

УДК 004.7

DOI: 10.25559/SITITO.15.201904.894-904

Решения D-Link для современных компьютерных сетей и обучения специалистов в области сетевых технологий

Ф. А. Захаров¹, П. В. Ромасевич^{2,3*}, Е. В. Смирнова¹

¹ Компания D-Link, г. Москва, Россия

129626, Россия, г. Москва, Графский переулок, д. 14, к. 1

² Компания D-Link, г. Волгоград, Россия

400074, Россия, г. Волгоград, ул. Баррикадная, д. 1Б

* promasevich@dlink.ru

³ Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия

400062, Россия, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 100

Аннотация

Статья посвящена обзору современных тенденций телекоммуникационной отрасли и показана их реализация в активном сетевом оборудовании компании D-Link. Появление цифровых сервисов способствует разработке и внедрению новых технологий, которые обеспечивают эффективность экономики и улучшают качество жизни. Клиентские приложения и устройства постоянно развиваются. Они позволяют не только просматривать Web-страницы, но и пользоваться сервисами IP-телефонии, видеоконференций, передавать мультимедийные потоки данных. В связи с возрастанием объема трафика и уменьшением его асимметричности, повышаются требования к производительности проводной и беспроводной инфраструктуры сети доступа. Развитие Интернета вещей (IoT) в различных областях жизни позволяет мгновенно получать и обрабатывать огромное количество данных. Это открывает возможности для управления различными ресурсами и предотвращения каких-либо нарушений. В свою очередь, для эффективной работы устройств IoT требуются технологии увеличивающие время жизни батарей, т.к. они, как правило, не оснащены блоком питания. Передача данных от устройств IoT выполняется через беспроводную среду передачи. Технологии 5G и 802.11ax открывают новые возможности для сетей IoT. Для снижения задержек на обработку запросов, нагрузки на каналы связи и вычислительные мощности центров обработки данных, развивается концепция граничных вычислений (Edge Computing). Ее основной идеей является обработка информации не в централизованной вычислительной среде, а в непосредственной близости от источников первичных данных («умных» датчиков, IP-камер, иных устройств IoT).

Сеть имеет большое значение при реализации бизнес-процессов и образовательных процессов в организации. Компания D-Link предлагает образовательную программу, которая позволит изучить технологии современных сетей и научиться с ними работать.

Ключевые слова: D-Link, IT-образование, учебные курсы, Wi-Fi, MU-MIMO, беспроводные сети, Power over Ethernet (PoE), 2.5GBase-T, Smart-антенны, 802.11ax, Wi-Fi 6, Airtime Fairness, IoT (Internet of Things), 5G, Zigbee, умный дом, умный город, Edge Computing, ЦОД, встраиваемые системы, Linux, Orange Pi Zero, Arduino.

Для цитирования: Захаров Ф. А., Ромасевич П. В., Смирнова Е. В. Решения D-Link для современных компьютерных сетей и обучения специалистов в области сетевых технологий // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, № 4. С. 894-904. DOI: 10.25559/SITITO.15.201904.894-904

© Захаров Ф. А., Ромасевич П. В., Смирнова Е. В., 2019



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



D-Link Solutions for Modern Computer Networks and Specialists Education in the Sphere of Network Technologies

P. A. Zakharov¹, P. V. Romasevich^{2,3*}, E. V. Smirnova¹

¹ D-Link Company, Moscow, Russia
14/1 Grafskij per., Moscow 129626, Russia

² D-Link Company, Volgograd, Russia
1B Barrikadnaya Str., Volgograd 400074, Russia
* promasevich@dlink.ru

³ Volgograd State University, Volgograd, Russia
100 Universitetsky Ave., Volgograd 400062, Russia

Abstract

The paper is devoted to a review of current trends in the telecommunications industry and shows their realization in the active network equipment of D-Link. The emergence of digital services contributes to the development and implementation of new technologies that ensure the efficiency of the economy and improve the quality of life. Client applications and devices are constantly evolving. They allow not only viewing Web pages, but also using the services of IP-telephony, video conferencing, transmitting multimedia data streams. Due to the increase of traffic volume and the decrease of its asymmetry, the performance requirements for wired and wireless access network infrastructure are increasing. Evolving of the Internet of Things (IoT) in various areas of life allows instantly receiving and processing a huge amount of data. This opens up opportunities for managing various resources and preventing any disruption. Consequently, for the effective operation of IoT devices, technologies that increase battery life are required, because they are usually not equipped with a power supply. Data from IoT devices is transmitted through a wireless transmission medium. 5G and 802.11ax technologies open up new possibilities for IoT networks. To reduce delays in processing requests, the load on communication channels and the processing power of data centers, the concept of Edge Computing is being developed. Its main idea is to process information not in a centralized computing environment, but in the immediate vicinity of primary data sources (smart sensors, IP cameras, other IoT devices).

The network is important in the implementation of business processes and educational processes in the organization. D-Link Company offers educational programs which will allow learning the technologies of modern networks and studying how to work with them.

Keywords: D-Link, IT education, training courses, Wi-Fi, MU-MIMO, wireless networks, Power over Ethernet (PoE), 2.5GBase-T, Smart antennas, 802.11ax, Wi-Fi 6, Airtime Fairness, IoT (Internet of Things), 5G, Zigbee, Smart Home, Smart City, Edge Computing, Data Center, Embedded Systems, Linux, Orange Pi Zero, Arduino.

For citation: Zakharov P.A., Romasevich P.V., Smirnova E.V. D-Link Solutions for Modern Computer Networks and Specialists Education in the Sphere of Network Technologies. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2019; 15(4):894-904. DOI: 10.25559/SITITO.15.201904.894-904



Введение

Сетевые технологии меняются очень быстро. Новые технологии и сервисы изменяют подходы к использованию оборудования и проектированию сетевых инфраструктур, определяя новые тенденции в отрасли¹ [1].

Таковыми являются:

- увеличение спроса на проводное и беспроводное оборудование гигабитного доступа и повышение его роли как основного вида доступа в унифицированной телекоммуникационной инфраструктуре;
- переход телекоммуникационных сетей на IPv6;
- развитие IoT (Internet of Things);
- уменьшение энергопотребления сетевых устройств;
- повышение отказоустойчивости инфраструктуры и сетевых устройств (грозозащита, расширение диапазона рабочих температур, исключение точек отказа);
- повышение спроса на современные технологии защиты сетей вследствие увеличивающейся вероятности атак и связанного с этим снижения продуктивности работы приложений;
- развитие граничных вычислений (Edge Computing).

В этой связи компания D-Link, как один из мировых лидеров по производству активного сетевого оборудования, своевременно реагирует на потребности рынка, интегрируя соответствующие технологии в производимое оборудование.

При этом остается важным вопрос подготовки квалифицированных кадров для области. 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 IT-образования играют программы обучения производителей телекоммуникационного оборудования. Поэтому более 10 лет компания D-Link развивает собственную программу обучения, направленную на подготовку квалифицированных специалистов. Оборудование компании успешно используется в сетях университетов для организации учебного процесса, подключения в Интернет и организации центров обработки данных (ЦОД).

Обзор решений D-Link для современных сетей и сервисов

Требования к пропускной способности в корпоративных и домашних сетях продолжают расти с каждым годом. Это создает условия для внедрения новых, передовых технологий. Эти технологии открывают новые возможности и дополнительно стимулируют потребность в добавлении интеллектуальных систем в домашние, городские и корпоративные сети.

Отмечается увеличение спроса на проводное и беспроводное оборудование гигабитного доступа и повышение его роли как основного вида доступа в телекоммуникационной инфраструктуре.

Компания D-Link предлагает широкий выбор линеек гигабитных коммутаторов доступа, предназначенных для использования в сетях различного класса – операторских, корпоративных, SMB, промышленных, городских и домашних.

Гигабитные коммутаторы уровня доступа для операторских сетей представлены линейками как бюджетных, так и высоко функциональных устройств. Это серии DGS-1100-xx/ME, DGS-1210-xx/ME, DGS-1510-xx/ME, DGS-3000-xx, DGS-3120-xx, DGS-3130-xx. Несмотря на разную ценовую категорию и функциональные возможности, коммутаторы этих серий поддерживают важные для операторских сетей функции: управление доступом, качеством обслуживания, обнаружение неисправностей и поддержание отказоустойчивости.



Р и с 1. Коммутатор DGS-3130-30S компании D-Link

Fig. 1. D-Link Switch DGS-3130-30S

Обеспечить аналогичные функциональные возможности в корпоративных сетях позволяют коммутаторы серий DGS-1100-xx, DGS-1210-xx, DGS-1250-xx, DGS-1510-xx, DGS-3120-xx, DGS-3130-xx.

Линейка промышленных коммутаторов DIS-100E, DIS-100G и DIS-200G предназначена для применения в системах автоматизации на производстве, транспорте, в системах безопасности «умного города» и на других объектах с повышенными требованиями к условиям эксплуатации. Устройства работают в расширенном температурном диапазоне (от -40°C до 75°C), поддерживают резервирование питания и соответствуют требованиям спецификаций по электромагнитной совместимости, устойчивости к вибрации, скачкам напряжения и внешним воздействиям со степенью защиты корпуса IP30.



Р и с 2. Промышленные коммутаторы компании D-Link

Fig. 2. D-Link Industrial Switches

Для подключения промышленных коммутаторов к высокоскоростной магистрали компания D-Link предлагает линейку промышленных трансиверов DIS-S3xx SFP и WDM SFP, адаптированных для работы в расширенном температурном

¹ Fruehe J. The top 9 trends in network technology for 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://searchnetworking.techtarget.com/opinion/The-top-9-trends-in-network-technology-for-2019> (дата обращения: 06.09.2019).



диапазоне от -40°C до 85°C. В линейку входят 10 моделей со скоростью подключения до 1000 Мбит/с по одномодовому и многомодовому оптоволокну различной дальности. Коммутаторы серии DMS-1100-xx оснащены портами с интерфейсами 2.5GBase-T, в том числе с поддержкой технологии Power over Ethernet (PoE), которые используются для подклю-

чения точек доступа 802.11ac Wave 2 к сетевой инфраструктуре и оптическими uplink-портами 10 Гбит/с. Оборудование 802.11ac Wave 2 обеспечивает беспроводное подключение на скорости выше 1 Гбит/с, поэтому коммутаторы с портами 1 Гбит/с будут снижать пропускную способность сети при подключении точек доступа к проводной инфраструктуре.



Р и с. 3. Пример сети среднего/крупного предприятия
F i g. 3. Medium / Large Enterprise Network Example

Точки доступа являются основным компонентом инфраструктуры беспроводной сети. Линейка точек доступа 802.11ac Wave 2 на текущий момент представлена моделями DWL-6620APS, DWL-7620AP и DWL-8620AP. Эти устройства можно использовать для создания комплексных решения по организации сетей Wi-Fi, которые обеспечивают единую точку централизованного управления беспроводной инфраструктурой, автоматически выполняя множество функций, таких как роуминг, балансировка нагрузки, регулирование мощности сигнала, обнаружение нелегальных точек доступа, обеспечение качества обслуживания (QoS, Quality of Service) и т.д.

Точки доступа поддерживают технологию PoE, которая позволяет передавать данные и питание по одному Ethernet-кабелю. Благодаря этой технологии устройства могут устанавливаться на потолке, крыше или в других труднодоступных местах, где поблизости нет источника питания, для достижения лучшего уровня беспроводного сигнала.

В устройствах, помимо однопользовательской конфигурации MIMO (SU-MIMO), реализована функция downlink MU-MIMO (DL-MU-MIMO), которая позволяет точке доступа одновременно передавать независимые потоки данных четырем клиентским устройствам через разные антенны [2]. Основным преимуществом DL-MU-MIMO является то, что клиенты с ограниченными возможностями (например, с одной антенной) не влияют на производительность сети, слишком долго занимая среду из-за своих низких скоростей передачи.

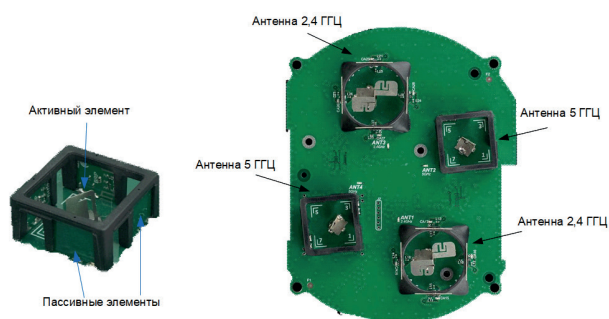


Р и с. 4. Сравнение конфигураций SU-MIMO и DL-MU-MIMO
F i g. 4. Comparison of SU-MIMO and DL-MU-MIMO configurations

Функция Airtime Fairness, поддерживаемая точками доступа также служит повышению производительности в сетях, где имеются устаревшие устройства или устройства с ограниченными возможностями. Она обеспечивает клиентам равный доступ к беспроводной среде, независимо от их теоретической скорости передачи данных. Ноутбуку устаревшей модели или планшету с одной антенной, подключенному на большом расстоянии от точки доступа, требуется больше времени для загрузки данных. Это негативно влияет на общую производительность беспроводной сети. Функция Airtime Fairness предоставляет каждому клиентскому устройству равное время передачи данных независимо от количества пакетов. В результате клиенты с низкой скоростью передачи не могут надолго занять беспроводную среду, что повышает общую производительность.



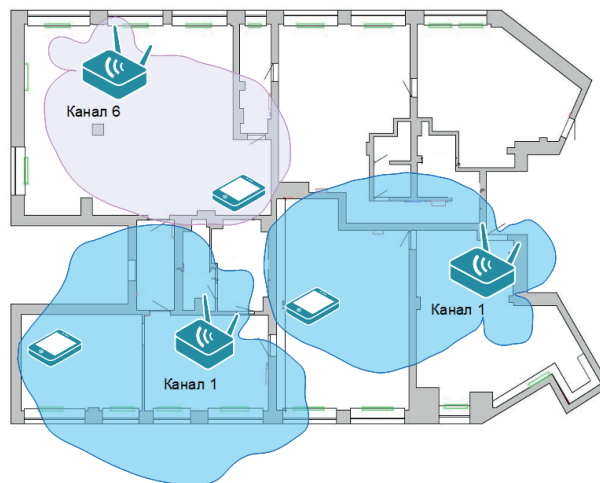
Еще одной технологией, позволяющей повысить производительность и дальность действия беспроводной сети является технология Smart-антенн [3]. Антенная система D-Link Smart представляет собой Smart-антенну объединяющую аппаратные и программные решения². Программный алгоритм управления интегрирован с драйвером Wi-Fi. В качестве примера рассмотрим антенну унифицированной точки доступа DWL-6620APS (рис. 5). Устройство оснащено четырьмя антенными модулями: двумя для диапазона 2,4 ГГц и двумя для диапазона 5 ГГц. Каждая антенна состоит из активного элемента с расположенными вокруг него четырьмя коммутируемыми пассивными элементами. Смена направления луча диаграммы направленности производится путем переключения пассивных элементов антенны, которыми управляет программный алгоритм. Для переключения доступно 8 заданных направлений луча. В каждом частотном диапазоне может быть сформирован 81 вариант диаграммы направленности. Управление лучом охватывает весь угол 360°. Помимо этого, антенна может работать во всенаправленном (ненаправленном) режиме.



Р и с. 5. Антенная система точки доступа DWL-6620APS
F i g. 5. Antenna System Access Points DWL-6620APS

Таким образом, благодаря взаимодействию между активными и пассивными элементами Smart-антенны D-Link способны формировать лучи и управлять их направлением. Каждый пассивный элемент может независимо управляться программным драйвером с целью изменения диаграммы направленности антенны. Алгоритм обучения выделяет из каждого принимаемого пакета такую информацию, как его длина, RSSI, скорость передачи данных, ширина полосы пропускания. На ее основе он динамически выбирает оптимальную диаграмму направленности для каждого устройства, с которым установлена связь. Т.е. сигнал будет излучаться в направлении, наиболее эффективном для принимающего узла. Помимо этого алгоритм выбирает для передачи канал с наименьшей интерференцией. Процесс сканирования каналов и выбора среди них одного с минимальным количеством помех занимает менее 200 мс. Программный драйвер автоматически устанавливает в выбранном канале нулевые излучения ДН в направлении соседних точек доступа или источников помех. Таким образом, снижается взаимная интерференция устройств, что позволяет повысить качество сигнала и скорость передачи. Поскольку основная

мощность сигнала будет сконцентрирована в направлении требуемого клиента, это увеличит дальность передачи. Данное решение совместимо с режимами SU-MIMO и MU-MIMO. Следует отметить, что Smart-антенны работают независимо от поддержки этой функциональной возможности клиентскими устройствами, поэтому к точке доступа может подключаться как старый ноутбук, так и новейший смартфон [4].



Р и с. 6. Использование точек доступа со Smart-антеннами в беспроводной сети

F i g. 6. Using Access Points with Smart Antennas on a Wireless Network

Для улучшения спектральной эффективности и повышения производительности сетей с высокой плотностью размещения беспроводных устройств был разработан стандарт IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6)³. Помимо увеличения размеров и количества беспроводных сетей, быстро растет и рынок устройств IoT (Internet of Things), M2M (Machine-to-Machine), V2V (Vehicle-to-Vehicle) и т.п. Таким образом, в настоящее время на локальных территориях может быть сконцентрировано огромное количество беспроводных устройств. В связи с высокой плотностью их размещения, устройства вынуждены работать на перекрывающихся каналах или совместно использовать каналы. Понятно, что в таких сетях основным источником снижения производительности является интерференция. Еще одна проблема связана с уменьшением асимметрии трафика [5]. Широкое распространение социальных сетей, характеризующихся значительным количеством сгенерированного пользователем мультимедийного контента, а также приложений, которые постоянно взаимодействуют с централизованными облачными системами хранения, создают значительную нагрузку не только при нисходящей передаче (downlink, DL), но также и при восходящей передаче (uplink, UL). Точки доступа обычно подключены к источникам питания и поэтому вопрос оптимизации времени жизни батареи для них не актуален. Устройства, питающиеся от батареи (смартфоны, планшеты, IoT и др.), передают сигнал с меньшей мощностью, чем устройства, питающиеся от сети, и обычно оснащаются максимум

² Основы сетевых технологий. Часть 2: Беспроводные сети Wi-Fi // Портал дистанционного обучения D-Link [Электронный ресурс]. URL: learn.dlink.ru (дата обращения: 06.09.2019).

³ Wi-Fi CERTIFIED 6. Capacity, efficiency, and performance for advanced connectivity [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-certified-6> (дата обращения: 06.09.2019).



двумя антеннами, что ограничивает их дальность передачи. Для оптимизации спектральной эффективности, повышения производительности, расстояния передачи и уменьшения энергопотребления в 802.11ax добавили и усовершенствовали следующие функции:

- Расширение многопользовательских технологий:
 - добавлено мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDMA), которое повышает спектральную эффективность путем нарезки каналов на меньшие по размеру подканалы для передачи от/к множеству станций;
 - в дополнение к downlink MU-MIMO добавлена технология uplink MU-MIMO.
- Повторное использование каналов (Spatial Reuse). Эта процедура позволяет распознавать область, из которой был отправлен сигнал, и использовать адаптивный порог CCA (clear channel assessment) при определении передачи в OBSS (Overlapping Basic Service Set).
- Расширение функций физического уровня (PHY):
 - расширен формат кадра физического уровня (максимальная длительность символа OFDM увеличена в 4 раза);
 - расширен частотный диапазон: от 1 до 7,125 ГГц;
 - используется модуляция высокого порядка 1024-QAM для повышения скорости передачи;
 - добавлены дополнительные функции для повышения дальности и надежности передачи.
- Функции MAC-подуровня:
 - реализованы более эффективные механизмы подтверждения (ACK)/защиты (protection);
 - расширены функции агрегации/фрагментации кадров.
- Реализовано более эффективное управление питанием устройств с помощью функции Target wake time. Она обеспечивает гибкое и долгосрочное планирование режима энергосбережения. Точка доступа и станция с помощью специального кадра согласуют расписание, которое определяет когда и как часто станция должна просыпаться, чтобы отправить или принять данные. Это позволяет эффективно увеличивать время сна устройств и значительно экономить ресурс батареи, что особенно важно для IoT.

Устройства 802.11ax будут работать в диапазонах 2,4 и 5 ГГц. По сравнению с 802.11ac максимальное количество пространственных потоков MIMO не увеличилось (осталось равным 8), также не изменилась ширина каналов (20, 40, 80, 160, 80+80 МГц). Однако скорость передачи данных выросла до 9,6 Гбит/с. Принятие стандарта 802.11ax ожидается в 2020 году. Однако основные требования к чипсетам были определены задолго до его финальной версии и на рынке уже появились устройства 802.11ax. Аналогично 802.11ac, реализация сразу всех возможностей спецификации 802.11ax на практике затруднительна. Поэтому добавление в оборудование спецификации 802.11ax нового функционала будет выполняться поэтапно (в различные волны (Wave)).

⁴ 5G NR Enhanced Gateway DWR-2010 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dlink.com/en/products/dwr-2010-5g-nr-enhanced-gateway> (дата обращения: 06.09.2019).



Р и с. 7. Маршрутизатор 802.11ax DIR-X6060 компании D-Link
F i g. 7. D-Link 802.11ax DIR-X6060 Router

Мобильные сети пятого поколения (5G) стремительно развиваются [6]. Ожидается, что технологии 5G обеспечат более высокую пропускную способность по сравнению с технологиями 4G, большее время жизни батарей, что открывает большие перспективы для IoT. Использование 5G в качестве WAN-интерфейса для подключения в Интернет может оказаться удобным в домашних сетях и сетях небольших офисов. Скорость передачи (и невысокая задержка) будет сопоставима со скоростью проводного подключения.

На выставке CES 2019 компания D-Link представила новейший беспроводной маршрутизатор⁴ с поддержкой мобильных сетей 5G DWR-2010, который был удостоен престижной премии CES 2019 Innovation Awards. DWR-2010 поддерживает самую современную спецификацию сетей 5G – 5G NR (3GPP Release 15) и частотные диапазоны Sub-6 GHz или mmWave. Устройство оснащено мультигигабитным портом LAN (2.5GBase-T), гигабитными портами WAN/LAN, 4 внешними антеннами LTE/5G NR, портом USB 3.0, беспроводным интерфейсом с поддержкой IEEE 802.11n 4x4, IEEE 802.11ax 2x2 и IEEE 802.11ac 4x4. Для создания распределенной беспроводной сети реализована технология D-Link Wi-Fi Mesh. Поддерживаются удаленное обновление программного обеспечения FOTA/TR-069 и технология передачи голоса по LTE (VoLTE). Для подключения устройств IoT поддерживаются технологии Zigbee/Z-wave/BLE.



Р и с. 8. Маршрутизатор 5G DWR-2010 компании D-Link
F i g. 8. D-Link 5G DWR-2010 Router



Умный дом представляет собой сеть, состоящую из устройств, используемых в повседневной жизни и датчиков [7]. В архитектуре IoT умного дома можно условно выделить три уровня: уровень датчиков, сетевой уровень и уровень приложений. Уровень датчиков собирает фактические данные из окружающей среды, а также домашних устройств и приложений. Он отправляет эти данные на сетевой уровень, который пересылает их уровню приложений для сортировки и анализа.

В линейку оборудования D-Link для умного дома с поддержкой технологии Zigbee входят устройства, позволяющие строить домашнюю систему безопасности: беспроводная Full HD-камера DCS-8330LH, датчик открывания двери/окна DCH-B112, датчик движения DCH-B122, «умная» розетка DCH-B212.

Беспроводная Full HD-камера DCS-8330LH5 поддерживает функционал Intelligent Video Analytics (IVA) для распознавания людей и движущихся объектов и позволяет пользователям определять случаи, когда отправлять оповещения. Камера обеспечивает угол обзора 151° с разрешением Full HD 1080p и оснащена инфракрасной подсветкой для работы в ночное время и встроенным слотом для карт памяти microSDXC емкостью до 256 Гб. Камера работает с сервисами Alexa, Google Assistant, IFTTT. В камеру встроен Zigbee-концентратор, который подключает устройства IoT с поддержкой Zigbee. Например, если смартфон пользователя, не поддерживающий Zigbee, взаимодействует через приложение mydlink с датчиком открывания двери/окна DCH-B112, датчиком движения DCH-B122 или «умной» розеткой DCH-B212, то Zigbee-концентратор DCS-8330LH действует как транслятор между ними [8]. Мобильное приложение mydlink позволяют подключать, получать оповещения и управлять различными устройствами.



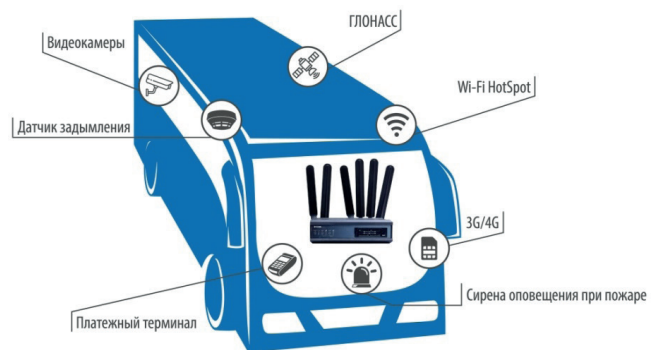
Р и с. 9. Линейка устройств для «умного дома» с поддержкой технологии Zigbee

F i g. 9. A range of devices for a «smart home» with Zigbee technology support

Компания D-Link предлагает устройства для M2M-систем. Маршрутизаторы DWM-321 и DWM-321D предназначены для дистанционного мониторинга и GPS-отслеживания грузового транспорта, создания надежных каналов автоматической связи со стационарными пунктами контроля систем транспортной безопасности, организации передвижных Wi-Fi HotSpot для пассажиров городского и междугороднего транспорта. Устройства оснащены встроенным модулем ГЛОНАСС/GPS [9]. DWM-321 поддерживает до 2 SIM-карт (одна является активной), оборудован четырьмя съемными антеннами: двумя LTE и

двумя Wi-Fi. DWM-321D поддерживает до 4 SIM-карт (две являются активными), оборудован шестью съемными антеннами: четырьмя LTE и двумя Wi-Fi. Два независимых модуля 3G/4G DWM-321D обеспечивают автоматическое переключение между двумя 3G/4G-подключениями в случае возникновения проблем на одной из линий, а также балансировку нагрузки между мобильными подключениями. Оба устройства поддерживают резервирование Интернет-каналов WAN – 3G/4G.

Маршрутизаторы выполнены в высокопрочных корпусах и предназначены для эксплуатации в условиях повышенной вибрации в диапазоне температур от -30 до 70°C. Адаптивный портал для организации пассажирам услуги доступа в Интернет соответствует нормативной базе РФ по обязательной идентификации пользователей. С его помощью возможно решение большого количества маркетинговых и аналитических бизнес-задач: брендирования стартовых страниц, сбора отзывов и оценки качества услуг, привлечения подписчиков в группы в социальных сетях, демонстрацией рекламы и т. п. Защита внутренней сети от несанкционированного доступа реализуется посредством встроенного межсетевое экрана с контролем соединений. Безопасный удаленный доступ к ресурсам внутренней сети обеспечивается с помощью защищенных VPN-туннелей с использованием протокола IPsec. Поддерживается отправка обслуживающему оператору сотовой связи USSD-запросов для контроля баланса, управления тарифными планами и услугами сотовой связи.



Р и с. 10. Пример использования DWM-321 и DWM-321D

F i g. 10. Example of using DWM-321 and DWM-321D

В связи с подключением к сетям огромного количества устройств и генерации ими большого объема данных нагрузка на каналы связи и вычислительные ресурсы систем обработки данных, как правило централизованных, возрастает. В связи с этим получила развитие концепция граничных вычислений (Edge Computing)⁶ [10]. Ее основной идеей является обработка информации не в централизованной вычислительной среде, такой как ЦОД, а в непосредственной близости от источников первичных данных («умных» датчиков, IP-камер, иных устройств IoT). Edge Computing, предоставляя вычислительную мощность в форме локальных точек вычислений, таких как смартфоны, устройства IoT, на периферии сети.

⁵ mydlink Smart Full HD Wi-Fi Camera DCS-8330LH [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dlink.com/en/products/dcs-8330lh-mydlink-smart-full-hd-wi-fi-camera> (дата обращения: 06.09.2019).

⁶ Edge Computing Reference Architecture 2.0. Edge Computing Consortium (ECC), Alliance of Industrial Internet (AII), 2017 [Электронный ресурс]. URL: <http://en.eccconsortium.net/Uploads/file/20180328/1522232376480704.pdf> (дата обращения: 06.09.2019).



Процессоры для таких устройств становятся все мощнее и функциональнее, поэтому их вычислительные возможности можно эффективно использовать для граничных вычислений. Локальные вычисления снижают время на отправку данных и получение ответа, т.к. точка обработки данных находится близко. Также снижается нагрузка на канал передачи, и соответственно требование к его полосе пропускания. Повышается безопасность сетевого обмена, т.к. можно создать собственную сеть предприятия или организации, в которой будут обрабатываться конфиденциальные данные.

На выставке MWC 2019 компания D-Link представила перспективную концепцию «умного города» D-Link 5G Smart City с использованием технологий искусственного интеллекта Microsoft, IoT, 5G, видеоаналитики и Big Data с применением граничных вычислений Edge as a Service (EaaS)⁷. В рамках данной концепции предлагается внедрение интеллектуальных транспортных систем на базе IoT-датчиков D-Link с энергосберегающей технологией LPWAN и сервисов Azure IoT Edge. Нарушения правил дорожного движения будут фиксировать камеры с функцией распознавания автомобильных номеров (ANPR). Мониторинг свободных мест с возможностью предварительного резервирования обеспечит интеллектуальная система паркинга.

В городских системах безопасности планируется повсеместное применение видеоаналитики с распознаванием лиц и объектов. Технология профессиональной мобильной радиосвязи Push-to-Talk (РТТ) позволит повысить эффективность взаимодействия служб экстренного реагирования и оперативность обработки поступающих вызовов.

Для оценки и прогнозирования уровня загрязнения воздуха предусмотрена система экомониторинга на основе IoT-датчиков, технологий машинного обучения и Big Data.

Использование систем интеллектуальной видеоаналитики и подсчета посетителей в розничной торговле поможет определять динамику спроса и активность покупателей и создавать интеллектуальные карты Heat Maps, показывающие наиболее часто посещаемые места торговых центров.



Р и с. 11. Концепция «умного города» D-Link 5G Smart City
F i g. 11. D-Link 5G Smart City Concept

Сотрудничество с учебными заведениями

Современное высшее учебное заведение уже трудно представить без мощных централизованных вычислительных ресурсов, систем хранения научно-технической информации, систем безопасности, видеонаблюдения, IP-телефонии и т.д., эффективное использование которых невозможно без быстрорастущей телекоммуникационной инфраструктуры, источниками и потребителями трафика которой являются как стационарные рабочие места кафедр, учебных классов и иных подразделений вуза, камеры IP-видеонаблюдения, так и личные гаджеты сотрудников, студентов и гостей вуза через корпоративный Wi-Fi по всей территории кампуса.

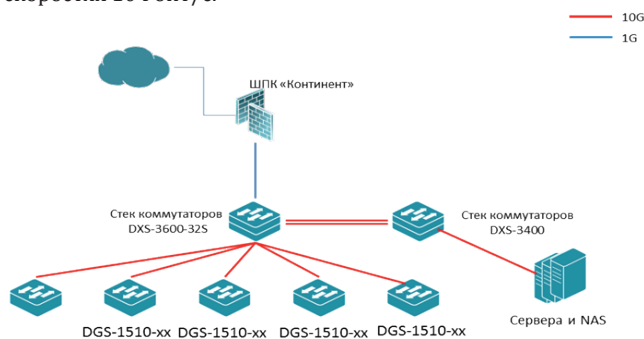
Компания D-Link много лет активно сотрудничает как с государственными организациями и ведущими российскими компаниями, так и с образовательными учреждениями по следующим направлениям [11]:

1. внедрение оригинальных учебных материалов компании по сетевым технологиям в учебный процесс с организацией лабораторных стендов;
2. руководство научно-исследовательскими и выпускными дипломными работами;
3. поставка оборудования для организации быстрорастущей и отказоустойчивой телекоммуникационной инфраструктуры образовательных учреждений, отличающейся от конкурентов важным показателем для вуза – отличным соотношением цена/функционал;
4. сервисное обслуживание оборудования на базе региональных офисов компании;
5. обучение ИТ-персонала образовательных учреждений.

В качестве примеров плодотворного сотрудничества компании D-Link с образовательными учреждениями можно привести следующие проекты:

1. Военно-космическая академия им. В.Ф.Можайского;
2. Санкт-Петербургский кадетский корпус;
3. Волгоградский государственный университет.

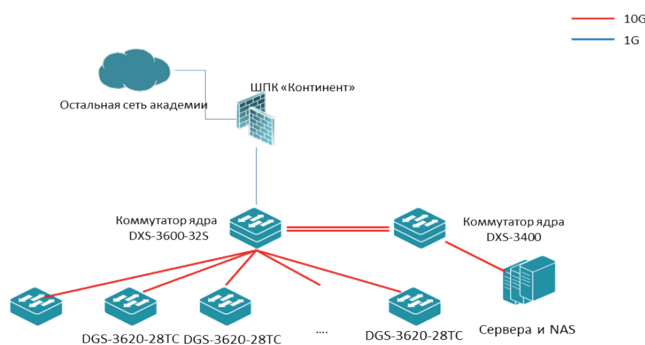
Эти решения объединяет ряд факторов – иерархическая схема, защищенный выход в Интернет через межсетевой экран (МСЭ), распределенное отказоустойчивое ядро сети со скоростью передачи данных 10 Гбит/с, подключение серверов и систем хранения непосредственно к коммутаторам ядра на скоростях 10 Гбит/с.



Р и с. 12. Ядро сети Военно-космической академии им. В.Ф.Можайского
F i g. 12. The core of the network of the V. F. Mozhaysky Military Space Academy

⁷ EDGE AS A SERVICE (EaaS). D-Link white paper. [Электронный ресурс]. URL: https://smartcity.dlink.com/doc/D-Link_EaaS_White_Paper.pdf (дата обращения: 06.09.2019).





Р и с. 13. Ядро сети Санкт-Петербургского кадетского корпуса
F i g. 13. Core of the Saint Petersburg Cadet Corps network

В качестве оборудования ядра и подключения серверов и систем хранения используются коммутаторы DXS-3600-32S с производительностью коммутирующей фабрики 960 Гбит/с и DXS-3400-24SC/TC с производительностью коммутирующей фабрики 480 Гбит/с.

Данные коммутаторы позиционируются также для организации Центров обработки данных (ЦОД) и имеют «на борту» соответствующий функционал – группу протоколов DCB. Data Center Bridging (DCB) является обязательной установкой расширений Ethernet для сетевой работы в дата-центрах.

Коммутаторы поддерживают несколько главных компонентов DCB, таких как IEEE 802.1Qbb, IEEE 802.1Qaz и IEEE 802.1Qau. 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.

Коммутаторы DXS-3600 также поддерживают коммутацию без буферизации пакетов, которая сокращает время задержки при передаче данных в сети.

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 дата-центрах, использующих коммутаторы.

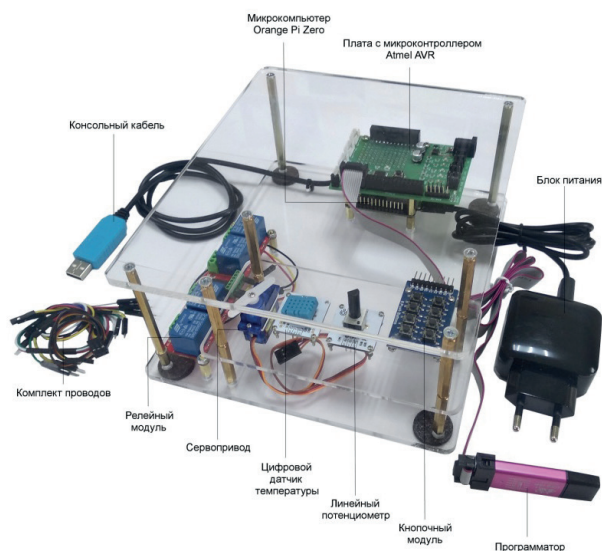
Коммутаторы также оснащены встроенными интеллектуальными вентиляторами, внутренними термодатчиками, контролирующими изменение температуры и реагирующими соответственно на использование различной скорости вентиляторов при разных температурах. При низких температурах скорость вентиляторов снижается, что сокращает потребление энергии и снижает уровень шума.

Курс «Введение во встраиваемые системы»

Компанией D-Link создан учебный курс «Введение во встраиваемые системы». Он предназначен для специалистов предприятий, занимающихся разработкой и тестированием программного обеспечения, внедрением новых информационных технологий, для студентов соответствующих направлений, а

также для тех, кто интересуется современными компьютерными технологиями и проектированием встраиваемых систем. Для выполнения практической части курса разработан учебный лабораторный стенд DTK-1, состоящий из микрокомпьютера Orange Pi Zero – аналога Raspberry Pi, функционирующего под управлением ОС Linux, и платы расширения – периферийного контроллера на основе микроконтроллера Atmel Atmega328, совместимого со средой разработки Arduino IDE. Помимо этого, в состав учебного стенда входят:

- программатор USBISP;
- кнопочный модуль для Arduino;
- цифровой датчик температуры;
- линейный потенциометр для Arduino;
- четырехканальный релейный модуль для Arduino;
- сервопривод аналоговый;
- консольный кабель USB-TTL;
- набор соединительных проводов;
- блок питания 5В, не ниже 2,4А;
- карта памяти MicroSD (не менее 8 Гб).



Р и с. 14. Учебный лабораторный стенд DTK-1
F i g.14. Laboratory Training Stand DTK-1

По окончании курса студент получит навыки работы с аналогово-цифровыми преобразователями, интерфейсами GPIO, UART и I2C, научится использовать широтно-импульсную модуляцию и обрабатывать информации от датчиков. Помимо этого, обучающийся познакомится с основными командами Linux, командными файлами и языком Unix Shell, изучит работу с компилятором GCC и утилитой Make, освоит программирование арифметических и логических операций на языке Assembler.

Большинство предлагаемых на рынке стендов или конструкторов на базе микроконтроллеров, являются готовыми продуктами, предназначенными для решения конкретной узкоспециализированной задачи. Учебный стенд компании D-Link является платформой, обеспечивающей возможность расширения, что позволяет его использовать не только для изучения микроконтроллеров и обладает оптимальным соот-



ношением цена/функциональность.

В настоящее время ведется разработка второй части данного курса для более глубокого изучения особенностей встраиваемых систем, построенных на устройствах типа «Система на кристалле». Основными темами курса будут: файловые системы для флеш, Toolchain, загрузчики для встраиваемых систем, загрузчик U-Boot, архитектура ядра Linux и его компиляция, программа BusyBox и система сборки корневой файловой системы Buildroot. Будут подробно рассмотрены такие темы, как архитектура и структура микроконтроллера AVR, обработка массивов данных, внешние прерывания и последовательный интерфейс SPI. Обучающиеся получают навыки работы на языке Assembler, изучают особенности системы команд и ее узкие места.

Стенд является удобным средством обучения разработке систем Интернета вещей, в частности умного дома. На базе стенда можно создать устройство, управляемое через Web-интерфейс и обеспечивающее передачу данных по беспроводной сети Wi-Fi. Обучающийся самостоятельно сможет разработать Webинтерфейс, который обеспечит двухстороннее взаимодействие с компонентами стенда, например сервомотором, светодиодами, реле, датчиками. Таким образом, он научится получать данные от датчиков, настраивать оповещения при определенных условиях и управлять параметрами подключенных компонентов стенда.

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, Волгограде, Екатеринбурге, Иркутске, Калининграде, Кемерово, Краснодаре, Красноярске, Новосибирске, Омске, Перми, Ростове-на-Дону, Рязани, Самаре, Туле, Уфе, Хабаровске и Ярославле. В Брянске, Казани, Тюмени и Челябинске работают региональные представители компании.

Авторизованные учебные центры работают в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Ижевске, Кемерово, Магнитогорске, Новосибирске, Омске, Оренбурге, Перми, Ростове-на-Дону, Рязани, Туле и Ярославле. Портал дистанционного обучения D-Link: <http://learn.dlink.ru>.

Информацию о новинках и решениях, новости компании D-Link можно найти на официальном сайте <http://www.dlink.ru> и странице компании в Facebook.

Список использованных источников

- [1] Caprolu M., Di Pietro R., Lombardi F., Raponi S. Edge Computing Perspectives: Architectures, Technologies, and Open Security Issues // 2019 IEEE International Conference on Edge Computing (EDGE), Milan, Italy, 2019. Pp. 116-123. DOI: 10.1109/EDGE.2019.00035
- [2] Smirnova E. V., Proletarskiy A. V., Romashkina E. A., Baljuk S. A., Surovov A. M. Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi. Москва: МГТУ им. Н. Э.

- [3] Баумана, 2016. 448 с.
- [3] Shbat M., Ordaz-Salazar F. C., González-Salas J. S. Introductory Chapter: Smart Antennas and Beam-formation, Antenna Arrays and Beam-formation. IntechOpen, 2017. DOI: 10.5772/intechopen.68452
- [4] Rezk M., Kim W., Yun Z., Iskander M. F. Performance comparison of a novel hybrid smart antenna system versus the fully adaptive and switched beam antenna arrays // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. 2005. Vol. 4. Pp. 285-288. DOI: 10.1109/LAWP.2005.854003
- [5] Khanna A., Goyal R., Verma M., Joshi D. Intelligent Traffic Management System for Smart Cities // Futuristic Trends in Network and Communication Technologies. FTNCT 2018. Communications in Computer and Information Science. Vol. 958 / P. Singh, M. Paprzycki, B. Bhargava, J. Chhabra, N. Kaushal, Y. Kumar (Eds.) Springer, Singapore, 2019. Pp. 152-164. DOI: 10.1007/978-981-13-3804-5_12
- [6] Jain A. K., Acharya R., Jakhar S., Mishra T. Fifth Generation (5G) Wireless Technology "Revolution in Telecommunication" // 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), Coimbatore, 2018. Pp. 1867-1872. DOI: 10.1109/ICICCT.2018.8473011
- [7] Cirani S., Ferrari G., Picone M., Veltri L. Internet of Things: Architectures, Protocols and Standards. Architectures, protocols and standards. John Wiley & Sons, Ltd., 2019. DOI: 10.1002/9781119359715
- [8] Xiao M., Liu Y., Hu Q. Design and Implementation of Socket-Based-Network Connections Smart Home System // 2016 Sixth International Conference on Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC), Harbin, 2016. Pp. 756-760. DOI: 10.1109/IMCCC.2016.113
- [9] Vidanagama V. G. T. N., Arai D., Ogishi T. Service Environment for Smart Wireless Devices: An M2M Gateway Selection Scheme // IEEE Access. 2015. Vol. 3. Pp. 666-677. DOI: 10.1109/ACCESS.2015.2436907
- [10] Giang N. K., Lea R., Blackstock M., Leung V. C. M. Fog at the Edge: Experiences Building an Edge Computing Platform // 2018 IEEE International Conference on Edge Computing (EDGE), San Francisco, CA, 2018. Pp. 9-16. DOI: 10.1109/EDGE.2018.00009
- [11] 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

Поступила 06.09.2019; принята к публикации 14.10.2019;
опубликована онлайн 23.12.2019.

Об авторах:

Захаров Филипп Алексеевич, консультант по образовательным проектам, Компания D-Link (129626, Россия, г. Москва, Графский переулок, д. 14, к. 1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6380-8654>, phzakharov@dlink.ru

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



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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- [1] Caprolu M., Di Pietro R., Lombardi F., Raponi S. Edge Computing Perspectives: Architectures, Technologies, and Open Security Issues. In: *2019 IEEE International Conference on Edge Computing (EDGE)*, Milan, Italy, 2019, pp. 116-123. (In Eng.) DOI: 10.1109/EDGE.2019.00035
- [2] Smirnova E.V., Proletarsky A.V., Romashkina E.A., Balyuk S.A., Surovov A.M. *Tekhnologii sovremennyh besprovodnyh setej Wi-Fi* [Technologies of modern wireless Wi-Fi networks]. BMSTU, Moscow, 2016. (In Russ.)
- [3] Shbat M., Ordaz-Salazar F.C., González- Salas J.S. Introductory Chapter: Smart Antennas and Beam-formation, Antenna Arrays and Beam-formation. IntechOpen, 2017. (In Eng.) DOI: 10.5772/intechopen.68452
- [4] Rezk M., Kim W., Yun Z., Iskander M.F. Performance comparison of a novel hybrid smart antenna system versus the fully adaptive and switched beam antenna arrays. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*. 2005; 4:285-288. (In Eng.) DOI: 10.1109/LAWP.2005.854003
- [5] Khanna A., Goyal R., Verma M., Joshi D. Intelligent Traffic Management System for Smart Cities. In: Singh P., Paprzycki M., Bhargava B., Chhabra J., Kaushal N., Kumar Y. (Eds) *Futuristic Trends in Network and Communication Technologies. FTNCT 2018. Communications in Computer and Information Science*, vol. 958. Springer, Singapore, 2019, pp. 152-164. (In Eng.) DOI: 10.1007/978-981-13-3804-5_12
- [6] Jain A.K., Acharya R., Jakhar S., Mishra T. Fifth Generation (5G) Wireless Technology "Revolution in Telecommunication". In: *2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT)*, Coimbatore, 2018, pp. 1867-1872. (In Eng.) DOI: 10.1109/ICICCT.2018.8473011
- [7] Cirani S., Ferrari G., Picone M., Veltri L. Internet of Things: Architectures, Protocols and Standards. Architectures, protocols and standards. John Wiley & Sons, Ltd., 2019. (In Eng.) DOI: 10.1002/9781119359715
- [8] Xiao M., Liu Y., Hu Q. Design and Implementation of Socket-Based-Network Connections Smart Home System. In: *2016 Sixth International Conference on Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control (IMCC)*, Harbin, 2016, pp. 756-760. (In Eng.) DOI: 10.1109/IMCC.2016.113
- [9] Vidanagama V.G.T.N., Arai D., Ogishi T. Service Environment for Smart Wireless Devices: An M2M Gateway Selection Scheme. *IEEE Access*. 2015; 3:666-677. (In Eng.) DOI: 10.1109/ACCESS.2015.2436907
- [10] Giang N.K., Lea R., Blackstock M., Leung V.C.M. Fog at the Edge: Experiences Building an Edge Computing Platform. In: *2018 IEEE International Conference on Edge Computing (EDGE)*, San Francisco, CA, 2018, pp. 9-16. (In Eng.) DOI: 10.1109/EDGE.2018.00009
- [11] Romasevich P.V., Romashkina E.A., Smirnova E.V., Shibantov V.A. Preparation of Qualified Specialists Forthe Field of it from D-link. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2017; 13(4):158-164. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.25559/SITITO.2017.4.578

*Submitted 06.09.2019; revised 14.10.2019;
published online 23.12.2019.*

About the authors:

Philip A. Zakharov, Education Project Consultant, D-Link Company (14/1 Grafskij per., Moscow 129626, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6380-8654>, phzakharov@dlink.ru

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

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

All authors have read and approved the final manuscript.

