

УДК 004

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛА И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УСТРОЙСТВ КОММУТАЦИИ И МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КАМПУСНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Мачехин Кирилл Витальевич,

ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», магистрант кафедры информатики и информационных технологий, г. Калуга, machekhinkv@tksu.ru.

Раевский Владимир Алексеевич,

ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», доцент кафедры информатики и информационных технологий, г. Калуга, var-77@mail.ru.

Донецков Анатолий Михайлович,

ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», доцент кафедры информатики и информационных технологий, г. Калуга, donetskovam@tksu.ru.

Сорочан Виталий Викторович,

ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», доцент кафедры информатики и информационных технологий, г. Калуга, sorochanvv@tksu.ru.

Ткаченко Алексей Леонидович,

ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», доцент кафедры информатики и информационных технологий, г. Калуга, tkachenkoal@tksu.ru.

Аннотация

В настоящей статье описывается проблематика, присущая кампусным вычислительным сетям, обосновывается актуальность внедрения сетевой инфраструктуры (кампусной вычислительной сети) одного из крупных образовательных учреждений г. Калуга, построенного по принципу «студенческий городок». Анализируется Техническое задание Заказчика работ и на основании этого конкретизируются необходимые мероприятия. Приводится исследование функциональных возможностей некоторых сетевых устройств L2- и L3-уровня и на основании результатов исследования обосновывается их выбор.

Ключевые слова: кампусная вычислительная сеть, сетевое оборудование, исследование технических характеристик, обоснование выбора.

RESEARCH OF FUNCTIONALITY AND JUSTIFICATION OF CHOICE
SWITCHING AND ROUTING DEVICES FOR IMPLEMENTING A CAMPUS
COMPUTING NETWORK

Kirill V. Machekhin,

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski, Master's Degree Student of the Department of Informatics and Information Technologies, Kaluga city, machekhinkv@tksu.ru.

Vladimir A. Raevsky,

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski, Associate Professor of the Department of Informatics and Information Technologies, Kaluga city, var-77@mail.ru.

Anatoly M. Donetskov,

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski, Associate Professor of the Department of Informatics and Information Technologies, Kaluga city, donetskovam@tksu.ru.

Vitaly V. Sorochan,

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski, Associate Professor of the Department of Informatics and Information Technologies, Kaluga city, sorochanvv@tksu.ru.

Alexey L. Tkachenko,

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski, Associate Professor of the Department of Informatics and Information Technologies, Kaluga city, tkachenkoal@tksu.ru.

ABSTRACT

This article describes the problems inherent in campus computing networks and substantiates the relevance of implementing a network infrastructure (campus computing network) at one of the large educational institutions in Kaluga, which is organized on the principle of a «student town». The article analyzes the technical specifications of the Customer and specifies the necessary measures. It also provides a study of the functionality of certain L2 and L3 network devices and uses the results of the study to justify their selection.

Keywords: campus computing network, network equipment, technical characteristics study, selection justification.

Обоснование актуальности. Для организации-Заказчика описанных в настоящей статье исследовательских мероприятий – одного крупного учреждения высшего образования г. Калуга, – характерно наличие территориально распределенных на сравнительно большой площади зданий: учебные и учебно-лабораторные корпуса, административное здание и общежитие. Таким образом, по территориальной распределенности сеть перестает быть локальной (LAN, Local Area Network) и относится к категории кампусных вычислительных сетей (CAN, Campus Area Network).

По сравнению с локальной сетью для кампусной характерен существенный рост сетевого трафика, формирующегося за счёт большого числа серверных компонентов, рабочих станций преподавательского и административного персонала, ноутбуков и мобильных устройств обучающихся, систем IP-телефонии и т.п. Рост трафика также связан с наличием различных цифровых инфраструктурных служб и сервисов [1].

Кампусная вычислительная сеть должна обеспечивать доступ к цифровым ресурсам как учебного, так и административных процессов, которые реализуются посредством

информационных систем. При отсутствии продуманной сегментации в кампусной сети широковещательный трафик совместно с большим количеством пользовательского порождает конкуренцию за пропускную способность и неуправляемое распространение сбоев, приводящих к ухудшению и деградации производительности работы сети, затрудняется локализация инцидентов для их устранения. Возрастают требования к безопасности: единая плоская сеть не обеспечивает достаточной изоляции трафика между учебным, административным, серверным сегментами сети, а отсутствие централизованного контроля доступа создает предпосылки для несанкционированного подключения устройств и перемещения нарушителя внутри инфраструктуры [2]-[4], [10], [12].

Исходя из вышесказанного, для организации-Заказчика характерно наличие ряда проблем внедрения и дальнейшего администрирования вычислительной сети, что позволяет говорить об актуальности описанных в настоящей статье мероприятий.

Анализ технического задания Заказчика и конкретизация мероприятий. Анализ Технического задания Заказчика позволил конкретизировать необходимые мероприятия.

Во-первых, необходимо разработать проект коммутации в вычислительной сети кампуса. В сетевой инфраструктуре следует обеспечить изоляцию между учебным и административным сетевым трафиком, реализовать предотвращение топологических петель, подмены DHCP-сервера.

Во-вторых, необходимо разработать проект маршрутизации, обеспечивающий межсегментное взаимодействие. Маршрутизация должна выполняться с использованием производительных L3-устройств, способных обрабатывать трафик на высоких скоростях. Маршрутизация также должна использоваться не только как средство доставки пакетов между сегментами, но и реализовывать трансляцию адресов NAT для доступа в Интернет.

В-третьих, необходимо разработать проект службы активного каталога, позволяющий вести каталог учётных записей, управлять политиками доступа, аутентифицировать пользователей; централизованно управлять группами, учётными записями пользователей и предоставлять возможность авторизации для работы на устройствах под управлением ОС Linux.

В-четвертых, необходимо разработать проект по осуществлению контроля, блокировки, фильтрации сетевого трафика, аутентификации пользователей и централизованного управления доступом на межсетевом экране.

В-пятых, необходимо разработать проект по реализации IP-телефонии в локальной вычислительной сети кампуса, обеспечив персонал внутренней и внешней голосовой связью Vo-IP посредством IP-АТС.

Работы по проектированию и внедрению беспроводного сегмента сети были переданы третьему лицу.

Исследование функциональных возможностей и обоснование выбора управляемого коммутатора. В соответствии с ТЗ Заказчика кампусная вычислительная сеть не имеет иерархической модели: присутствуют только коммутаторы уровня доступа, уровень агрегации отсутствует, на уровне ядра функционирует маршрутизатор. В сети будут функционировать компьютерные классы, рабочие места сотрудников, IP-телефония, точки беспроводного доступа, BYOD-устройства, сетевые службы и сервисы.

В этих условиях трафик имеет неоднородный характер, а количество активных подключений может быть значительным, поэтому применение неуправляемой коммутации является недостаточным. Управляемый коммутатор должен не просто обеспечивать подключение устройств, но и предоставлять средства логической сегментации сети, контроля загрузки каналов, наблюдения за состоянием портов и быстрого выявления неисправностей.

Одной из важных функций управляемого коммутатора является поддержка VLAN, которая позволяет разделить учебный, административный, серверный трафик, выделить отдельные подсети для беспроводного доступа. Также необходима поддержка механизма предотвращения петель и защиты от атак, связанных с подменой DHCP-сервера. Следует предусмотреть возможность агрегации каналов LACP, позволяющую повысить пропускную способность и отказоустойчивость соединений. Требуется наличие не менее 48 портов RJ-45 в и 4 портов SFP+. Также существенную роль играют средства удалённого управления и мониторинга, включая SNMP, CLI, web-интерфейс, журналы событий, поскольку без них сопровождение крупной сети кампуса становится значительно сложнее.

Исходя из вышесказанного, рассматривались модели коммутаторов доступа [5]-[7], представленных в таблице 1, на рисунках 1-3.

Таблица 1 – Сравнительный анализ коммутаторов

Модель	Интерфейсы	Производительность	Функции	Краткая оценка
Eltex MES2448B	48 × 10/100/1000BASE-T, 4 × 1/10G SFP+	176 Гбит/с, 130,95 Mpps	VLAN, STP/RSTP, MSTP, LACP, QoS, ACL L2-L4, 802.1X, DHCP Snooping, IP Source Guard, Dynamic ARP Inspection, SNMP, CLI, Web, физическое стекирование до 8 устройств, расширенные L3-функции, включая RIP и OSPFv2	Сбалансированное решение уровня доступа с широкими возможностями управления, защиты и дальнейшего развития сетевой инфраструктуры
Cisco CBS350-48T-4X	48 × Gigabit Ethernet, 4 × 10G SFP+	176 Гбит/с, 130,94 Mpps	VLAN, STP/RSTP/MSTP, LACP, 802.1X, DHCP Snooping, IP Source Guard, DAI, SNMP, CLI, dual image, true stacking до 4 устройств	Функциональная модель с развитым набором сервисов и средствами отказоустойчивости
TP-Link SG3452X	48 × Gigabit RJ45, 4 × 10G SFP+	176 Гбит/с, 130,9 Mpps	VLAN, STP/RSTP/MSTP, LACP, ACL, 802.1X, DHCP Snooping, QoS, Web, CLI, SNMP, интеграция с Omada SDN,	Подходит для типовых задач уровня доступа, но имеет ограниченные возможности маршрутизации

Модель	Интерфейсы	Производительность	Функции	Краткая оценка
			статическая маршрутизация	



Рисунок 1 – Коммутатор Eltex MES2448B



Рисунок 2 – Коммутатор Cisco CBS350-48T-4X



Рисунок 3 – Коммутатор TP-Link SG3452X

Исследование и анализ характеристик коммутаторов, представленных в таблице 1, позволяет сделать следующие выводы. Все рассмотренные модели управляемых коммутаторов способны решать необходимые базовые задачи коммутации. Однако для вычислительной сети кампуса важно наличие запаса по управляемости, средствам контроля доступа и возможностям дальнейшего развития. Cisco CBS350-48T-4X представляет функционально развитый вариант с высокой производительностью, защитных механизмов и стекирования. TP-Link SG3452X уверенно решает базовые задачи, однако имеет меньший резерв для дальнейшего развития сети. Eltex MES2448B выглядит более предпочтительным вариантом, поскольку при той же портовой плотности и близкой производительности предлагает широкий набор механизмов маршрутизации, аутентификации и защиты доступа, поддерживает физическое стекирование до 8 устройств и допускает резервное питание от аккумуляторной батареи. Данная модель в наибольшей степени сочетает требования к производительности, управляемости, безопасности и перспективе дальнейшего развития сети.

Таким образом, обоснованным выбором управляемого коммутатора для кампусной вычислительной сети организации является Eltex MES2448B.

Исследование функциональных возможностей и обоснование выбора маршрутизатора. На уровне ядра решаются задачи, которые в сетевой инфраструктуре кампуса нельзя решить функционалом управляемого коммутатора. Уровень ядра обеспечивает маршрутизацию между крупными сегментами, взаимодействие сегментированной сети с внешней сетью и устойчивость при изменении нагрузки. В инфраструктуре сети кампуса это особенно важно, поскольку передаётся различный трафик учебных сервисов, административных информационных систем, облачных платформ, IP-телефонии, средств видеоконференцсвязи; предоставляется беспроводной доступ к сети мобильным устройствам. Для организации сетевой инфраструктуры высшего учебного заведения необходима базовая маршрутизация с возможностью трансляции локальных внутренних адресов в публичные внешние адреса. Устройство должно

устойчиво работать при высоких нагрузках в роли как пограничного маршрутизатора, так и при необходимости узла агрегации. Необходимо наличие оптических интерфейсов для магистрального подключения по SFP+ и RJ-45 портам, развитых средств журналирования, мониторинга для выявления неполадок в работе сети.

Ключевыми требованиями становится пропускная способность на смешанном трафике, зрелость средств маршрутизации и отказоустойчивости, наличие встроенных механизмов защиты, удобство администрирования, потенциал дальнейшего масштабирования.

Исходя из вышесказанного, рассматривались модели маршрутизаторов, представленных в таблице 2, на рисунках 4-6 [8],[9], [11].

Таблица 2 – Сравнительный анализ маршрутизаторов

Модель	Интерфейсы	Производительность	Функции	Краткая оценка
Huawei NetEngine AR8140	10 × 10GE SFP+, 8 × GE Combo, 4 × GE electrical; все фиксированные порты могут переключаться между WAN и LAN; 4 SIC-слота	Forwarding performance 25 Gbps (NAT+ACL+QoS, IMIX); SD-WAN typical performance 15 Gbps (IMIX) в типовом сценарии; SD-WAN IPsec performance 22 Gbps (IMIX); управление AP до 1024	Интеграция маршрутизации, коммутации, безопасности и беспроводных функций; расширяемость через SIC; централизованное управление, телеметрия, журналы	Сбалансированное решение для узла выхода, кампусной агрегации и дальнейшего развития сетевой инфраструктуры
Cisco Catalyst 8300-2N2S-4T2X	2 × 10GE + 4 × 1GE встроенных L3-порта; 2 SM и 2 NIM-слота; резервируемое питание	IPv4 forwarding до 19.7 Gbps; SD-WAN IPsec до 18.8 Gbps (1400B); отдельные профили производительности для сценариев с NGFW/IPS	Развитая SD-WAN-платформа, API и программируемая архитектура, интегрированная защита Trustworthy Solutions 2.0	Технологически зрелое решение, удобное как эталон сравнения, но с ограничениями по российскому рынку
Eltex ESR-3200	12 портов 1/10/25G SFP/SFP+/SFP2 8, консоль, ООВ; до двух hot-swappable БП	Firewall/routing 21.6 Gbps (IMIX); BGP neighbors до 1k, RIB до 5M, VRF 32	MPLS, BGP, OSPFv3, IPsec, QoS, IDS/IPS, аппаратное ускорение обработки, резервирование питания	Поддерживает магистральные оптические подключения, отечественная альтернатива для задач импортозамещения



Рисунок 4 – Маршрутизатор Huawei NetEngine AR8140



Рисунок 5 – Маршрутизатор Cisco Catalyst 8300-2N2S-4T2X



Рисунок 6 – Маршрутизатор Eltex ESR-3200

Исследование и анализ характеристик маршрутизаторов, представленных в таблице 2, позволяет сделать следующие выводы. Все четыре платформы удовлетворяют требованиям для организации построения сетевой инфраструктуры кампуса. Cisco Catalyst 8300 – производительный пограничный маршрутизатор, представляющий высокий уровень зрелости, модульности и производительности, но Cisco официально остановила продажи в России. Eltex ESR-3200 имеет 12 оптических портов 25G, до двух горячезаменяемых блоков питания. Способен решать не только задачу «выхода в сеть», но и более широкий круг задач магистральной связности и интеграции с высокоскоростными оптическими uplink-сегментами. Huawei NetEngine AR8140 занимает наиболее интересную позицию с точки зрения Технического задания Заказчика: это не упрощенный филиальный маршрутизатор, а высокопроизводительное устройство из линейки NetEngine AR8000, которую Huawei позиционирует для штаб-квартир, крупных филиалов и узлов выхода в сеть. С точки зрения интерфейсной конфигурации AR8140 выглядит существенно более гибким по сравнению с сопоставимыми решениями. Для модели заявлены 10 портов 10GE SFP+, 8 GE Combo и 4 SFP-слота расширения. Устройство обладает высокой производительностью на смешанном трафике, высокой интерфейсной гибкостью для агрегации сети и пограничных сценариев, а также запасом для дальнейшего развития инфраструктуры.

Заключение. Исходя из материалов, представленных в настоящей статье, в соответствии с Техническим заданием Заказчика работ проведено исследование технических характеристик устройств канального и сетевого уровня, применимых в кампусной вычислительной сети образовательного учреждения. На основании проведенного анализа обоснован выбор наиболее предпочтительных устройств: Eltex MES2448B для реализации проекта коммутации и Huawei NetEngine AR8140 для реализации проекта маршрутизации.

Список литературы:

1. Ващенко Б. И., Иванов И. П., Колобаев Л. И., Сюзев В. В. Проектирование сети кампуса. [Текст] / Б. И. Ващенко, И. П. Иванов, Л. И. Колобаев, В. В. Сюзев. – Москва: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2006. – 64 с.
2. Голдовский Я. М. Проектирование кампусных сетей: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника». [Текст] / Я. М. Голдовский. – Москва: МИИТ, 2009. – 130 с.

3. Данилин Г. Г., Зарвигоров Д. А. Оценка качества структур кампусных вычислительных сетей. [Текст] / Г. Г. Данилин, Д. А. Зарвигоров // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2008. – № 2. – С. 90-94.
4. Замуруев И. Н. Проектирование кампусных сетей. [Электронный ресурс] / И. Н. Замуруев // Аллея науки. – 2018. – Т. 5, № 6(22). – С. 1045-1048. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_67907727_36736276.pdf.
5. Коммутатор Cisco SB CBS350-48T-4X-EU. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://network.msk.ru/products/kommutator_cisco_sb_cbs35048t4xeu_.
6. Коммутатор доступа MES2448B. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://eltex.ru/product/kommutator_dostupa_mes2448b/.
7. Коммутатор TP-Link TL-SG3452X. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.dns-shop.ru/product/9126088df780ed20/kommutator-tp-link-tl-sg3452x/?utm_source=google&utm_medium=organic.
8. Маршрутизатор Huawei AR8140-12G10XG - 10 x 10GE (SFP+), 8 x GE Combo, 4 x GE Copper, 4 x SIC, USB3.0. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://networktelecom.ru/cat/product5283/>.
9. Маршрутизатор Cisco C8300-2N2S-4T2X - 2RU с 10G WAN, 2xSM, 2xNIM, 2x10GE, 4x1G. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://networktelecom.ru/cat/product5363/>.
10. Пятаев О. В. Исследование методов структурной оптимизации кампусных сетей: специальность 05.13.17 «Теоретические основы информатики»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. [Текст] / Пятаев Олег Владимирович. – Нижний Новгород, 2001. – 187 с.
11. Сервисный маршрутизатор ESR-3200. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://eltex.ru/product/servisnyy_marshrutizator_esr-3200/.
12. Ткаченко А.Л., Донецков А. М., Раевский В. А., Сорочан В. В. Выявление DOS атаки на Wi-Fi сеть. [Электронный ресурс] / А. Л. Ткаченко, А. М. Донецков, В. А. Раевский, В. В. Сорочан // Вестник Калужского университета. – 2024. – № 2(63). – С. 61-65. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_67857303_70116860.pdf.

References:

1. Vashchenko B. I., Ivanov I. P., Kolobaev L. I., Syuzev V. V. Proektirovanie seti kampusa. [Text] / B. I. Vashchenko, I. P. Ivanov, L. I. Kolobaev, V. V. Syuzev. – Moscow: Moskovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im. N.E. Baumana, 2006. – 64 p. (In Russian).
2. Goldovskij Ya. M. Proektirovanie kampusnykh setej : uchebnoe posobie dlya studentov, obuchayushchikhsya po napravleniyu «Informatika i vychislitel'naya tekhnika». [Text] / Ya. M. Goldovskij. – Moscow: МИИТ, 2009. – 130 p.
3. Danilin G. G., Zarvigorov D. A. Estimation of structural quality of campus computation networks. [Text] / G. G. Danilin, D. A. Zarvigorov // Vestnik Moskovskogo energeticheskogo instituta. Vestnik MEI. – 2008. – № 2. – P. 90-94. (In Russian).
4. Zamuruev I. N. Design of campus area network. [Electronic resource] / I. N. Zamuruev // Alleya nauki. – 2018. – Vol. 5, № 6(22). – P. 1045-1048. Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_67907727_36736276.pdf. (In Russian).

5. Kommutator Cisco SB CBS350-48T-4X-EU. [Electronic resource]. Access mode: https://network.msk.ru/products/kommutator_cisco_sb_cbs35048t4xeu_. (In Russian).
6. Kommutator dostupa MES2448B. [Electronic resource]. Access mode: https://eltex.ru/product/kommutator_dostupa_mes2448b/. (In Russian).
7. Kommutator TP-Link TL-SG3452X. [Electronic resource]. Access mode: https://www.dns-shop.ru/product/9126088df780ed20/kommutator-tp-link-tl-sg3452x/?utm_source=google&utm_medium=organic. (In Russian).
8. Marshrutizator Huawei AR8140-12G10XG - 10 x 10GE (SFP+), 8 x GE Combo, 4 x GE Copper, 4 x SIC, USB3.0. [Electronic resource]. Access mode: <https://networktelecom.ru/cat/product5283/>. (In Russian).
9. Marshrutizator Cisco C8300-2N2S-4T2X - 2RU s 10G WAN, 2xSM, 2xNIM, 2x10GE, 4x1G. [Electronic resource]. Access mode: <https://networktelecom.ru/cat/product5363/>. (In Russian).
10. Pyataev O. V. Issledovanie metodov strukturnoj optimizatsii kampusnykh setej : spetsial'nost' 05.13.17 «Teoreticheskie osnovy informatiki» : dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. [Text] / Pyataev Oleg Vladimirovich. – Nizhniy Novgorod, 2001. – 187 p. (In Russian).
11. Servisnyj marshrutizator ESR-3200. [Electronic resource]. Access mode: https://eltex.ru/product/servisnyy_marshrutizator_esr-3200/. (In Russian).
12. Tkachenko A.L., Donetkov A.M., Rayevsky V.A., Sorochan V.V. Detecting a dos attack on a Wi-Fi network [Electronic resource] / A.L. Tkachenko, A.M. Donetkov, V.A. Rayevsky, V.V. Sorochan // Vestnik Kaluzhskogo universiteta. – 2024. – № 2(63). – P. 61-65. Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_67857303_70116860.pdf. (In Russian).