

УДК 004.7

DOI: 10.25559/SITITO.14.201804.865-871

РЕШЕНИЯ D-LINK ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ОБЛАСТИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

П.В. Ромасевич^{1,2}, Е.В. Смирнова³¹ D-Link, г. Волгоград, Россия² Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия³ D-Link, г. Москва, Россия

D-LINK SOLUTIONS FOR THE ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE FIELD OF INFO-COMMUNICATIONS AND TELECOMMUNICATIONS INFRASTRUCTURE OF DATA PROCESSING CENTERS

Pavel V. Romasevich^{1,2}, Elena V. Smirnova³¹ D-Link Company, Volgograd, Russia² Volgograd State University, Volgograd, Russia³ D-Link Company, Moscow, Russia

© Ромасевич П.В., Смирнова Е.В., 2018

Ключевые слова

D-Link; IT-образование;
учебные курсы; основы
сетевых технологий;
коммутация; Wi-Fi; MU-MIMO;
беспроводные сети; TCP/IP;
Software-Defined Networking
(SDN); ЦОД; Top-of-Rack (ToR);
End-of-Row (EoR); Leaf-Spine;
Data Center Bridging (DCB);
Open Networking; OpenFlow.

Аннотация

Статья посвящена новой структуре курса «Основы сетевых технологий», который приобрел законченный вид в виде трех частей:

- «Основы сетевых технологий. Часть 1: Передача и коммутация данных в компьютерных сетях»;
- «Основы сетевых технологий. Часть 2: Беспроводные сети Wi-Fi»;
- «Основы сетевых технологий. Часть 3: Технологии TCP/IP».

Каждая из них является законченной единицей образовательной программы, содержащей подробное описание тематики, отраженной в названии, множество иллюстраций и примеров настройки. Последовательное изучение каждой части позволяет получить полное представление о технологиях и устройствах, используемых в современных сетях, а также научиться применять знания на практике. Все части курса доступны для изучения на портале дистанционного обучения и сертификации D-Link. Для первой части курса предусмотрен дистанционный экзамен, который можно сдать из любого удобного места в любое время. Также в статье представлены решения компании D-Link по организации сетевой инфраструктуры центров обработки данных (ЦОД), которые создаются в высших учебных заведениях для размещения образовательных ресурсов и поддержки научных исследований. Устройства соответствуют основным тенденциям рынка: отделение операционной системы устройства от его аппаратной платформы, отказ от использования патентованного кремния, поддержка портов Ethernet со скоростями 25 Гбит/с и 100 Гбит/с. Высокая доступность сети обеспечивается благодаря поддержке модульных источников питания с возможностью «горячей» замены и модульных вентиляторов.

Об авторах:

Ромасевич Павел Владимирович, кандидат технических наук, региональный менеджер по Волгоградской, Астраханской областям и республике Калмыкия, компания D-Link (400074, Россия, г. Волгоград, ул. Баррикадная, д. 1Б); доцент, кафедра телекоммуникационных систем, Волгоградский государственный университет (400062, Россия, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 100), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3206-2260>, promasevich@dlink.ru

Смирнова Елена Викторовна, кандидат технических наук, менеджер по образовательным проектам, компания D-Link (129626, Россия, г. Москва, Графский пер., д. 14, корп. 1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7823-0701>, esmirnova@dlink.ru



Keywords

D-Link; IT education; training courses; basics of network technologies; switching; Wi-Fi; MU-MIMO; wireless networks; TCP/IP; Software-Defined Networking (SDN); Data Processing Centers (DPC); Top-of-Rack (ToR); End-of-Row (EoR); Leaf-Spine; Data Center Bridging (DCB); Open Networking; OpenFlow.

Abstract

The article is devoted to the new structure of the course “Fundamentals of Network Technologies”, which has acquired a complete look in the form of three parts:

- “Basics of network technologies. Part 1: Data transmission and switching in computer networks”;
- “Basics of network technologies. Part 2: Wireless Wi-Fi networks”;
- “Basics of network technologies. Part 3: TCP / IP Technologies”;

Each of them is a complete unit of the educational program, containing a detailed description of the subject, reflected in the title, many illustrations and examples of configuration. Consecutive study of each part allows you to get a complete picture of the technologies and devices used in modern networks, as well as learn how to apply knowledge in practice. All parts of the course are available for study on the D-Link distance learning and certification portal. For the first part of the course there is a distant exam, which can be taken from any convenient place at any time. The article also presents the solutions of D-Link Company on the organization of the network infrastructure of Data Processing Centers (DPC), which are created in higher educational institutions to accommodate educational resources and support research. The devices correspond to the main market trends: separation of the operating system of the device from its hardware platform, rejection of the use of proprietary silicon, support for Ethernet ports at speeds of 25 Gbit/s and 100 Gbit/s. High network availability is provided by the support of modular hot-swappable power supplies and modular fans.

Введение

Принятые в Российской Федерации документы стратегического развития информационного общества предусматривают меры, направленные на стимулирование развития цифровых технологий и их использование в различных секторах экономики. С использованием цифровых технологий изменяются повседневная жизнь человека, производственные отношения, структура экономики и образование, а также возникают новые требования к коммуникациям, вычислительным мощностям, информационным системам и сервисам.

В связи с этим одним из важных является вопрос подготовки квалифицированных кадров для области ИТ. Смена телекоммуникационных технологий происходит быстрее, чем образовательная система успевает адаптироваться к изменениям. В результате выпускники зачастую имеют хорошую теоретическую базу, но не умеют решать реальные задачи и нуждаются в длительной адаптации на производстве.

Важную роль в процессе ИТ-образования играют программы обучения производителей телекоммуникационного оборудования. Поэтому уже более 10 лет компания D-Link развивает собственную программу обучения, направленную на подготовку квалифицированных специалистов [1, 2, 3].

Помимо этого важную роль в учебном процессе и научной работе играют университетские центры обработки данных (ЦОД). Для подобных объектов D-Link разработал серию высокоскоростных коммутаторов с высокой плотностью портов.

Обзор курса «Основы сетевых технологий»

Компания D-Link завершила работу над последней частью курса «Основы сетевых технологий». Таким образом, он содержит три части:

- «Основы сетевых технологий. Часть 1: Передача и коммутация данных в компьютерных сетях»;
- «Основы сетевых технологий. Часть 2: Беспроводные сети Wi-Fi»;
- «Основы сетевых технологий. Часть 3: Технологии TCP/IP».

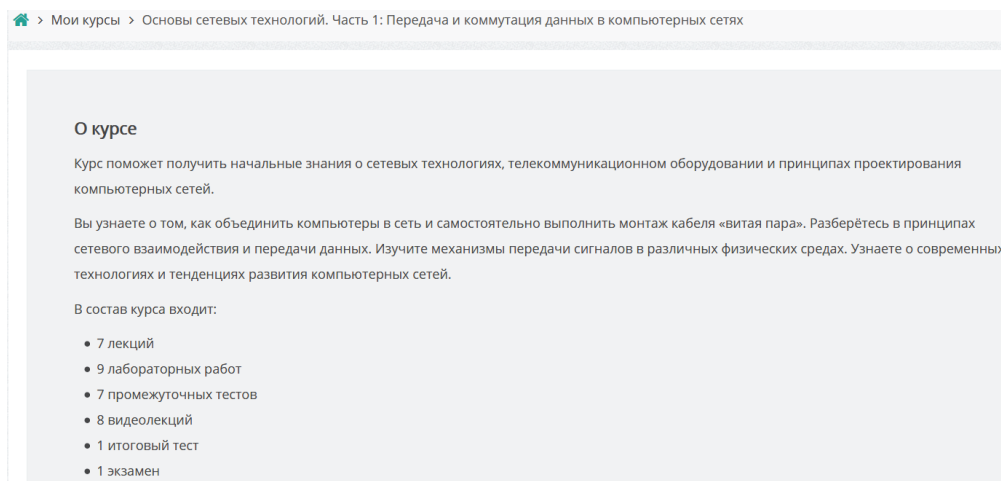


Рис. 1. Курс «Основы сетевых технологий. Часть 1: Передача и коммутация данных в компьютерных сетях»

Fig. 1. The course “Fundamentals of network technologies. Part 1: Transmission and Switching of Data in Computer Networks”



Каждая часть курса является законченной единицей образовательной программы. Она направлена на формирование группы профессиональных компетенций и обладает контролем знаний и умений обучаемых на выходе. При этом последовательное изучение каждой части позволяет получить полное представление о технологиях и устройствах, используемых в современных сетях, а также научиться применять знания на практике.

Каждая часть курса содержит подробное описание тематики, отраженной в ее названии, множество иллюстраций и примеров настройки.

Первая часть курса является вводной и служит для получения базовых знаний о сетевых технологиях. В ней подробно рассматриваются технологии физического и канального уровней модели OSI, механизмы сетевого взаимодействия, принципы проектирования компьютерных сетей. Помимо протокола IPv4, в курсе рассматривается протокол IPv6. Курс знакомит с такими сетевыми устройствами, как точки доступа, коммутаторы, маршрутизаторы и методами их настройки и управления.

Поддержку теоретической части обеспечивают лабораторные работы, которые учат создавать простую коммутируемую сеть, начиная от обжимки кабелей и заканчивая настройкой коммутаторов, соединяющих клиентские устройства. По курсу предусмотрен дистанционный сертификационный экзамен. Экзамен сдается на портале дистанционного обучения и сертификации D-Link, после того как обучающийся изучит теорию, выполнит лабораторные работы и проверит свои знания с помощью итогового теста. Для облегчения изучения материала курса на портале доступны обучающие видеоматериалы.

Курс «Основы сетевых технологий. Часть 2: Беспроводные сети Wi-Fi» позволяет получить знания по проектированию и развертыванию беспроводных сетей малых и средних предприятий, корпоративных сетей, а также об их интеграции с проводными сетями. Показано поэтапное проектирование беспроводных сетей — от планирования производительности и зоны действия, до развертывания сети. Приведены подробные методики и примеры расчета производительности и зоны действия. Показана работа с инструментом Wi-Fi Planner Pro, разработанным D-Link.

Отличительной особенностью курса является подробное рассмотрение спецификаций физического уровня 802.11n и 802.11ac. Подробно описаны такие функции как формирование диаграммы направленности передатчика, механизмы защиты при работе в сети устройств разных спецификаций 802.11, механизмы сосуществования при использовании каналов разной ширины, описание которых, как правило, отсутствует в русскоязычной литературе, посвященной теме Wi-Fi. При рассмотрении спецификации 802.11ac описана технология MU-MIMO, механизм работы с динамической полосой пропускания при использовании в сети каналов шириной 80 МГц, 160 МГц, 80+80 МГц. Эти функции еще только начинают внедряться в оборудование разных производителей, выходящее на рынок. Также в курсе подробно рассмотрено подключение клиента к сети в инфраструктурном режиме — сканирование, методы аутентификации и ассоциации, вопросы безопасности передачи данных в беспроводных сетях (WEP, TKIP, CCMP, WPA/WPA2, WPS). Не остались без внимания вопросы организации роуминга на 2 и 3 уровне модели OSI, описана технология интеллектуального распределения клиентов, разработанная D-Link. В курсе показана работа с такими средствами поиска неисправностей как InSSIDer, Microsoft Network Monitor. Рассматриваются особенности использования радиочастотного спектра в Российской Федерации. Помимо этого в курсе показано применение комплексного решения D-Link для организации беспроводных сетей, в основе которого лежит использование беспроводных контроллеров.

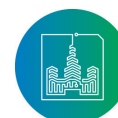
В курсе «Основы сетевых технологий. Часть 2: Беспроводные сети Wi-Fi» имеется 13 лабораторных работ, поддерживающих темы, рассматриваемые в теоретической части.

Совместно с преподавателями МГТУ им. Н.Э. Баумана курс издан в виде учебного пособия «Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi» для студентов (адъюнктов), обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки бакалавриата/магистратуры укрупненной группы специальностей и направлений подготовки 09.00.00 «Информатика и вычислительная техника» [4].



Рис. 2. Инструмент Wi-Fi Planner Pro

Fig. 2. Tool Wi-Fi Planner Pro



Курс «Основы сетевых технологий. Часть 3: Технологии TCP/IP» описывает различные технологии доступа, маршрутизацию, протоколы туннелирования сетевого и транспортного уровней модели OSI. Целью курса является:

- изучение методов подключения к удаленным сетям и сетям поставщиков услуг и задач, которые они решают;
- изучение IP-адресации, включающее планирование подсетей IPv4/v6 и способы назначения IP-параметров;
- изучение архитектуры безопасности для протокола IP (IPSec);
- изучение маршрутизации на примере протокола OSPF;
- изучение протокола TCP, включая TCP Fast Open и методы контроля и предотвращения перегрузки;
- изучение работы и настройки протоколов SSL/TLS для реализации удаленного доступа;
- изучение методики поиска неисправностей в сетях.

В курсе имеется 22 лабораторные работы, которые учат решать реальные задачи, стоящие перед сетевым специалистом. В лабораторных работах используются маршрутизаторы, коммутаторы второго и третьего уровней, операционные системы Windows и Linux.

Данный курс может использоваться для подготовки к соревнованиям WorldSkills и Международной олимпиаде в сфере информационных технологий «ИТ-Планета».

Решения для ЦОД

«Облачная» концепция работы с данными стимулировала создание центров обработки данных (ЦОД) в различных отраслях производства, банковской системе, государственном секторе и медицине, которые обеспечивают отказоустойчивое хранение и быстрый доступ к данным [5, 6, 7, 8].

Эта тенденция не обошла и сферу образования, где многие ведущие вузы начали создавать сетевую инфраструктуру ЦОД для размещения образовательных ресурсов и поддержки научных исследований.

Серия высокопроизводительных коммутаторов D-Link 5000 является решением для управления и расширения сетевой инфраструктуры центров обработки данных в среде Software-Defined Networking (SDN) и включает устройства с высокой плотностью портов, поддержкой маршрутизации и сверхнизкой задержкой [9].



Рис. 3. Коммутаторы серии D-Link 5000
Fig. 3. D-Link 5000 Series Switches

Они предназначены для использования в таких архитектурах ЦОД как Top-of-Rack (ToR), End-of-Row (EoR) или Leaf-Spine [10].

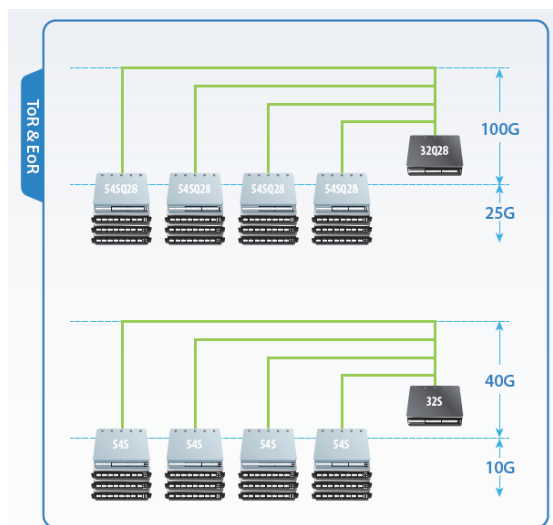


Рис. 4. Архитектура ЦОД Top-of-Rack (ToR) и End-of-Row (EoR)
Fig. 4. Architecture Top-of-Rack (ToR) and End-of-Row (EoR)

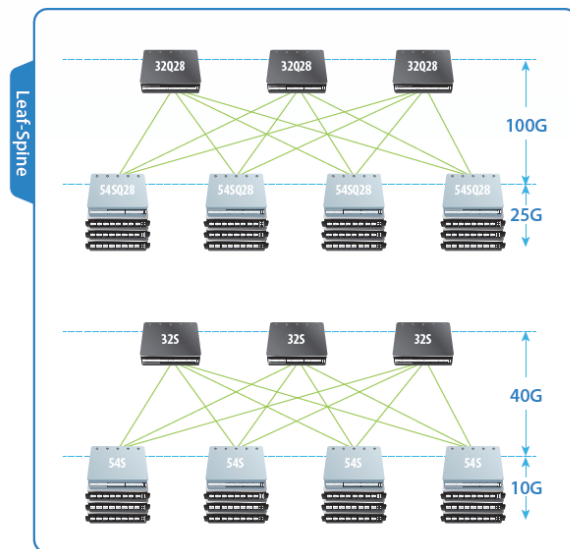


Рис. 5. Архитектура ЦОД Leaf-Spine
Fig. 5. Data Center Architecture Leaf-Spine

Коммутаторы поддерживают концепцию Open Networking, целью которой является отделение операционной системы устройства (ОС) от его аппаратной платформы [11]. Это обеспечивает пользователю возможность выбора из множества представленных на рынке комбинаций сетевых ОС и оборудования.

Модели коммутаторов серии 5000 представлены в следующих вариантах: Bare Metal и D-Link Branded White Box. В коммутаторах Bare Metal имеется предустановленный загрузчик Open Network Install Environment (ONIE) с помощью которого производится загрузка сетевой ОС [12].

При приобретении лицензии на коммутаторах можно установить операционную систему D-Link (Branded White Box).

Коммутаторы серии 5000 оснащены модульными источниками питания с возможностью «горячей» замены и модульными вентиляторами, что обеспечивает высокий уровень надежности



и отказоустойчивости. Модульная схема питания позволяет выбрать сеть с постоянным или переменным током в зависимости от места установки. При установке двух источников питания они распределяют нагрузку, а также осуществляют резервирование питания по схеме 1+1.

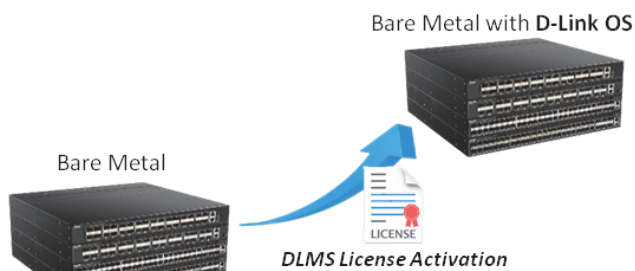


Рис. 6. Коммутаторы Bare Metal и D-Link Branded White Box
Fig. 6. Bare Metal and D-Link Branded White Box Switches



Рис. 7. Вид задней панели: модульные источники питания и вентиляторы
Fig. 7. Rear panel view: modular power supplies and fans

Четыре вентилятора могут дублировать друг друга, обеспечивая резервирование системы охлаждения N+1. Если один из вентиляторов выйдет из строя или температура повысится, скорость вращения остальных вентиляторов увеличивается автоматически.

Возможность выбора направления вентиляции от задней панели к передней или наоборот обеспечивает максимальное кондиционирование воздуха для более эффективного охлаждения всех систем, монтируемых в стойку, в ЦОД, использующих коммутаторы. Устройства также оснащены встроенными интеллектуальными вентиляторами, внутренними термодатчиками, контролирующими изменение температуры и реагирующими соответственно на использование различной скорости вентиляторов при разных температурах. При низких температурах скорость вентиляторов снижается, что сокращает потребление энергии и снижает уровень шума.

Коммутаторы серии 5000 включают модели с высокой плотностью (от 28 до 54) высокоскоростных интерфейсов SFP+ (10 Гбит/с), QSFP+ (40 Гбит/с), SFP28 (25 Гбит/с) и QSFP28 (100 Гбит/с). Коммутационная матрица модели DQS-5000-32Q28 с портами 100 Гбит/с — до 6,4 Тбит/с, а максимальная скорость продвижения пакетов — 2,980 Bpps.

Функционал Data Center Bridging (DCB) является обязательным расширением Ethernet для сетей центров обработки данных. Коммутаторы D-Link 5000 поддерживают несколько основных компонентов DCB, таких как IEEE 802.1Qbb, IEEE 802.1Qaz, IEEE 802.1Qau и VXLAN. IEEE 802.1Qbb (контроль потока на основе приоритетов) обеспечивает контроль потока для нивелирования потерь данных во время сетевой перегрузки. IEEE

802.1Qaz (выбор расширенной передачи) управляет распределением ширины полосы пропускания среди различных классов трафика. IEEE 802.1Qau (уведомление о перегрузке) обеспечивает управление перегрузкой для потоков данных внутри сетевых доменов в целях предотвращения перегрузки. Технология VXLAN предназначена для формирования больших изолированных сетей L2 в виртуализированных средах с множеством групп пользователей [13, 14]. Поддерживается OpenFlow v1.0/1.3 [15, 16].

О компании D-Link

Компания D-Link является ведущим мировым производителем сетевого оборудования, предлагающим широкий набор решений для создания локальных сетей Ethernet/ Fast Ethernet/ Gigabit Ethernet, построения беспроводных сетей и организации широкополосного доступа, передачи изображений и голоса по IP (VoIP). В 2012 году компания открыла в Российской Федерации собственное производство, сертифицированное в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2008 (ISO 9001:2008). В РФ офисы компании D-Link открыты в Москве, Санкт-Петербурге, Архангельске, Волгограде, Воронеже, Екатеринбурге, Иркутске, Казани, Калининграде, Кемерово, Краснодаре, Красноярске, Курске, Н.Новгороде, Новосибирске, Омске, Перми, Ростове-на-Дону, Рязани, Самаре, Саратове, Таганроге, Туле, Тюмени, Уфе, Хабаровске, Челябинске и Ярославле. В Брянске работает региональный представитель компании.

Авторизованные учебные центры работают в Москве, Санкт-Петербурге, Абакане, Екатеринбурге, Ижевске, Иркутске, Красноярске, Магнитогорске, Новокузнецке, Новосибирске, Омске, Перми, Приволжском федеральном округе, Ростове-на-Дону, Рязани, Ставрополе, Челябинске и Ярославле. Портал дистанционного обучения D-Link: <http://learn.dlink.ru>. Информация о продуктах, решениях, событиях и текущей деятельности D-Link публикуется на официальном сайте <http://www.dlink.ru> и странице компании в Facebook.

Список использованных источников

- [1] Ромасевич П.В., Ромашкина Е.А., Смирнова Е.В., Шибанов В.А. Подготовка квалифицированных специалистов для области IT от компании D-Link // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017. Т. 13, № 4. С. 158-164. DOI: 10.25559/SITITO.2017.4.578
- [2] Смирнова Е.В., Пролетарский А.В., Ромашкина Е.А., Суоров А.М., Федотов Р.А. Технологии коммутации и маршрутизации в локальных компьютерных сетях. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. 392 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29814146> (дата обращения: 12.09.2018).
- [3] Смирнова Е.В., Баскаков И.В., Пролетарский А.В., Федотов Р.А. Построение коммутируемых компьютерных сетей. Москва: ИНТУИТ, 2016. 428 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27974584> (дата обращения: 12.09.2018).
- [4] Смирнова Е.В., Пролетарский А.В., Ромашкина Е.А., Балюк С.А., Суоров А.М. Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 448 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29282480> (дата обращения: 12.09.2018).
- [5] Dai B., Xu G., Huang B., Qin P., Xu Yu. Enabling network innovation in data center networks with software defined



- networking: A survey // *Journal of Network and Computer Applications*. 2017. Vol. 94. Pp. 33-49. DOI: 10.1016/j.jnca.2017.07.004
- [6] Wang B., Qi Z., Ma R., Guan H., Vasilakos A.V. A survey on data center networking for cloud computing // *Computer Networks*. 2015. Vol. 91. Pp. 528-547. DOI: 10.1016/j.comnet.2015.08.040
- [7] Göransson P., Black Ch., Culver T. Chapter 3: Genesis of SDN // *Software Defined Networks (Second Edition)*. A Comprehensive Approach. Elsevier Inc., 2017. Pp. 39-60. DOI: 10.1016/B978-0-12-804555-8.00003-X
- [8] Sandhya, Sinha Y., Haribabu K. A survey: Hybrid SDN // *Journal of Network and Computer Applications*. 2017. Vol. 100. Pp. 35-55. DOI: 10.1016/j.jnca.2017.10.003
- [9] 5000 Series Data Center Switches. Data Sheet // D-Link Corporation. [Электронный ресурс]. URL: <http://us.dlink.com/business-solutions/> (дата обращения: 12.09.2018).
- [10] DeCusatis C. 1: Data center architectures // *Optical Interconnects for Data Centers*. Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials. 2017. Pp. 3-41. DOI: 10.1016/B978-0-08-100512-5.00001-2
- [11] SDN architecture. Issue 1. Tech. rep., Open Networking Foundation, 2014. 68 p. [Электронный ресурс]. URL: https://www.opennetworking.org/wp-content/uploads/2013/02/TR_SDN_ARCH_1.0_06062014.pdf (дата обращения: 12.09.2018).
- [12] Open Network Install Environment [Электронный ресурс]. URL: <http://onie.org> (дата обращения: 12.09.2018).
- [13] Goralski W. Chapter 21: EVPN and VXLAN // *The Illustrated Network (Second Edition)*. How TCP/IP Works in a Modern Network. Elsevier Inc., 2017. Pp. 535-560. DOI: 10.1016/B978-0-12-811027-0.00021-7
- [14] Zhang Z., Meddahi A. 6: Network Isolation // *Security in Network Functions Virtualization*. Elsevier Ltd., 2017. Pp. 173-193. DOI: 10.1016/B978-1-78548-257-1.50006-6
- [15] OpenFlow Switch Specification. Version 1.3.1 (Wire Protocol 0x04). Open Networking Foundation, 2012. 128 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.opennetworking.org/wp-content/uploads/2013/04/openflow-spec-v1.3.1.pdf> (дата обращения: 12.09.2018).
- [16] Göransson P., Black Ch., Culver T. Chapter 5: The OpenFlow Specification // *Software Defined Networks (Second Edition)*. A Comprehensive Approach. Elsevier Inc. 2017. Pp. 89-136. DOI: 10.1016/B978-0-12-804555-8.00005-3
- [3] Smirnova E.V., Baskakov I.V., Proletarsky A.V., Fedotov R.A. Building of switched computer networks. Moscow: INTUIT, 2016. 428 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27974584> (accessed 12.09.2018). (In Russian)
- [4] Smirnova E.V., Proletarsky A.V., Romashkina E.A., Balyuk S.A., Surovov A.M. Technologies of modern wireless Wi-Fi networks. Moscow: BMSTU, 2016. 448 p. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29282480> (accessed 12.09.2018). (In Russian)
- [5] Dai B., Xu G., Huang B., Qin P., Xu Yu. Enabling network innovation in data center networks with software defined networking: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*. 2017; 94:33-49. DOI: 10.1016/j.jnca.2017.07.004
- [6] Wang B., Qi Z., Ma R., Guan H., Vasilakos A.V. A survey on data center networking for cloud computing. *Computer Networks*. 2015; 91:528-547. DOI: 10.1016/j.comnet.2015.08.040
- [7] Göransson P., Black Ch., Culver T. Chapter 3: Genesis of SDN. *Software Defined Networks (Second Edition)*. A Comprehensive Approach. Elsevier Inc., 2017, pp. 39-60. DOI: 10.1016/B978-0-12-804555-8.00003-X
- [8] Sandhya, Sinha Y., Haribabu K. A survey: Hybrid SDN. *Journal of Network and Computer Applications*. 2017; 100:35-55. DOI: 10.1016/j.jnca.2017.10.003
- [9] 5000 Series Data Center Switches. Data Sheet. D-Link Corporation. Available at: <http://us.dlink.com/business-solutions/> (accessed 12.09.2018).
- [10] DeCusatis C. 1: Data center architectures. *Optical Interconnects for Data Centers*. Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials. 2017, pp. 3-41. DOI: 10.1016/B978-0-08-100512-5.00001-2
- [11] SDN architecture. Issue 1. Tech. rep., Open Networking Foundation, 2014. 68 p. Available at: https://www.opennetworking.org/wp-content/uploads/2013/02/TR_SDN_ARCH_1.0_06062014.pdf (accessed 12.09.2018).
- [12] Open Network Install Environment. Available at: <http://onie.org> (accessed 12.09.2018).
- [13] Goralski W. Chapter 21: EVPN and VXLAN. *The Illustrated Network (Second Edition)*. How TCP/IP Works in a Modern Network. Elsevier Inc., 2017, pp. 535-560. DOI: 10.1016/B978-0-12-811027-0.00021-7
- [14] Zhang Z., Meddahi A. 6: Network Isolation. *Security in Network Functions Virtualization*. Elsevier Ltd., 2017, pp. 173-193. DOI: 10.1016/B978-1-78548-257-1.50006-6
- [15] OpenFlow Switch Specification. Version 1.3.1 (Wire Protocol 0x04). Open Networking Foundation, 2012. 128 p. Available at: <https://www.opennetworking.org/wp-content/uploads/2013/04/openflow-spec-v1.3.1.pdf> (accessed 12.09.2018).
- [16] Göransson P., Black Ch., Culver T. Chapter 5: The OpenFlow Specification. *Software Defined Networks (Second Edition)*. A Comprehensive Approach. Elsevier Inc. 2017, pp. 89-136. DOI: 10.1016/B978-0-12-804555-8.00005-3

Поступила 12.09.2018; принята в печать 15.10.2018;
опубликована онлайн 10.12.2018.

References

- [1] Romasevich P.V., Romashkina E.A., Smirnova E.V., Shibanov V.A. Preparation of qualified specialists for the field of IT form D-Link. *Modern Information Technologies and IT-education*. 2017; 13(4):158-164. (In Russian) DOI: 10.25559/SITITO.2017.4.578
- [2] Smirnova E.V., Proletarsky A.V., Romashkina E.A., Surovov A.M., Fedotov R.A. Switching and routing technologies in local computer networks. Moscow: BMSTU, 2013. 392 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29814146> (accessed 12.09.2018). (In Russian)

Submitted 12.09.2018; revised 15.10.2018;
published online 10.12.2018.



About the authors:

Pavel V. Romasevich, Candidate of Technical Sciences, Regional Manager of D-Link Company on Volgograd, Astrakhan regions and the Republic of Kalmykia (1B Barrikadnay Str., Volgograd 400074, Russia); Associate Professor, Department of the "Telecommunication systems", Volgograd State University (100 Universitetsky Av., Volgograd 400062, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3206-2260>, promasevich@dlink.ru

Elena V. Smirnova, Candidate of Technical Sciences, Education Project Manager of D-Link Company (14 Bild 1 Graftsky per, Moscow 129626, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7823-0701>, esmirnova@dlink.ru



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

