

<https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.405-415>
УДК 004.7

Оригинальная статья

Подготовка специалистов среднего звена в области телекоммуникаций на основе доверенного технического решения

Е. В. Смирнова¹, В. А. Шибанов^{2,3}, П. В. Ромасевич^{4*}

¹ ООО «Д-Линк Трейд», г. Москва, Российская Федерация

Адрес: 129626, Российская Федерация, г. Москва, Графский переулок, д. 14, к. 1

² ООО «Д-Линк Трейд», г. Рязань, Российская Федерация

Адрес: 390043, Российская Федерация, г. Рязань, пр-д Шабулина, д. 16

³ ФГБОУ «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», г. Рязань, Российская Федерация

Адрес: 390005, Российская Федерация, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1

⁴ ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград, Российская Федерация

Адрес: 400062, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 100

* promasevich@dlink.ru

Аннотация

Современная ситуация в мире, характеризующаяся санкционным давлением, нарушением логистики, торговых, промышленных и технологических связей и углубляющейся цифровизацией общества, обусловила изменение стратегии государства в сторону необходимости скорейшего снижения технологической зависимости от иностранных производителей и перевода телекоммуникационной инфраструктуры страны на доверенные отечественные решения. При этом опережающими темпами необходимо развивать систему подготовки кадров высшего и среднего звена, способных мыслить в парадигме использования исключительно отечественных решений при проектировании и модернизации телекоммуникационной составляющей субъектов критической информационно инфраструктур.

Примером такого подхода является лаборатория Росатома по сетям передачи данных в Колледже Научно-технологического университета «Сириус». В ней для студентов доступно оборудование компании «Т-КОМ», входящей в Топливный дивизион Госкорпорации.

Компания «Д-Линк Трейд», российское юрлицо D-Link Corporation, является технологическим партнером «Т-КОМ», в том числе специалистами «Д-Линк Трейд» разработано программное обеспечение для коммутаторов, включенных в Единый реестр российской радиоэлектронной продукции. Одновременно с этим, основываясь на большом опыте в образовательной деятельности специалистов «Д-Линк Трейд», компанией «Т-КОМ» было принято решение создать учебный курс «Передача и коммутация данных в компьютерных сетях» совместно с своим технологическим партнером, для поддержки образовательного процесса в лаборатории Росатома в Колледже Университета «Сириус». Содержание курса отражает современное состояние телекоммуникационной отрасли и позволяет готовить ИТ-специалистов среднего звена по проектированию, модернизации и эксплуатации мультисервисных телекоммуникационных сетей различного масштаба и сложности на основе отечественного оборудования – коммутаторов модели ТГК-125-24/4д-М/Т.

Рассмотрены проблемы подготовки разработчиков программного обеспечения телекоммуникационного оборудования и соответствующие решения компании «Д-Линк Трейд» в области обучения.



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



Ключевые слова: стратегии развития, критическая информационная инфраструктура, доверенные отечественные решения, безопасная телекоммуникационная инфраструктура, развитие научного и кадрового потенциала, Росатом, ТВЭЛ, Сириус, Port Security, Traffic Segmentation, VLAN, IP-MAC-Port Binding, аутентификация, списки управления доступом, LoopBack Detection, STP/RSTP, российское ПО, Единый реестр российской радиоэлектронной продукции, Т-КОМ, Linux, встраиваемая система

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Смирнова Е. В., Шибанов В. А., Ромасевич П. В. Подготовка специалистов среднего звена в области телекоммуникаций на основе доверенного технического решения // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2024. Т. 20, № 2. С. 405-415. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.405-415>

© Смирнова Е. В., Шибанов В. А., Ромасевич П. В., 2024

Original article

Training of Mid-Level Specialists in the Telecommunications Area Based on a Trusted Technical Solution

E. V. Smirnova^a, V. A. Shibarov^{b,c}, P. V. Romasevich^{d*}

^a D-Link Company, Moscow, Russian Federation

Address: 14-1 Grafskij per., Moscow 129626, Russian Federation

^b D-Link Company, Ryazan, Russian Federation

Address: 16 Shabulin's pas., Ryazan 390043, Russian Federation

^c Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin, Ryazan, Russian Federation

Address: 59/1 Gagarin St., Ryazan 390005, Russian Federation

^d Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Address: 100 Universitetsky Ave., Volgograd 400062, Russian Federation

*promasevich@dlink.ru

Abstract

The current situation in the world, characterized by sanctions pressure, disruption of logistics, trade, industrial and technological connections and the deepening digitalization of society, has led to a change in the state's strategy towards the need to quickly reduce technological dependence on foreign manufacturers and transfer the country's telecommunications infrastructure to trusted domestic solutions. At the same time, at an accelerated pace, it is necessary to develop a system for training senior and mid-level personnel capable of thinking in the paradigm of using exclusively domestic solutions in the design and modernization of the telecommunications component of critical information infrastructure subjects.

An example of this approach is the Rosatom Laboratory for Data Communication Networks at the College of the Sirius University of Science and Technology. There, equipment from the T-COM company, part of the Fuel Division of the State Corporation, is available to students.

The D-Link Trade company, a Russian legal entity of D-Link Corporation, is a technological partner of T-COM, including D-Link Trade specialists who have developed software for switches included in the Unified Register of Russian Radio-Electronic Products. At the same time, based on the extensive experience in the educational activities of D Link Trade specialists, the T-COM company decided to create a training course "Data transmission and switching in computer networks" together with its technology partner, to support the educational process in Rosatom laboratory at Sirius University College. The content of the course reflects the current state of the telecommunications industry and allows you to train mid-level IT specialists in the design, modernization and operation of multi-service telecommunication networks of various scales and complexity based on domestic equipment – switches of the T GK-125-24/4d-M/T model.

The problems of training software developers for telecommunications equipment and the corresponding solutions of the D-Link Trade company in the field of training are considered.



Keywords: Development strategies, critical information infrastructure, trusted domestic solutions, secure telecommunications infrastructure, development of scientific and human resources, Rosatom, TVEL, Sirius, Port Security, Traffic Segmentation, VLAN, IP-MAC-Port Binding, authentication, access control lists, LoopBack Detection, STP/RSTP, Russian Software, Unified Register of Russian Radio Electronic Products, T-Com, Linux, embedded system

Conflict of interests: The authors declares no conflict of interest.

For citation: Smirnova E.V., Shibarov V.A., Romasevich P.V. Training of Mid-Level Specialists in the Telecommunications Area Based on a Trusted Technical Solution. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2024;20(2):405-415. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.405-415>



Введение

Проект Стратегии развития отрасли связи Российской Федерации на период до 2035 года¹ является базовым документом стратегического планирования, определяющим основные направления государственной политики в сфере развития отрасли связи на период до 2035 года. В основе Стратегии – построение современной и безопасной телекоммуникационной инфраструктуры, внедрение новых технологических направлений, развитие научного и кадрового потенциала, совершенствование нормативной правовой базы для предоставления гражданам, бизнесу и государству качественных, современных и конкурентоспособных услуг связи.

Достижение поставленных целей Стратегии предполагается посредством решения ряда задач, среди которых:

- поэтапный перевод отечественной инфраструктуры связи, в первую очередь, критической информационной инфраструктуры – на отечественные или подконтрольные технологические решения и продукцию. Разработка и внедрение механизмов стимулирования спроса на них, а также поддержки их разработки и внедрения;
- развитие систем подготовки, переподготовки и трудоустройства кадров для отрасли связи и популяризация профессии отрасли.

Стратегия будет реализовываться в 2 этапа. Первый этап (2023-2030 годы) включает перевод всей отечественной критической информационной инфраструктуры на доверенные отечественные решения (в том числе, отечественные операционные системы).

В феврале 2021 г. в рамках стратегии по цифровизации Топливной компанией Росатома «ТВЭЛ» было создано предприятие по производству высокотехнологичного телекоммуникационного оборудования и разработки отечественного программного обеспечения для создания и модернизации корпоративных сетей передачи данных российских заказчиков – ООО «Т-КОМ». На сегодняшний день «Т-КОМ» освоено производство более 70 моделей управляемых коммутаторов включая модели с программным обеспечением, разработанным на территории России². Министерство промышленности и торговли Российской Федерации включило коммутаторы ТГК-125-24/4д-2П/Т и ТГК-125-24/4д-М/Т производства «Т-КОМ» в Единый реестр российской радиоэлектронной продукции³.

Наличие у коммутаторов «Т-КОМ» статуса телекоммуникационного оборудования российского происхождения позволит заказчикам снизить технологическую зависимость от иностранных производителей, повысить степень доверия сетей связи, а для компаний с государственным участием – выполнить задачу импортозамещения.

Технологическим партнером «Т-КОМ» является компания D-Link Corporation в лице эксклюзивного представителя в России ООО «Д-Линк Трейд», которое занимается разработкой и поддержкой программного обеспечения. Подразделение R&D

«Д-Линк Трейд» насчитывает более 100 человек, обладающих уникальными компетенциями по созданию клиентских устройств доступа в Интернет, адаптированных под требования ведущих федеральных и региональных провайдеров. Специалисты подразделения также успешно освоили новую для себя компетенцию – разработку ПО для управляемых коммутаторов.

Применение коммутаторов «Т-КОМ» с российским ПО в сетевой инфраструктуре

Программное обеспечение коммутаторов «Т-КОМ» серий ТГК-121 и ТГК-125 создано в соответствии с международными стандартами отечественными разработчиками, что позволяет адаптировать его согласно требованиям российских заказчиков и партнеров дружественных государств. Устройства данных серий предназначены для использования на уровне доступа в корпоративных сетях госкомпаний, структур государственного управления, учреждений здравоохранения, науки и образования, предприятий топливно-энергетического и горно-металлургического комплексов, операторов связи, Министерства обороны и силовых структур, а также в сетях малых и средних предприятий, являющиеся субъектами критической информационной инфраструктуры.



Р и с. 1. Коммутаторы «Т-КОМ»

F i g. 1. T-COM switches

Источник: здесь и далее в статье все рисунки составлены авторами.

Source: Hereinafter in this article all figures were drawn up by the authors.

Функциональные возможности коммутаторов «Т-КОМ» с российским ПО включают:

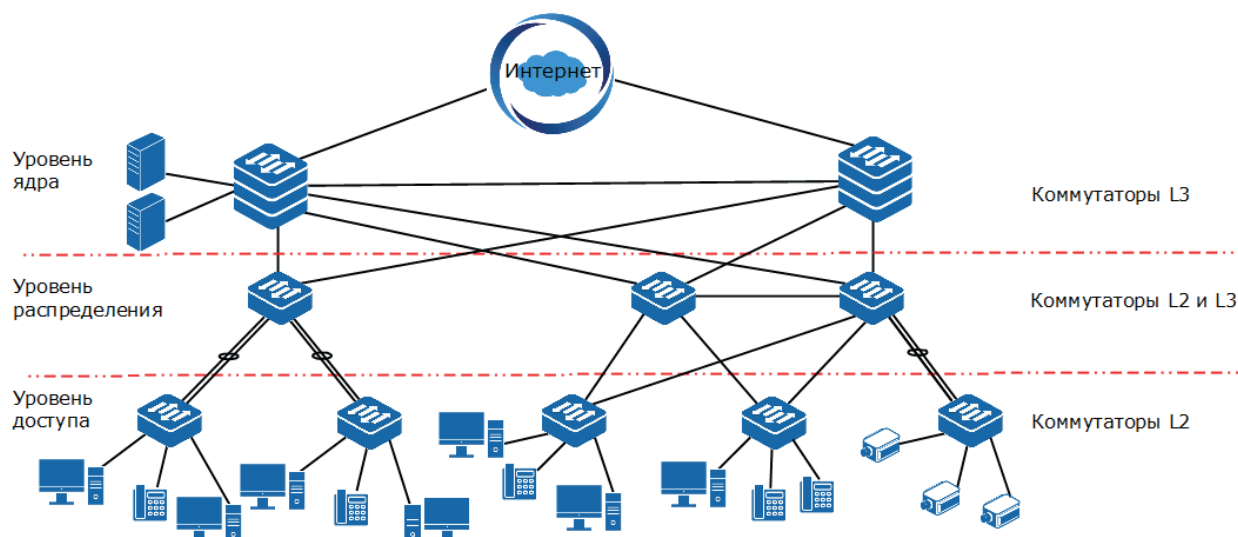
- контроль над подключением сетевых узлов к коммутатору;
- разграничение трафика;
- фильтрацию трафика с помощью списков управления доступом;
- аутентификацию клиентов;
- обеспечение отказоустойчивости сетевой инфраструктуры;
- обеспечение качества обслуживания (QoS);
- управление многоадресной рассылкой;
- настройку через Web-интерфейс и интерфейс командной строки;
- централизованное управление и конфигурацию.

¹ Об утверждении Стратегии развития отрасли связи Российской Федерации на период до 2035 года : Распоряжение Правительства РФ от 24.11.2023 № 3339-р [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_463486/ (дата обращения 26.01.2024).

² ООО «Т-КОМ»: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://t-kom.tvel.ru/products/> (дата обращения 26.01.2024).

³ Коммутаторы Т-КОМ включены в Единый реестр российской радиоэлектронной продукции [Электронный ресурс] // ООО «Т-КОМ», 17 мая 2023. URL: https://t-kom.tvel.ru/press-center/news/?ELEMENT_ID=13122 (дата обращения 26.01.2024).





Р и с. 2. Трехуровневая иерархическая модель корпоративной сети
Fig. 2. Three-level hierarchical model of a corporate network

Одним из распространенных методов разграничения доступа к сетевым ресурсам и разделения пользователей на изолированные группы независимо от их места подключения к сети является использование виртуальных локальных сетей (VLAN), описанных в стандарте IEEE 802.1Q. Данный подход повышает уровень сетевой безопасности и позволяет локализовать широковещательный трафик внутри групп, что в целом положительно влияет на полезную пропускную способность сети⁴. VLAN 802.1Q – это широковещательный домен, внутри которого кадры передаются по технологии коммутации. Также для разграничения трафика на канальном уровне может использоваться функция Traffic Segmentation (сегментация трафика). С помощью программной настройки она позволяет изолировать порты или группы портов коммутатора друг от друга, но в то же время обеспечивает доступ к разделяемым портам, служащим для подключения серверов или магистральной сети. В корпоративной сети функция может использоваться для защиты трафика отделов, работающих с критически важной информацией или для изоляции потенциально опасных отделов от остальной сети.

В том случае, если какой-либо порт коммутатора активен, к нему может подключиться злоумышленник и получить несанкционированный доступ к сети: этот пользователь может начать генерировать вредоносный трафик, который создаст проблемы в сети. Для защиты от подобных ситуаций, а также для контроля подключения узлов к портам коммутаторы «Т-КОМ» предоставляют функции безопасности, которые позволяют указывать MAC- и/или IP-адреса устройств, которым разрешено подключаться к данному порту, и блокировать доступ к сети узлам с неизвестными коммутатору адресами. Функция Port Security используется для контроля доступа устройств к портам коммутаторов. Для идентификации

устройств, которым разрешено подключаться к порту, используются их MAC-адреса. Коммутатор получает информацию о MAC-адресах в результате их динамического изучения портами. С целью повышения контроля над количеством подключаемых к порту устройств, можно настроить ограничение по количеству изучаемых им MAC-адресов. Функция Port Security служит для борьбы с атаками типа MAC Flooding, MAC Spoofing.

Функция IP-MAC-Port Binding (IMPB) позволяет фильтровать пакеты и таким образом контролировать доступ в сеть устройств, подключенных к коммутатору. При настройке функции порт будет проверять идентичны ли MAC- и IP-адреса источника входящих пакетов параметрам хранящихся на коммутаторе записей, связывающих MAC- и IP-адреса клиентских устройств с портами и VLAN подключения:

- если все составляющие (IP/MAC-адреса, порт, VLAN) совпадают, пакеты будут передаваться, и клиенты получат доступ в сеть;
- если все составляющие частично или полностью не совпадают, коммутатор заблокирует MAC-адрес соответствующего узла.

Функция IMPB позволяет бороться с атаками типа ARP Spoofing и атаками на протокол DHCP.

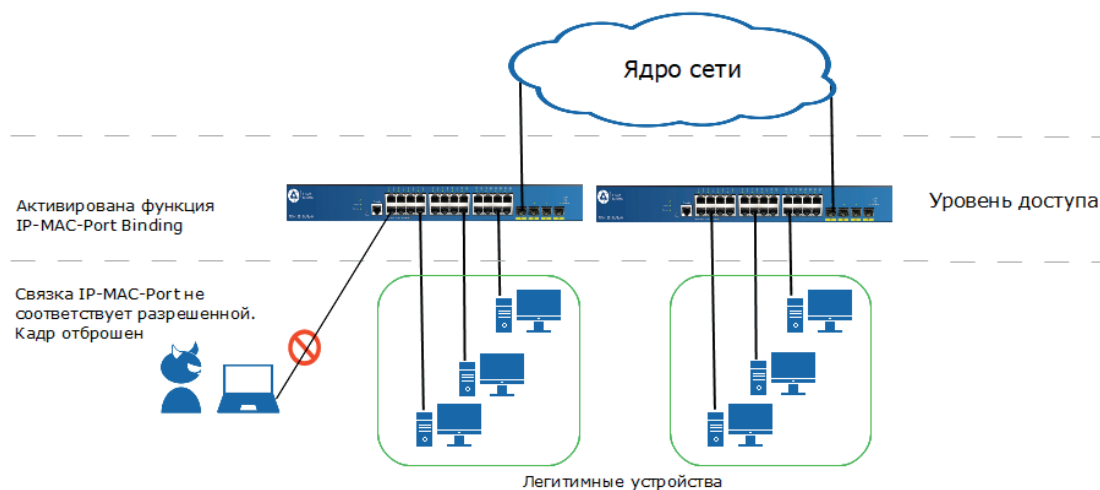
Стандарт IEEE 802.1X осуществляет контроль доступа и не позволяет неавторизованным устройствам подключаться к локальной проводной или беспроводной сети через порты устройства связи.

В коммутаторах «Т-КОМ» реализованы два режима аутентификации 802.1X:

- аутентификация 802.1X на основе портов: порт должен быть авторизован, чтобы подключенные к нему устройства получили доступ к сети;

⁴ IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Bridges and Bridged Networks // IEEE Std 802.1Q-2022 (Revision of IEEE Std 802.1Q-2018). IEEE Press, 2022. 2163 p. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2022.10004498>





Р и с. 3. Принцип работы функции IP-MAC-Port Binding

Fig. 3. How IP-MAC-Port Binding Function Works

• аутентификация 802.1X на основе MAC-адресов: аутентификация множества клиентов на одном физическом порту коммутатора. Каждый узел должен проходить аутентификацию индивидуально для доступа к порту.

Списки управления доступом (*Access Control List, ACL*) осуществляют фильтрацию потоков данных на аппаратном уровне. Они представляют собой упорядоченный набор условий проверки параметров пакетов данных. Когда сообщения поступают на входной порт, коммутатор проверяет параметры пакетов данных на совпадение с критериями фильтрации, определенными в ACL. Результатом проверки в общем случае является одно из действий над пакетом: Permit (Разрешить) или Deny (Запретить). Фильтрация трафика может быть осуществлена по различным критериям: номеру порта коммутатора, IP- или MAC-адресу пользователя, типу кадров Ethernet и протоколов вышестоящих уровней, идентификатору VLAN, приоритету пакета.

ACL используются для:

- ограничения типов приложений, разрешенных для использования в сети;
- контроля доступа пользователей к сети;
- классификации и маркировки пакетов, ограничения полосы пропускания для реализации требуемой политики QoS.

Для обеспечения отказоустойчивости сети в случае образования петель коммутации на неуправляемых сегментах, неотъемлемой частью функционала коммутаторов является механизм LoopBack Detection (LBD), блокирующий порт коммутатора к которому подключен сегмент с петлей или VLAN, в которой обнаружена петля.

Для распределенных сетей большое значение имеет отказоустойчивость при нарушении целостности кабельной инфраструктуры. Отказоустойчивость достигается за счет резервирования каналов связи, что может привести к образованию петель. Протоколы STP/RSTP предназначены для устранения

образования петель и повышения отказоустойчивости в сетях Ethernet произвольных топологий.

Российское программное обеспечение коммутаторов также поддерживает ряд механизмов качества обслуживания (*Quality of Service, QoS*), позволяющих выполнять дифференцированную обработку трафика различных приложений. Данные механизмы включают классификацию трафика, маркировку трафика, предотвращение перегрузки и управление очередями, организацию очередей и диспетчеризацию, управление полосой пропускания портов, очередей и потоков данных.

Помимо продвинутого функционала существенными плюсами разработки, сертификации и производства активного сетевого оборудования и его программного обеспечения Т-Ком являются:

- доверенное отечественное решение;
- доступность оборудования в условиях пандемий и санкций;
- конкурентоспособность за счёт уменьшения стоимости логистики и отсутствия таможенных сборов;
- возможность выпуска специальных партий оборудования и релизов ПО под конкретные проекты;
- гибкие условия поставки и сервиса;
- доступный демонстрационный фонд;
- организация обучения ИТ-персонала клиентов;
- экономия бюджета закупок;
- организация новых рабочих мест;
- знак качества «Сделано в Росатоме».

Лаборатория Росатома по сетям передачи данных в ИТ-колледже «Сириус»

В сентябре 2023 года в Колледже Университета «Сириус» открылась лаборатория Росатома по сетям передачи данных на базе коммутаторов доступа «Т-КОМ»⁵. Она будет интегрирована в учебные программы специальностей «Компьютерные

⁵ В колледже Университета «Сириус» открылась ИТ-лаборатория «Росатома» [Электронный ресурс] // sirius-ft.ru. 01 сентября 2023. URL: <https://sirius-ft.ru>.



системы и комплексы», «Сетевое и системное администрирование», «Обеспечение информационной безопасности телекоммуникационных систем»⁶.

Лаборатория состоит из 12 рабочих мест. Каждое рабочее место оборудовано 2 рабочими станциями с Linux Ubuntu, 3 коммутаторами ТГК-125-24/4д-М/Т, необходимым количеством соединительных кабелей и сопутствующего оборудования.

Курс «Передача и коммутация данных в компьютерных сетях», по которому студенты будут проходить обучение, разработан в сотрудничестве со специалистами ООО «Д-Линк Трейд», имеющими большой опыт в разработке образовательного материала. Он включает в себя 14 глав теоретического материала и методические указания для проведения 24 лабораторных работ на коммутаторах данной модели.

За четверть века работы в России ООО «Д-Линк Трейд» наряду с поставками своего оборудования постоянно осуществляла обучение конечных клиентов. Это позволило накопить солидный методический опыт и создать образовательные ресурсы, актуальность которых подтверждается соответствием мировым трендам и пониманием потребностей в функционале сетевого оборудования в различных отраслях экономики России⁷.

Программа курса четко структурирована и отражает многолетний опыт апробации комплекса образовательных материалов ООО «Д-Линк Трейд» в учебных процессах профильных кафедр высших учебных заведений России.

Подача материала осуществляется последовательно на основе методологической модели OSI и включает в себя следующие тематические блоки:

- Базовые понятия сетевых технологий – история, базовая терминология и классификация сетей.
- Модели межсетевого взаимодействия – модель OSI, назначение уровней и сравнение с моделью TCP/IP.
- Физический уровень модели OSI – основные характеристики линий и каналов связи, сигналы, методы совместного использования среды передачи, модуляция и кодирование сигналов, стандарты и характеристики кабелей.
- Топологии сетей – базовые виды сетевых топологий, позиционирование активного сетевого оборудования в топологии сети и средства управления сетевыми устройствами.
- Канальный уровень модели OSI – типы коммутации, протоколы канального уровня, семейство стандартов IEEE 802, технология Ethernet и её физический уровень, энергоэффективный Ethernet, технология Power over Ethernet (PoE), методика выбора коммутаторов для сетей (PoE), сменные интерфейсные модули (трансиверы), методика выбора трансиверов для оптической линии связи.
- Технологии коммутации – методы коммутации пакетов, конструктивное исполнение коммутаторов и их физическое стекирование, программное обеспечение коммута-

торов, виртуальные локальные сети (VLAN), технология сегментации сети Traffic Segmentation, протоколы обеспечения отказоустойчивости сетевой инфраструктуры STP/RSTP, агрегирование каналов связи, а также общие принципы сетевого дизайна на основе трехуровневой иерархической модели сети.

- Протоколы сетевого уровня модели OSI – протоколы IPv4/IPv6, вспомогательные протоколы IP (ICMPv4/v6, NDP) и протоколы разрешения адресов.
- Введение в маршрутизацию – архитектура протоколов и алгоритмы маршрутизации, IP-интерфейсы коммутаторов и семейство дистанционно-векторных протоколов маршрутизации RIP/RIP2/RIPng.
- Протоколы транспортного уровня модели OSI – адресация протоколов TCP/UDP, форматы их пакетов и алгоритм работы TCP.
- Средства сетевого управления – протоколы DHCP, SNMP, RMON, LLDP и функция Port Mirroring.
- Функции обеспечения безопасности и ограничения доступа к сети – классификация атак на коммутируемые сети, меры по обеспечению безопасности, защита коммутаторов, списки управления доступом (ACL), функции контроля над подключением узлов к портам коммутатора, аутентификация пользователей на основе 802.1X.
- Качество обслуживания (QoS) – механизмы QoS, модели QoS в IP-сетях, понятие класса обслуживания, приоритизация, классификация и маркировка пакетов, предотвращение перегрузок и управление очередями, алгоритмы и механизмы контроля полосы пропускания.
- Поиск неисправностей в сетях TCP/IP – методика поиска неисправностей, средства поиска и устранения неполадок, анализ неисправностей, проверка физического, канального и сетевого уровня канала связи.

Содержание данных учебных материалов отражает современное состояние телекоммуникационной отрасли и позволяет готовить IT-специалистов среднего звена по проектированию, модернизации и эксплуатации мультисервисных телекоммуникационных сетей различного масштаба и сложности.

Проблемы подготовки разработчиков программного обеспечения телекоммуникационного оборудования

Технически телекоммуникационные устройства представляют собой т.н. встраиваемые системы, т.е. специализированные компьютерные системы, предназначенные для решения заданного, заранее определенного круга задач. В случае телекоммуникационных устройств такими задачами является поддержка функционирования определенного набора сетевых протоколов и работы компьютерной сети. Технической особенностью значительной части распространенного сетевого

ru/tpost/ln2rmrfo91-v-kolledzhe-universiteta-sirius-otkrilas (дата обращения 26.01.2024).

⁶ Научно-технологический университет «Сириус»: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://siriusuniversity.ru/admission/collegesirius/setevoi-i-sistemnyi-administrator-9-kl/> (дата обращения 26.01.2024).

⁷ Технологии коммутации и маршрутизации в локальных компьютерных сетях / Е. В. Смирнова, А. В. Пролетарский, Е. А. Ромашкина [и др.]. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. 392 с. EDN: ZCKZRF; Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi / Е. В. Смирнова, А. В. Пролетарский, Е. А. Ромашкина [и др.]. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 448 с. EDN: YQUMUH; Смирнова Е. В., Пролетарский А. В., Ромашкина Е. А. Технологии TCP/IP в современных компьютерных сетях. Вып. 3. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. 550 с. EDN: MKOZZF



оборудования является работа под управлением операционной системы Linux [1-6].

Поэтому разработчики программного обеспечения телекоммуникационного оборудования должны обладать рядом специфических знаний и навыков, в частности, они должны:

- уметь работать как пользователь и администратор с операционной системой Linux;
- знать специфику работы Linux во встраиваемых системах;
- уметь разрабатывать программы для операционной системы Linux;
- уметь разрабатывать программы на языке программирования C;
- знать особенности работы основных сетевых протоколов [7-22].

В существующих учебных программах вузов и ссузов по направлениям, связанным с информатикой и программированием, далеко не всегда указанные темы рассматриваются в необходимом объеме.

Специалистами компании ООО «Д-Линк Трейд» разработаны несколько учебных курсов для подготовки разработчиков программного обеспечения телекоммуникационных устройств⁸. Это курсы:

- Использование Linux при программировании;
- Введение во встраиваемые системы. Часть 1: Использование Linux и микропроцессорные системы;
- Введение во встраиваемые системы. Часть 2: Программирование встраиваемых систем на основе Linux.

Каждый учебный курс включает в себя теоретическую и практическую части и контрольные материалы для проведения экзамена в форме теста [23-25].

Материалы курсов апробированы профильными кафедрами вузов-партнеров при подготовке студентов по направлениям «Информатика и вычислительная техника», «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем», «Программная инженерия», «Компьютерная безопасность».

Курс «Использование Linux при программировании» посвящен приобретению знаний и навыков работы с операционной системой Linux на уровне пользователя, а так же навыков использования ряда утилит Linux для решения типовых задач, стоящих перед программистом. В курсе рассматриваются основы работы с командным интерфейсом Linux, разработка скриптов на языке Shell, установка и удаление программ, сборка программ для Linux из исходного кода, работа с компилятором GCC, отладчиками GDB и DDD, системой сборки Make и системой контроля версий Git.

Курс «Введение во встраиваемые системы. Часть 1: Использование Linux и микропроцессорные системы» посвящен приобретению знаний в области аппаратного и программного обеспечения встраиваемых систем, а также базовых навыков программирования встраиваемых систем. В курсе рассматривается ряд вопросов, связанных с разработкой программного обеспечения для встраиваемых систем – основы использования и элементы администрирования систем на основе Linux, устройство и применение микропроцессоров и микроконтро-

леров, использование различных датчиков и исполнительных устройств.

Курс «Введение во встраиваемые системы. Часть 2: Программирование встраиваемых систем на основе Linux» посвящен приобретению знаний и навыков в области проектирования программной составляющей встраиваемых систем на основе Linux и свободного программного обеспечения. В курсе рассматриваются общее представление о встраиваемых системах на основе Linux и областях их применения, подходы к организации аппаратного и программного обеспечения встраиваемых систем на основе Linux, основные типы лицензий на свободное программное обеспечение, используемое во встраиваемых системах на основе Linux, методы кросс-компиляции программ под заданную архитектуру встраиваемых систем, сборка тулчейна с помощью утилиты Crosstool-NG, конфигурация, сборка и установка ядра Linux, конфигурация и сборка загрузчика U-Boot, конфигурация, сборка и установка программы BusyBox и использование ее в качестве командного интерфейса встраиваемой системы, использование системы сборки корневой файловой системы Buildroot для получения образа программного обеспечения, готового к загрузке во встраиваемую систему, настройка системы Buildroot под требования своего проекта, разработка собственных пакетов для системы сборки корневой файловой системы Buildroot.

Для реализации практической части учебных курсов, связанных с программированием для Linux и разработкой программного обеспечения для встраиваемых систем, специалистами ООО «Д-Линк Трейд» разработан учебный стенд DTK-1 (рис. 4). Учебный стенд включает в себя:

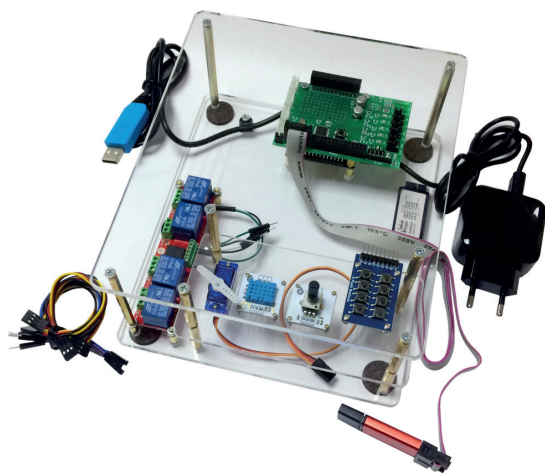
- микрокомпьютер Orange Pi Zero, функционирующий под управлением ОС Linux;
- плату расширения с микроконтроллером Atmel ATmega328P;
- программатор USBISP;
- кнопочный модуль;
- линейный потенциометр;
- цифровой датчик температуры;
- четырехканальный релейный модуль;
- сервопривод аналоговый;
- логический анализатор;
- консольный кабель USB-TTL;
- набор соединительных проводов;
- блок питания 5В, 2,4А;
- карту памяти microSD.

Учебный стенд DTK-1 позволяет заниматься разработкой программ как на низком уровне, на языках программирования Assembler и C, так и на высоком уровне, на языках программирования Python и Shell. Можно разрабатывать собственные программы или использовать для широкого круга задач существующее свободное программное обеспечение. Наличие сетевых интерфейсов для проводной и беспроводной сети позволяет использовать учебный стенд как сетевой компьютер или сетевой сервер и выполнять разработку сетевого программного обеспечения.

⁸ Программа обучения D-Link [Электронный ресурс] // D-Link, 2024. URL: <https://www.dlink.ru/ru/education/0/> (дата обращения 26.01.2024); Лапонина О. Р. Основы сетевой безопасности. Часть 1. Междоменные экраны : учеб. пособие для вузов. М.: ИНТУИТ, 2014. 310 с.; Лапонина О. Р. Основы сетевой безопасности. Часть 2. Технологии туннелирования : учеб. Пособие для вузов. М.: ИНТУИТ, 2014. 290 с.



Использование рассмотренных учебных и методических материалов и оборудования позволяет организовать подготовку разработчиков программного обеспечения на уровне, необходимом и достаточном для практической работы.



Р и с. 4. Внешний вид учебного стенда DTK-1
F i g. 4. External view of the DTK-1 training stand

О компании D-Link

Компания D-Link является ведущим мировым производителем сетевого оборудования, предлагающим широкий набор решений для создания локальных сетей Fast Ethernet/Gigabit

Ethernet/10GE/ 25GE/ 40GE/ 100GE, построения беспроводных сетей и организации широкополосного доступа, передачи изображений и голоса по IP (VoIP). В РФ офисы компании D-Link открыты в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Калининграде, Кемерово, Краснодаре, Красноярске, Новосибирске, Перми, Ростове-на-Дону, Рязани, Самаре, Хабаровске и Ярославле. В Брянске, Казани 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 Ярославле⁹. Портал дистанционного обучения D-Link¹⁰.

О компании T-KOM

Компания T-KOM российский производитель сетевого и телекоммуникационного оборудования (входит в состав Топливной компании «ТВЭЛ»), предлагающий своим заказчикам широкую линейку управляемых коммутаторов с программным обеспечением, разработанным в России и включенным в реестр отечественного ПО (единый реестр российских программ для ЭВМ и баз данных). Ключевыми потребителями продукции компании являются промышленные предприятия и ТЭК, атомная отрасль, научные и образовательные учреждения, здравоохранение, операторы связи и др. К настоящему моменту ООО «Т-КОМ» освоило производство более 70 моделей управляемых коммутаторов для построения или модернизации любого сегмента телекоммуникационных сетей потенциальных заказчиков.

References

- [1] Morozov A., Kupriyanov R., Valeyeva N.S. Development of Engineering Education in Russia: A Historical Perspective. In: Auer M.E., Hortsch H., Michler O., Köhler T. (eds.) *Mobility for Smart Cities and Regional Development – Challenges for Higher Education*. ICL 2021. *Lecture Notes in Networks and Systems*. Vol. 390. Cham: Springer; 2022. p. 421-430. https://doi.org/10.1007/978-3-030-93907-6_44
- [2] Haleem A., Javaid M., Qadri M.A., Suman R. Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*. 2022;3:275-285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- [3] O'Connor A.J. The Intelligent Organization of the Future. In: *Organizing for Generative AI and the Productivity Revolution*. Berkeley, CA: Apress; 2024. p. 77-89. https://doi.org/10.1007/979-8-8688-0959-0_5
- [4] Zamiri M., Esmaeili A. Methods and Technologies for Supporting Knowledge Sharing within Learning Communities: A Systematic Literature Review. *Administrative Sciences*. 2024;14(1):17. <https://doi.org/10.3390/admsci14010017>
- [5] Asrar-ul-Haq M., Anwar S. A systematic review of knowledge management and knowledge sharing: Trends, issues, and challenges. *Cogent Business & Management*. 2016;3(1):1127744. <https://doi.org/10.1080/23311975.2015.1127744>
- [6] Ahmed S.F., Alam M.S.B., Hassan M., et al. Deep learning modelling techniques: current progress, applications, advantages, and challenges. *Artificial Intelligence Review*. 2023;56:13521-13617. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10466-8>
- [7] Al-Hamami A.H., Al-Saadoon G.M. Security Concepts, Developments, and Future Trends. In: Al-Hamami A.H., Al-Saadoon G.M. (eds.) *Handbook of Research on Threat Detection and Countermeasures in Network Security*. Hershey, PA: IGI Global, 2015. p. 1-16. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-6583-5.ch001>
- [8] Akyildiz I.F., Kak A., Nie S. 6G and Beyond: The Future of Wireless Communications Systems. *IEEE Access*. 2020;8:133995-134030. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3010896>

⁹ Информацию о новинках, решениях и новостях D-Link можно найти на официальном сайте компании, странице «ВКонтакте», а также каналах в YouTube и Telegram. ООО «Д-Линк Трейд»: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dlink.ru> (дата обращения 26.01.2024); D-Link Russia [Электронный ресурс] // В Контакте, 2024. URL: <https://vk.com/dlink.international> (дата обращения 26.01.2024); D-Link Russia [Электронный ресурс] // YouTube, 2024. URL: <https://www.youtube.com/user/DLinkMoscow> (дата обращения 26.01.2024); D-Link Russia [Электронный ресурс] // Telegram, 2024. URL: https://t.me/dlink_ru (дата обращения 26.01.2024).

¹⁰ Портал дистанционного обучения D-Link [Электронный ресурс] // D-Link, 2024. URL: <https://learn.dlink.ru/> (дата обращения 26.01.2024).



- [9] Ushakov Y., Ushakova M., Legashev L. Research of a Virtual Infrastructure Network with Hybrid Software-Defined Switching. *Engineering Proceedings*. 2023;33(1):52. <https://doi.org/10.3390/engproc2023033052>
- [10] Coelho P., Gomes M., Bandeiras F., Zambroni de Souza A.C. Smart Telecommunications: The Catalyst of a Social Revolution. In: Zambroni de Souza A.C., Verkerk M.J., Ribeiro P.F. (eds.) *Interdisciplinary and Social Nature of Engineering Practices. Studies in Applied Philosophy, Epistemology and Rational Ethics*. Vol. 61. Cham: Springer; 2022. p. 197-233. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88016-3_10
- [11] Aghmadi A., Hussein H., Polara K.H., Mohammed O. A Comprehensive Review of Architecture, Communication, and Cybersecurity in Networked Microgrid Systems. *Inventions*. 2023;8(4):84. <https://doi.org/10.3390/inventions8040084>
- [12] Funmilola A., Oluwafemi A. Review of Computer Network Security System. *Network and Complex Systems*. 2015;5(5):40-46. Available at: <https://iiste.org/Journals/index.php/NCS/article/view/22825> (accessed 26.01.2024).
- [13] Ahmad Z., Khan A.S., Shiang C.W., Abdullah J., Ahmad F. Network intrusion detection system: A systematic study of machine learning and deep learning approaches. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*. 2021;32(1):e4150. <https://doi.org/10.1002/ett.4150>
- [14] Ding P.Q., Holliday J.N., Celik A. Improving the security of wireless LANs by managing 802.1x disassociation. In: First IEEE Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2004. Las Vegas, NV, USA; 2004. p. 53-58. <https://doi.org/10.1109/CCNC.2004.1286832>
- [15] Protect the Data. Ch. 6. In: Andress J., Leary M. (eds.) *Building a Practical Information Security Program*. Syngress; 2017. p. 103-123. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802042-5.00007-X>
- [16] Mavrommatis K. Confronting and intrusion detection techniques of cyber-attacks in wired and wireless communication networks. In: *Proceedings of the 26th Pan-Hellenic Conference on Informatics (PCI '22)*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery; 2023. p. 290-295. <https://doi.org/10.1145/3575879.3576007>
- [17] Valadares D.C.G., Sobrinho Á., Will N.C., Gorgônio K.C., Perkusich A. Trusted and only Trusted. That is the Access! In: Barolli L. (eds.) *Advanced Information Networking and Applications. AINA 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*. Vol. 655. Cham: Springer; 2023. p. 490-503. https://doi.org/10.1007/978-3-031-28694-0_47
- [18] Al-Dujaili M., Al-dulaimi M. Fifth-Generation Telecommunications Technologies: Features, Architecture, Challenges and Solutions. *Wireless Personal Communications*. 2023;128:447-469. <https://doi.org/10.1007/s11277-022-09962-x>
- [19] Abu Bakar R., Kijsirikul B. Enhancing Network Visibility and Security with Advanced Port Scanning Techniques. *Sensors*. 2023;23(17): 7541. <https://doi.org/10.3390/s23177541>
- [20] Ryoo J.-d., Long H., Yang Y., Holness M., Ahmad Z., Rhee J.K. Ethernet ring protection for carrier ethernet networks. *IEEE Communications Magazine*. 2008;46(9):136-143. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2008.4623718>
- [21] Nakayama Y., Sezaki K. Per-Flow Throughput Fairness in Ring Aggregation Network with Multiple Edge Routers. *Big Data and Cognitive Computing*. 2018;2(3):17. <https://doi.org/10.3390/bdcc2030017>
- [22] Matusa R., Butkus L., Krilavičius T., Man K.L., Liang H. Improving the teaching of Computer Networks through the incorporation of industry based training courses. In: *Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)*. Bali, Indonesia: IEEE Computer Society; 2013. p. 325-328. <https://doi.org/10.1109/TALE.2013.6654454>
- [23] Zakharov P.A., Romasevich P.V., Smirnova E.V., Shibanov V.A. D-Link Comprehensive Training Solution for Networking Professionals. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2020;16(3):776-787. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25559/SITITO.16.202003.776-787>
- [24] 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. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2019;15(4):894-904. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25559/SITITO.15.201904.894-904>
- [25] Romasevich P.V., Smirnova E.V., Shibanov V.A. Ensuring the Security of Corporate Networks Based on D-Link Equipment. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2023;19(2):430-437. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202302.430-437>

Поступила 26.01.2024; одобрена после рецензирования 20.03.2024; принята к публикации 11.05.2024.

Submitted 26.01.2024; approved after reviewing 20.03.2024; accepted for publication 11.05.2024.

Об авторах:

Смирнова Елена Викторовна, менеджер по образовательным проектам, ООО «Д-Линк Трейд» (129626, Российская Федерация, г. Москва, Графский переулок, д. 14, к. 1), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7823-0701>, esmirnova@dlink.ru

Шибанов Владимир Александрович, консультант по образовательным проектам, ООО «Д-Линк Трейд» (390043, Российская Федерация, г. Рязань, пр-д Шабулина, д. 16), доцент кафедры систем автоматизированного проектирования вычислительных средств, ФГБОУ «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» (390005, Российская Федерация, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2389-4815>, vshibanov@dlink.ru



Ромасевич Павел Владимирович, доцент кафедры телекоммуникационных систем, ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет» (400062, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 100), кандидат технических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3206-2260>**, promasevich@dlink.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the authors:

Elena V. Smirnova, Education Project Manager, D-Link Company (14-1 Grafskij per., Moscow 129626, Russian Federation), Cand. Sci. (Eng.), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7823-0701>**, esmirnova@dlink.ru

Vladimir A. Shibarov, Education Project Consultant, D-Link Company (16 Shabulin's pas., Ryazan 390043, Russian Federation); Associate Professor of Department of Systems of Automated Design of Computational Tools, Ryazan State Radio Engineering University (59/1 Gagarina St., Ryazan 390005, Russian Federation), Cand. Sci. (Eng.), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2389-4815>**, uvshibarov@dlink.ru

Pavel V. Romasevich, Associate professor of Department of Telecommunication systems, Volgograd State University (100 Universitetsky Ave., Volgograd 400062, Russian Federation), Cand. Sci. (Eng.), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3206-2260>**, promasevich@dlink.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

