment and using applications. Software modeling systems can be narrowly specialized and sufficiently universal, allowing to simulate networks of the most diverse types. The quality of the results of modeling largely depends on the accuracy of the initial data on the network transferred to the simulation system [1, 2].

Such software systems minimize the cost of network development and the preparation of engineer documentation, conduct experiments which results can be used to justify the choice of network type, and reduce costs associated with erroneous solutions.

This article discusses such tools for modeling and analyzing computer networks as NetCracker (NetCracker Technology, USA) [3] and Cisco Packet Tracer (Cisco Systems, USA) [4—6].

Analysis of recent research and publications

Software systems for engineering networks are tools that can be useful for administrators of a computer network, especially when engineering a new network or making drastic changes to an existing one. These programs allow to check the consequences of implementing a particular solution. The network engineering programs use information about the spatial arrangement of the network, the number of nodes, communication configurations, data rates, protocols and equipment types used in the application network, and they include a set of tools for preparing initial data about the network under investigation and means for statistical processing of the received results of design. Also the system can implement simulation in such systems.

Previously, in [7, 8], NetCracker was considered as a tool for simulating network operation, and now we will also use Cisco Packet Tracer for comparison.

Formulation of the study purpose

The purpose of this paper is showing the simulation of computer network's operation of a certain subdivision using the example of the systems software department of the Dniprovsky State Technical University. There are 2 classes and teaching at the department. There are 10 computers in each class and 5 computers are located in the teaching. In each class there is a server with the programs necessary to work in this class. Also there is a database server in the department.

We come up with a conclusion that it would be expedient to use Fast Ethernet technology in this network what is based on the provided intensity of data exchange between workstations and servers, as well as the requirements of application-level applications with quality of service parameters [9—11].

The teachers room's computers will be connected to the switch, which will be connected to the central switch. The hub or switch will be established in the class. The workstations and a class server will be connected to that hub (switch).

It is necessary to take into account the possibility of increasing the number of computers in classes and teaching staff when the process of choosing a network equipment.

It is necessary to perform simulation modeling and determine the approximate load on network devices and transmission channels to verify the correctness of network engineering.

Presenting main material

The NetCracker system is a CASE-tool for computer-aided design, modeling and analysis of computer networks. The program provides the ability to select the necessary equipment from the built-in database for engineering the network structure, besides it has tools for adding to the database and configuring new equipment of various types. The user places the selected components on the assembly field, specifies the structure and type of connections between them, determines the type of software and the nature of the traffic between the nodes of the network. In the future, the user is able to specify the list of characteristic, the type of statistical information display, and performs simulation modeling of the projected network.

We choose the equipment that we are going to use for building a real network, or as close to it as possible to build a network in the NetCracker program. If there are switches for workgroups in classrooms and teachers, you need to select a similar type of switch for modeling. The central switch, to which other switches and servers are connected, needs to be selected taking into account the higher reliability and performance requirements. Models of teaching and computer class networks are shown in Fig. 1 and Fig. 2.

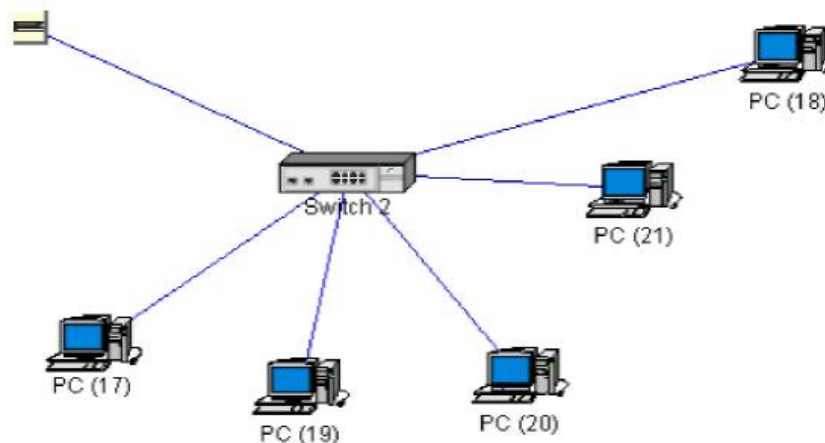


Fig. 1. The network model in the Teaching

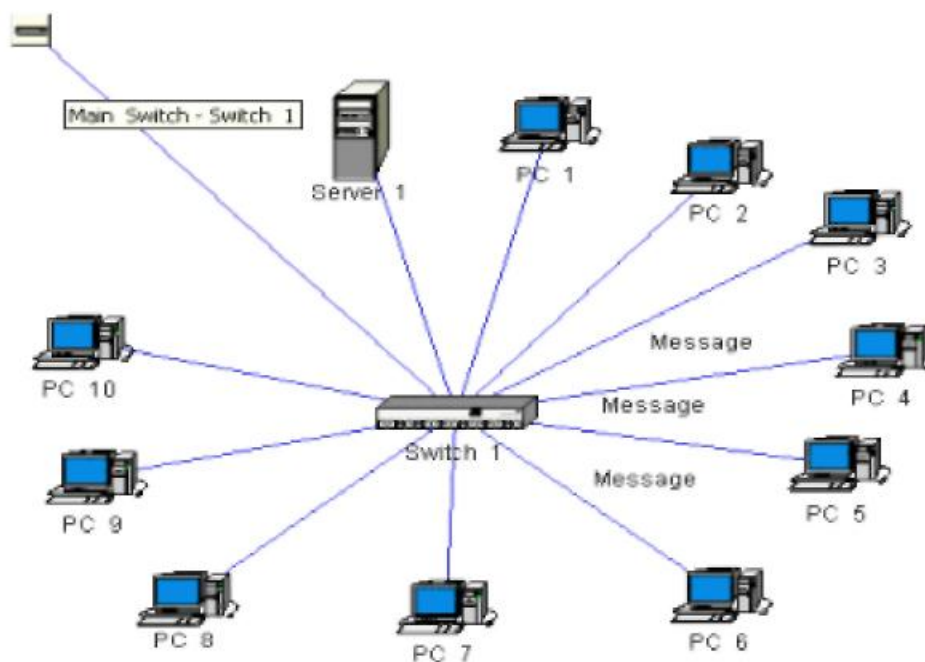


Fig. 2. The network model in the class

Cisco Packet Tracer facilitates the simulation of diverse network devices, including switches, routers, wireless access points, network printers, personal computers, and IP phones, among others. This interactive simulator provides users with a realistic emulation of configuring networks comprising numerous devices. Configuration methods vary depending on the device type; some devices are configured using Cisco IOS commands, while others employ graphical web interfaces or command lines within the operating system or graphical menus. The visualization mode in Cisco Packet Tracer enables users to monitor data flow within the network, observe the alteration of IP packet parameters

during transit through network devices, and analyze the speed and paths of IP packets. This capability facilitates the analysis of network events, aiding in the comprehension of its operational mechanisms and the identification of malfunctions. Furthermore, Cisco Packet Tracer permits users to simulate both logical and physical network models, thereby fostering design proficiency. Users can overlay network diagrams onto real building or city layouts, enabling the design of cabling and device placement in accordance with physical constraints, such as cable length and type, or the wireless network coverage area radius.

The corresponding models of classroom and computer classroom networks in Cisco Packet Tracer are shown in Fig. 3 and Fig. 4.

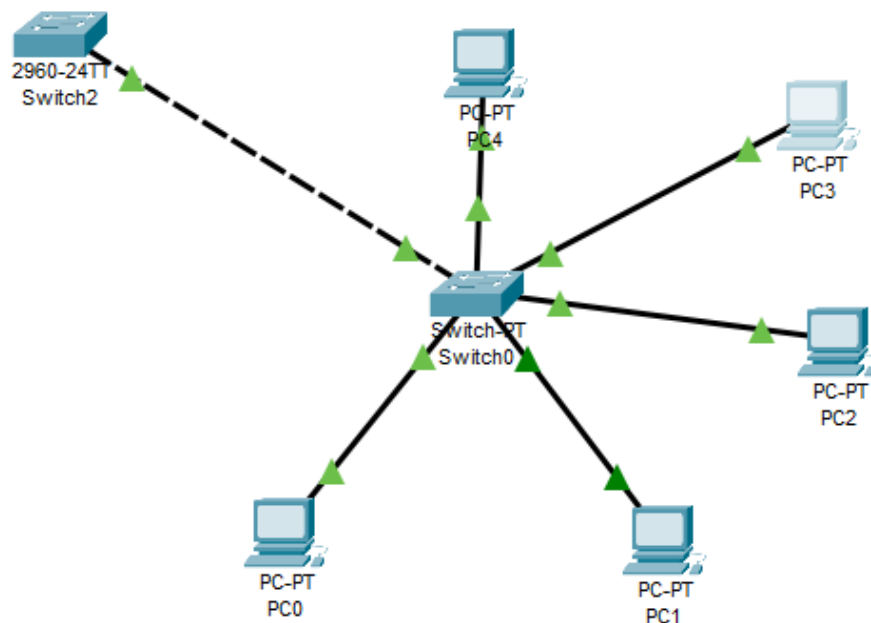


Fig. 3. The network model in the Teaching

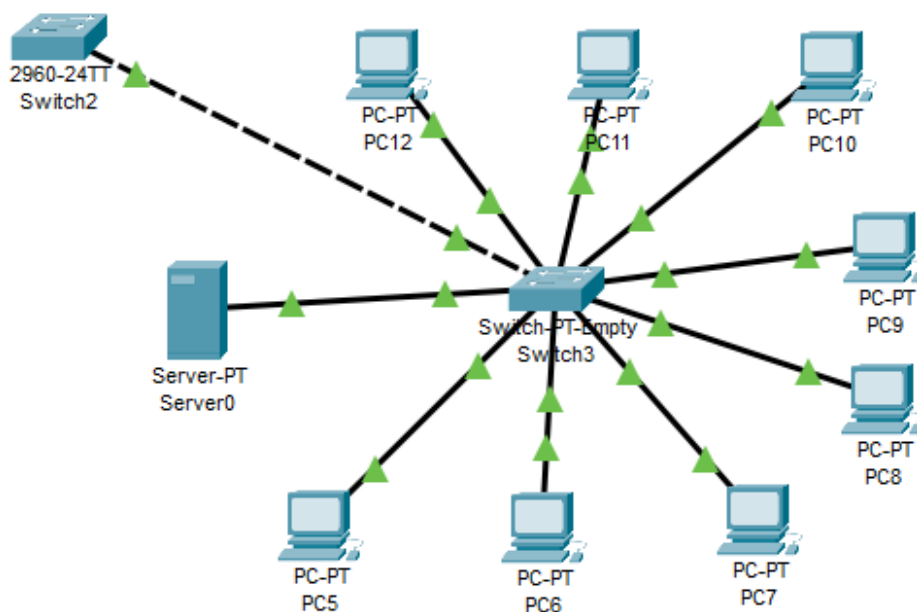


Fig. 4. The network model in the class

Besides it is advisable to consider the possibility of further development of the network and the addition of new workstations and servers, reserving for them a certain number of free ports.

After analyzing the constructed network, we see that the used concentrator is loaded 100% and collisions appear in the network. It is necessary to choose a switch, in which there are no collisions. This situation in NetCracker is shown in Fig. 5, and in Cisco Packet Tracer in Fig. 6.

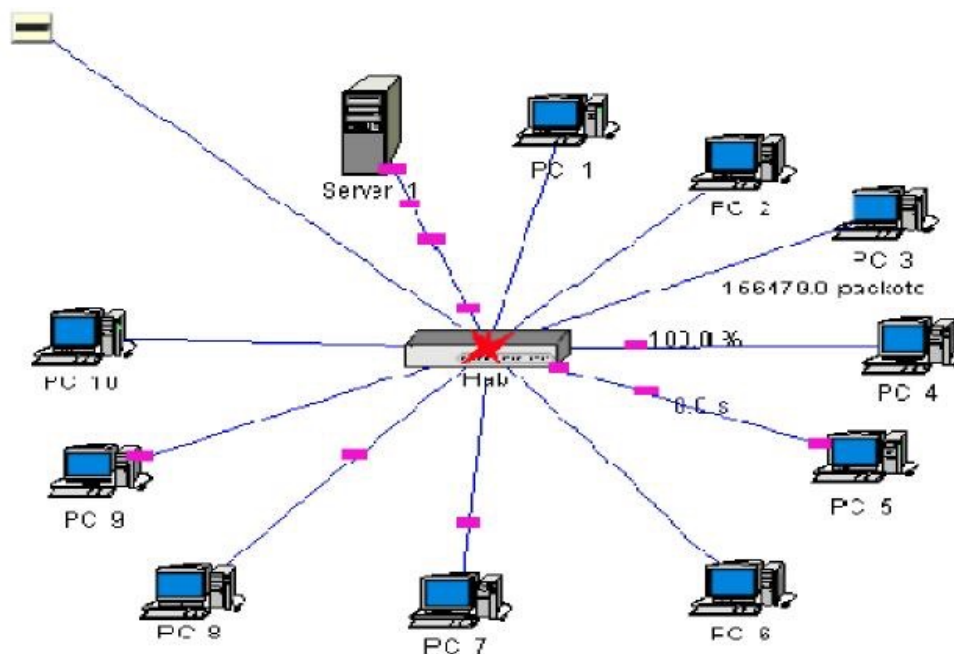


Fig. 5. A class network model using a hub in NetCracker

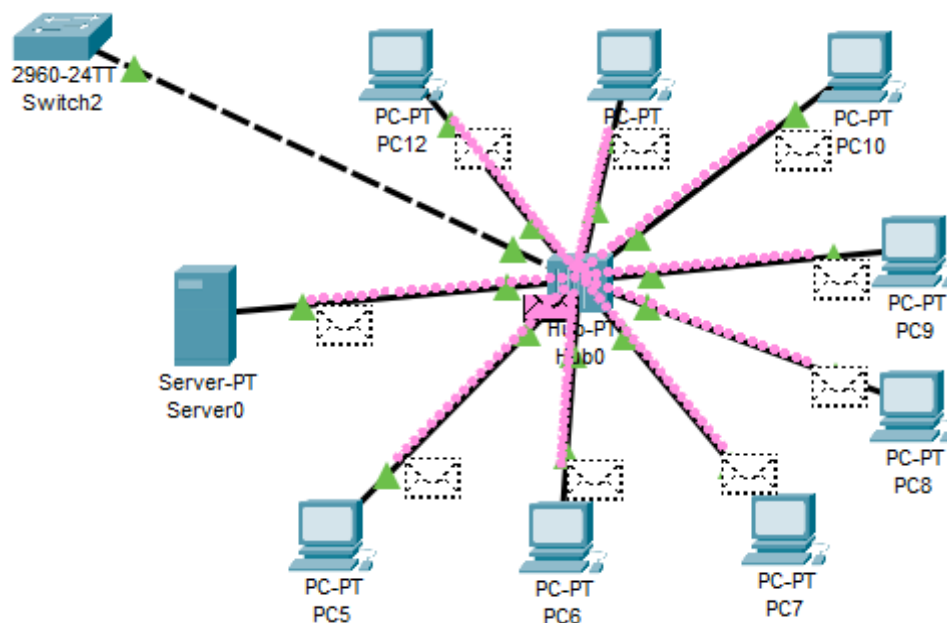


Fig. 6. A class network model using a hub in Cisco Packet Tracer

Conclusions

NetCracker and Cisco Packet Tracer is a tools for engineering, modeling and analysis of computer networks in order to minimize the costs of network development and the preparation of project documentation. It allows to carry out experiments with the help of simulation of the computer network, the results of which can be used to justify the choice of the type of network, among transmission, network equipment components and software. This software allows us to collect relevant data about an existing network without stopping its operation, create a network project and perform the necessary experiments to determine the maximum performance, expandability, change topology and modification of network equipment for further improvement and development.

This software has some useful tools for the implementation of simulation functions. There are tools for specifying the traffic characteristics of different protocols for visual control of specified parameters. Also, there are some implements of accumulation of statistical information and the formation of reporting documentation on the conducted experiments. All the above says about the possibility of using these systems for research and training tasks in the engineering, modeling and analysis of computer networks.

Both tools performed well in solving the task at hand, but we recommend using the more modern Cisco Packet Tracer for further work. Simulation, visualization, multi-user mode, and design capabilities make Cisco Packet Tracer an excellent tool for teaching networking. In addition to the above characteristics, Cisco Packet Tracer has unique features designed specifically for teachers, such as automatic control of laboratory work.

References

- [1] Bondarenko, M. F., Krivulya, G. F., Ryabtsev, V. G., Fradkov, S. A., & Khakhanov, V. I. (2000). *Proyektirovaniye i diagnostika komp'yuternykh sistem i setey [Design and diagnostics of computer systems and networks]*. Kiev: NMC VO [in Russian].
- [2] Ponomarenko, L. A., Shchelkunov, V. I., & Sklyarov, A. Ya. (2006). *Instrumental'nyye sredstva proyektirovaniya, imitatsionnogo modelirovaniya i analiza komp'yuternykh setey [Tools for design, simulation and analysis of computer networks]*. Khar'kov: Kompaniya SMIT [in Russian].
- [3] NetCracker Technology. *netcracker.com*. Retrieved from: <https://www.netcracker.com> [in English].
- [4] Cisco Systems. *cisco.com*. Retrieved from: https://www.cisco.com/c/uk_ua/index.html [in English].
- [5] Cisco Packet Tracer. *netacad.com/courses/packet-tracer*. Retrieved from: <https://www.netacad.com/courses/packet-tracer> [in English].
- [6] Troy McMillan. (2015). *Cisco Networking Essentials*. Publisher: Sybex [in English].
- [7] Babenko, M. V., & Alekseyeva, Yu. O. (2012). Modelyuvannya komp'yuternykh merezh yak zasib vyvchannya, proektuvannya ta optymizatsiyi roboty merezhi [Computer network modeling as a means of studying, designing, and optimizing network operation]. *Zbirnyk naukovykh prats' DDTU (tekhnichni nauky) – Collection of scholarly papers of Dniprovsky State Technical University (Technical Sciences)*, 3 (20), 168-174 [in Ukrainian].
- [8] Babenko, M. V., Zhul'kovs'kyy, O. O., & Babenko, Yu. M. (2016). Osoblyvosti vykorystannya imitatsiynoho modelyuvannya komp'yuternykh merezh u doslidnyts'kykh i navchal'nykh tsilyakh [Features of the use of simulation modeling of computer networks for research and educational purposes]. *Zbirnyk naukovykh prats' DDTU (tekhnichni nauky) – Collection of scholarly papers of Dniprovsky State Technical University (Technical Sciences)*, 1 (28), 127-131 [in Ukrainian].
- [9] Tanenbaum, A., & Wetherall, D. (2021). *Computer Networks*. Publisher: Pearson [in English].
- [10] Comer, Douglas E. (2014). *Computer Networks and Internets*. Publisher: Pearson [in English].
- [11] Kurose, James F., & Ross, Keith W. (2023). *Computer networking : a top-down approach*. Harlow: Pearson Education Limited [in English].

ПРОЕКТУВАННЯ ТА ДІАГНОСТИКА КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ

Реферат

У статті розглядаються питання, пов'язані з особливостями використання імітаційного моделювання при проектуванні та діагностиці комп'ютерних мереж за допомогою сучасних засобів моделювання, таких як NetCracker (NetCracker Technology, США) та Cisco Packet Tracer (Cisco Systems, США). Ці застосунки дозволяють користувачам вибирати відповідне обладнання з інтегрованої бази даних для мережевої інженерії, а також надають можливості для додавання та конфігурації нових типів обладнання. І NetCracker, і Cisco Packet Tracer пропонують цінні інструменти моделювання, включаючи функції для визначення характеристик трафіку за різними протоколами та візуального моніторингу цих параметрів. Функціональність, яку демонструють ці системи, підкреслює їх потенційну корисність для дослідницьких та освітніх цілей в галузі інженерії, моделювання та аналізу комп'ютерних мереж.

Кожне завдання проектування мережі зводиться до досягнення заданих показників якості при мінімальних витратах. У таких сценаріях проектувальники використовують інструменти проектування для побудови моделей, які точно відтворюють інформаційні процеси в мережах.

Такі моделі — це комп'ютерні програми, призначені для покрокового відтворення подій, що відбуваються в реальній системі. Імітаційні моделі комп'ютерних мереж точно відтворюють такі процеси, як генерація повідомлень додатками, сегментація повідомлень на пакети і кадри відповідно до певних протоколів, затримки, пов'язані з обробкою повідомлень, пакетів і кадрів в операційній системі, процедури доступу до комп'ютерів у спільному мережевому середовищі, а також процедури обробки пакетів, що виконуються маршрутизаторами. Моделювання мережі позбавляє від необхідності купувати дороге обладнання, оскільки ці симуляції, що виконуються програмами, точно відтворюють всі основні функції та параметри такого обладнання.

Імітаційне моделювання дозволяє проводити необхідні експерименти для визначення граничних характеристик, оцінки масштабованості, дослідження змін топології та оцінки модифікацій мережевого обладнання, тим самим сприяючи його постійному вдосконаленню та розвитку.

Особливо корисно імітаційне моделювання комп'ютерних мереж при їх вивченні в навчальному процесі.

Література

1. Проектирование и диагностика компьютерных систем и сетей: учебное пособие / М.Ф.Бондаренко та ін. Киев: НМЦ ВО, 2000. 306 с.
2. Пономаренко Л.А., Щелкунов В.И., Складов А.Я. Инструментальные средства проектирования, имитационного моделирования и анализа компьютерных сетей: учеб. пособие. Харьков: Компания СМІТ, 2006. 488 с.
3. NetCracker Technology. URL: <https://www.netcracker.com> (дата звернення: 20.04.2024).
4. Cisco Systems. URL: https://www.cisco.com/c/uk_ua/index.html (дата звернення: 20.04.2024).
5. Cisco Packet Tracer. URL: <https://www.netacad.com/courses/packet-tracer> (дата звернення: 20.04.2024).
6. Troy McMillan. Cisco Networking Essentials. Publisher: Sybex, 2015. 480 p.
7. Бабенко М.В., Алексєва Ю.О. Моделювання комп'ютерних мереж як засіб вивчення, проектування та оптимізації роботи мережі. *Збірник наукових праць ДДТУ (технічні науки)*. 2012. Випуск 3 (20). С.168–174.
8. Бабенко М.В., Жульковський О.О., Бабенко Ю.М. Особливості використання імітаційного моделювання комп'ютерних мереж у дослідницьких і навчальних цілях. *Збірник наукових праць ДДТУ (технічні науки)*. 2016. Випуск 1 (28). С. 127–131.
9. Tanenbaum A., Wetherall D. Computer Networks. Publisher: Pearson, 2021. 960 p.
10. Douglas E. Comer. Computer Networks and Internets. Publisher : Pearson, 2014. 633 p.
11. James F. Kurose, Keith W. Ross. Computer networking : a top-down approach. Harlow : Pearson Education Limited, 2023. 794 p.

Надійшла до редколегії 24.04.2024