УНИВЕРСИТЕТСКАЯ СЕРИЯ

КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

УНИВЕРСИТЕТ СИНЕРГИЯ

УДК 004.7(075.32)
ББК 32.973.202
К63

Рецензенты:
Коськин А.В. – директор департамента информатизации и перспективного развития ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева», доктор технических наук, профессор
Машегов П.Н. – профессор кафедры информационного менеджмента и информационных коммуникационных технологий им. В.В. Дика, доктор экономических наук

Авторский коллектив:
Алексахин А.Н., канд. пед. наук – § 1.1; **Алексахина С.А.** – § 1.2; **Батищев А.В.**, канд. экон. наук – § 2.1; **Буланова Т.А.**, д-р тех. наук – § 5.1; **Дорофеев О.В.**, канд. тех. наук – § 5.1; **Захаров А.В.**, канд. экон. наук – § 11.5; **Корепанова В.С.**, канд. тех. наук – § 6.3; **Култыгин О.П.**, канд. экон. наук – § 6.2; **Люблинская Н.Н.**, канд. тех. наук – введение, § 6.1, заключение; **Малиничев Д.М.**, канд. тех. наук – § 11.3; **Мекшенева Ж.В.**, канд. экон. наук – § 11.4; **Нечаев А.М.**, канд. воен. наук – § 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 8.1, 8.2, 8.3, 9.1, 9.2, 9.3, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6; **Прокимнов Н.Н.**, канд. тех. наук – § 1.3; **Ратанова О.В.** – § 11.6; **Ребус Н.А.** – § 5.3; **Терехова Л.А.**, канд. пед. наук – § 2.3; **Трубин А.Е.**, канд. экон. наук – § 2.2; **Филимонова Е.В.**, канд. пед. наук – § 5.4; **Чантурия Г.Т.** – § 11.1; **Чепрасова А.С.** – § 11.2

К63 Компьютерные сети: учебник / А.М. Нечаев, А.В. Батищев, А.Е. Трубин и др.; под общ. ред. А.М. Нечаева: – Москва: Университет «Синергия», 2023. – 312 с. – DOI: 10.37791/978-5-4257-0558-7-2023-1-312.

ISBN 978-5-4257-0558-7

Учебник подойдет начинающим изучение сетевых технологий. Он знакомит с основами построения и функционирования компьютерных сетей на примере сетевого оборудования Cisco и Huawei. В нем описаны базовые компоненты сети, основные принципы передачи данных, технологии взаимодействия сетей между собой. Учебник предназначен для обучающихся по специальностям 09.02.07 «Информационные системы и программирование», 09.02.04 «Информационные системы (по отраслям)», 09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы», 09.02.02 «Компьютерные сети», 09.02.03 «Программирование в компьютерных системах», 09.02.05 «Прикладная информатика (по отраслям)». Кроме того, будет полезен для самостоятельного изучения вопросов эксплуатации сетевого оборудования Cisco и Huawei.

УДК 004.7(075.32)
ББК 32.973.202

ISBN 978-5-4257-0558-7

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1.
ОСНОВЫ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Коммуникации существуют с самого зарождения человеческого общества. Они играют все более важную роль, особенно с наступлением информационной эры с 1970–1980-х гг.

Под коммуникациями понимается связь, осуществляемая через сеть передачи данных. В главе описываются понятия, связанные с коммуникациями и сетью передачи данных, процессом передачи информации, сетевыми устройствами и их функциями, типами сетей и типовыми сетями. Кроме того, дается кратко описание понятий, относящихся к сетевой инженерии и работе сетевых инженеров, обучаемых в сетевых академиях Huawei и Cisco.

1.1. Связь и сети

Коммуникации – это передача информации и обмен ею между людьми, между людьми и вещами, а также между вещами через определенные средства и поведение. Под сетевой связью понимается соединение между конечными устройствами через компьютерную сеть. Можно привести следующие примеры сетевой связи (рис. 1).

A. Два персональных компьютера (ПК), соединенных сетевым кабелем, образуют простейшую сеть.

B. Небольшая сеть, состоящая из маршрутизатора (или коммутатора) и нескольких ПК. В такой сети файлы могут свободно передаваться между любыми двумя компьютерами через маршрутизатор или коммутатор.

C. Для загрузки файла с веб-сайта компьютер должен быть подключен к Интернету.

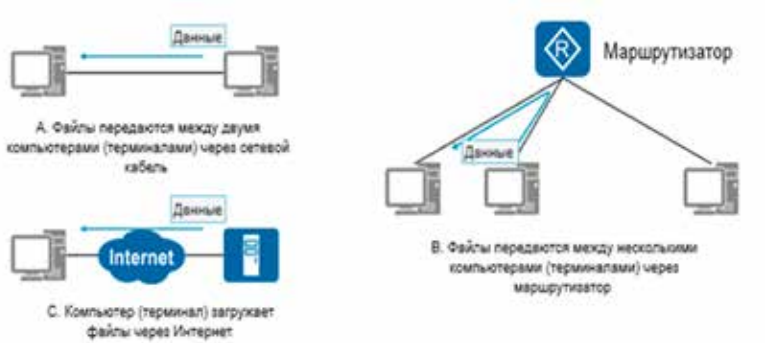

Рис. 1. Примеры сетевой связи

Интернет является крупнейшей компьютерной сетью в мире. Его предшественница, сеть ARPAnet, появилась в 1969 г. Широкая популяризация и применение Интернета являются одним из ключевых этапов информационной эпохи. Сравним экспресс-доставку реальных объектов и сетевую связь. Аналог реальных объектов в экспресс-доставке (см. рис. 2).

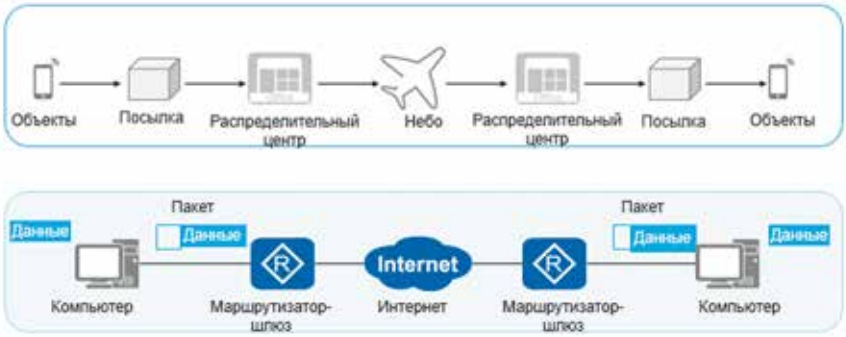

Рис. 2. Процесс передачи данных

Реальные объекты упаковываются в посылки, к ним прилагается бланк доставки, содержащий имя и адрес грузополучателя. По аналогии приложение упаковывает данные, добавляя заголовок и концевик для формирования пакета данных. Важной информацией в пакете является адрес получателя, т. е. адрес назначения. Процесс добавления одних блоков данных в другой для формирования нового блока данных называется инкапсуляцией. Посылки отправляются в распределительный центр, где они сортируются по адресам назначения, причем те, что должны следовать в один город, размещаются в одной группе.

По аналогии пакет с данными доходит до маршрутизатора (шлюза) с помощью сетевого кабеля. После получения пакета шлюз декапсулирует пакет, считывает адрес назначения и затем повторно инкапсулирует пакет. Потом пакет отправляется следующему маршрутизатору согласно адресу назначения. После прохождения через граничный шлюз пакет покидает локальную сеть и попадает в Интернет для передачи.

Сетевой кабель можно сравнить с автомобильной магистралью. Он является средой передачи информации (данных).

По прибытии в аэропорт назначения посылки (содержащие реальные объекты) отвозятся для сортировки, а посылки, направляемые в один и тот же район, отправляются в один распределительный центр.

По аналогии, после того как пакет через Интернет достигает локальную сеть, в которой находится адрес назначения, шлюз или маршрутизатор локальной сети декапсулирует и инкапсулирует пакет, а затем отправляет его на следующий маршрутизатор в соответствии с адресом назначения.

Наконец, пакет достигает шлюза (маршрутизатора) сети, в которой находится компьютер назначения.

Распределительный центр сортирует посылки на основе адресов назначения. Курьеры доставляют посылки получателям. Каждый получатель распаковывает посылку и принимает ее, убедившись, что объекты не повреждены. Таким образом завершается процесс доставки.

По аналогии, когда пакет достигает шлюза сети, в которой находится компьютер назначения, пакет декапсулируется и инкапсулируется, а затем отправляется на соответствующий компьютер по адресу назначения. Получив пакет, компьютер проверяет его. Если пакет прошел проверку, компьютер принимает пакет и отправляет его содержимое (полезную нагрузку) в соответствующее приложение для обработки. Таким образом завершается процесс сетевой связи.

Очень часто в литературе встречаются термины, имеющие одно название, но разные по содержанию. В настоящем учебнике будет использоваться следующая терминология (табл. 1).

Таблица 1

Общие термины

Термин	Описание
Полезная нагрузка	Передаваемая информация (данные)
Пакет	Блок данных, коммутируемый и передаваемый по сети
Заголовок	Блок данных, добавляемый перед полезной нагрузкой
Концевик	Блок данных, добавляемый после полезной нагрузки
Инкапсуляция	Процесс добавления заголовка и концевика к полезной нагрузке для формирования нового пакета
Декапсуляция	Процесс удаления заголовка и концевика пакета для получения полезной нагрузки
Шлюз	Сетевое устройство, обеспечивающее такие функции, как преобразование протоколов, выбор маршрута и обмен данными
Маршрутизатор	Сетевое устройство, которое выбирает путь пересылки для пакетов
Конечное устройство	Устройство системы передачи данных, используемое в качестве отправителя или получателя данных

Полезная нагрузка: ее можно рассматривать в качестве передаваемой информации. Однако в иерархической связи блок данных (пакет), передаваемый с верхнего уровня на нижний уровень, может называться полезной нагрузкой для нижнего уровня.

Пакет – блок данных для обмена и передачи по сети. Формат: заголовок + полезная нагрузка + концевик. Во время передачи формат и содержание пакетов могут меняться.

Заголовок – блок данных, добавляемый перед полезной нагрузкой данных во время сборки пакета для упрощения передачи информации. Концевик – блок данных, добавляемый после полезной нагрузки для облегчения передачи информации. Обратите внимание, что многие пакеты не имеют хвостов.

Инкапсуляция – технология, используемая многоуровневыми протоколами. Когда протокол нижнего уровня получает сообщение от протокола верхнего уровня, данное сообщение добавляется к данным кадра нижнего уровня.

Декапсуляция – обратный процесс инкапсуляции. Заголовок и хвост пакета удаляются для получения полезной нагрузки.

Шлюз – сетевое устройство, которое обеспечивает такие функции, как преобразование протоколов, выбор маршрута и обмен данными, когда сети, использующие различные архитектуры или протоколы, взаимодействуют друг с другом. Термин «шлюз» относится не к определенному типу устройства, а к устройствам с определенным местоположением и функциональностью.

Маршрутизатор – сетевое устройство, которое выбирает путь передачи пакета.

Конечное устройство – конечное устройство системы передачи данных. Являясь отправителем или получателем данных, конечное устройство обеспечивает необходимые функции, требуемые операциями протокола доступа пользователя. Конечным устройством может быть компьютер, сервер, IP-телефон или мобильный телефон.

Сеть передачи данных – коммуникационная сеть, состоящая из маршрутизаторов, коммутаторов, межсетевых экранов, контроллеров доступа (АС), точек доступа (АР), ПК, сетевых принтеров и серверов (рис. 3).

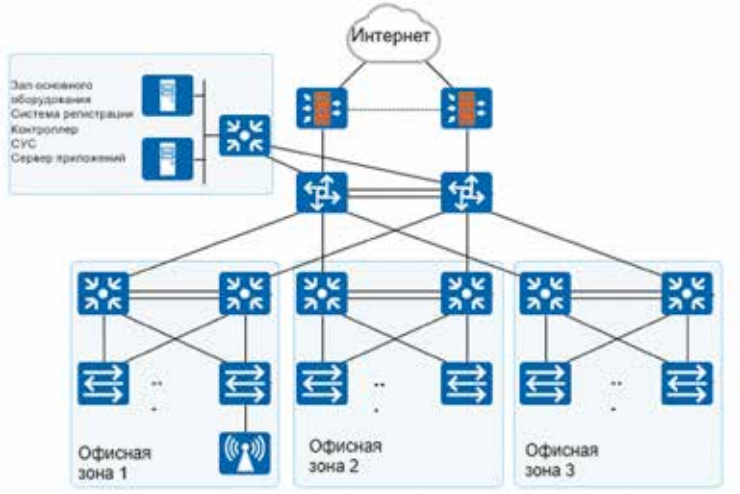

Рис. 3. Концепция сети передачи данных

Коммутатор – устройство, наиболее близкое к конечным пользователям, которое используется для доступа к сети и коммутации кадров

данных (рис. 4), например, обеспечения доступа к сети для конечных устройств (например, ПК и серверов).

Рис. 4. Коммутатор

В кампусной сети коммутатор является устройством, ближайшим к конечным пользователям, он используется для подключения терминалов к кампусной сети. Коммутаторы уровня доступа обычно являются коммутаторами уровня 2 и также называются ethernet-коммутаторами. Уровень 2 относится к канальному уровню в эталонной модели TCP/IP.

Ethernet-коммутатор может выполнять следующие функции: коммутация кадров данных, доступ устройств конечных пользователей, основные функции обеспечения безопасности доступа и резервирование канала уровня 2.

При этом необходимо указать, что широковещательный домен – набор узлов, которые могут получать широковещательные пакеты от другого узла.

Маршрутизатор – устройство сетевого уровня, которое пересылает пакеты данных в IP-сетях (рис. 5). На основе адреса назначения в полученном пакете маршрутизатор выбирает путь для отправки пакета следующему маршрутизатору или хосту назначения. Последний маршрутизатор в пути отвечает за отправку пакета на хост назначения.

Рис. 5. Маршрутизатор

Изоляция широковещательных доменов. Поддержка таблицы маршрутизации и работающих протоколов маршрутизации. Выбор маршрутов и пересылка IP-пакетов. Реализация доступа к глобальной сети (WAN) и преобразование сетевых адресов. Соединение сетей 2-го уровня, организованных через коммутаторы.

Маршрутизаторы работают на сетевом уровне эталонной модели TCP/IP. Маршрутизаторы могут выполнять следующие функции: поддержка таблицы маршрутизации и маршрутной информации, обнаружение и выбор маршрутов, переадресация данных, изоляция широковещательного домена, доступ к глобальной сети, преобразование сетевых адресов и специальные функции обеспечения безопасности.

Межсетевой экран – устройство обеспечения сетевой безопасности, используемое для обеспечения безопасной связи между двумя сетями, например, между интернет- и локальной сетью (доверительной зоной) (рис. 6). Он отслеживает, ограничивает и изменяет проходящие через него потоки данных для защиты информации, структуры и рабочего состояния внутренних сетей от сети общего пользования; реализует изоляцию сетей с различными уровнями безопасности. Реализация контроля доступа (с использованием политик безопасности) между сетями различных уровней безопасности, аутентификации личности пользователя, удаленного доступа, поддержки шифрования данных и VPN, преобразования сетевых адресов и других функций безопасности.

Рис. 6. Межсетевой экран

Межсетевой экран расположен между двумя сетями с различными уровнями доверия (например, между интранетом и Интернетом). Он контролирует связь между двумя сетями и принудительно реализует

унифицированные политики безопасности для предотвращения несанкционированного доступа к важным информационным ресурсам.

Для доступа к беспроводным устройствам создана беспроводная локальная сеть. В широком смысле беспроводная локальная сеть – это сеть, которая использует радиоволны, лазерные и инфракрасные сигналы для замены некоторых или всех носителей (среды передачи) в проводной локальной сети. Wi-Fi – беспроводная технология на базе семейства стандартов IEEE 802.11. В беспроводной локальной сети стандартные устройства включают точки доступа Fat AP, Fit AP и контроллеры доступа (рис. 7).

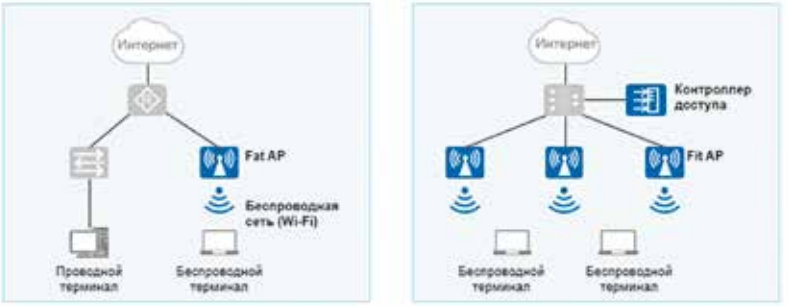

Рис. 7. Беспроводные устройства

Главными задачами точки доступа является как правило, поддерживать режимы Fat AP, Fit AP и облачные режимы управления. Вы можете гибко переключаться между этими режимами в соответствии с требованиями сетевого планирования.

Fat AP: этот режим применяется в домах. Работает независимо, необходимо настраивать отдельно. Режим обладает простыми функциями, имеет низкие затраты.

Fit AP: применяется для средних и крупных предприятий. Для работы требуется контроллер доступа, через который осуществляется управление и настройка режима.

Облачное управление: применяется для малых и средних предприятий. Для единого управления и настройки требуется взаимодействие с облачной платформой управления. Режим предоставляет различные функции и поддерживает автоматическую настройку и запуск в работу (plug-and-play).

Как правило, контроллер доступа развертывается на уровне агрегации всей сети для обеспечения высокоскоростных, безопасных и надежных услуг беспроводной локальной сети.

Контроллер доступа предоставляет услуги беспроводного управления данными с большой емкостью, высокой производительностью,

надежностью, простотой установки и техобслуживания. Он обеспечивает гибкую организацию сети и энергосбережение.

1.2. Типы сетей и типы топологии

В зависимости от географического охвата сети подразделяются на локальные вычислительные сети (LAN), городские вычислительные сети (MAN) и глобальные вычислительные сети (WAN) (рис. 8).

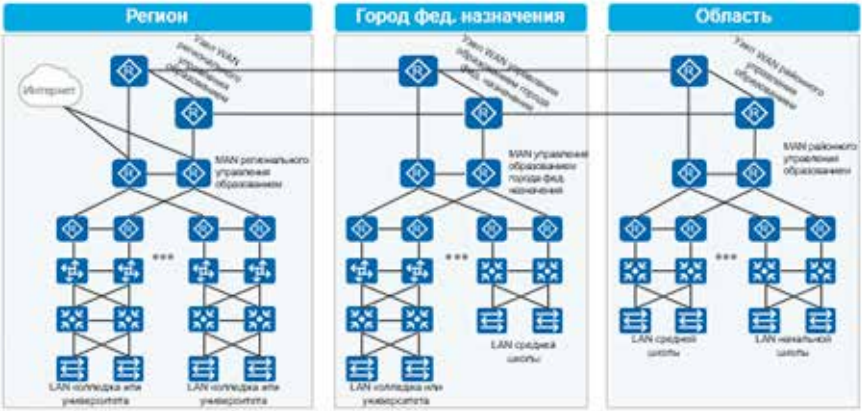

Рис. 8. LAN, MAN и WAN в сфере образования

LAN (Local Area Network) – это сеть, состоящая из компьютеров, серверов и сетевых устройств в географической зоне. Зона покрытия LAN обычно составляет несколько тысяч квадратных метров.

Основная функция заключается в соединении нескольких терминалов, которые находятся близко друг к другу (в доме, в одном или нескольких зданиях, например в кампусе). Используемые технологии: Ethernet и Wi-Fi.

Типичные LAN: офисная сеть компании, сеть кибер-кафе, домашняя сеть.

MAN (Metropolitan Area Network) – это компьютерная коммуникационная сеть, созданная внутри города. Типичные MAN: широкополосные MAN, образовательные MAN, а также частные линии электронного правительства в муниципалитете или городском округе.

Основные характеристики MAN

MAN – это крупная локальная сеть, требующая больших затрат, но способная обеспечить более высокую скорость передачи данных. Она расширяет область доступа локальных сетей (может охватить университетский кампус или город) и обладает более высокими характеристиками среды передачи. Основная функция заключается в подключении хостов, баз

данных и локальных сетей в разных местах в одном городе. Функции MAN аналогичны функциям WAN, за исключением режимов реализации и производительности. Используемые технологии: например, Ethernet (10 Гбит/с или 100 Гбит/с) и WiMAX.

WAN обычно охватывает территорию в несколько километров или больше (например, тысячи километров). В основном используется для соединения нескольких LAN или MAN, которые находятся далеко друг от друга (например, между городами или странами). Используются линии связи операторов связи. Используемые технологии: HDLC и PPP.

Топология сети представляет собой структурированную схему, представленную с использованием среды передачи (такой, например, как витые пары или оптические волокна) для соединения различных устройств (таких как компьютеры, маршрутизаторы и коммутаторы) (рис. 9).

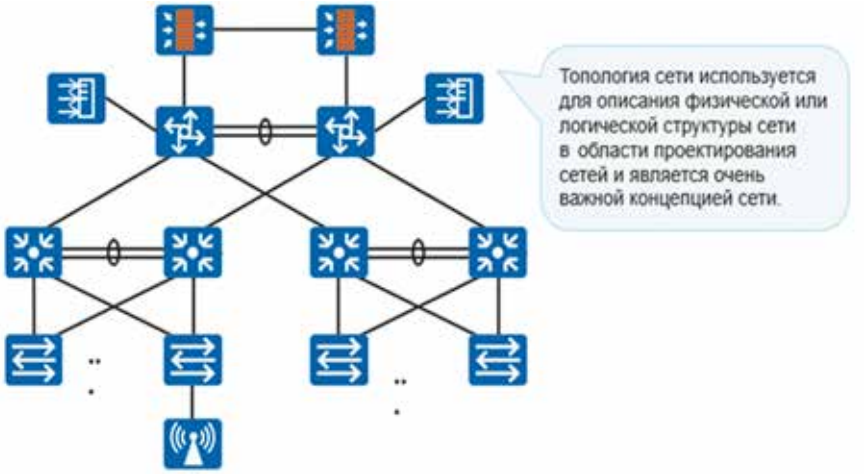

Рис. 9. Топологии сетей

При организации компьютерной сети исключительно важным является выбор топологии (рис. 10), т. е. компоновки сетевых устройств и кабельной инфраструктуры. Нужно выбрать такую топологию, которая обеспечила бы надежную и эффективную работу сети, удобное управление потоками сетевых данных. Желательно также, чтобы сеть по стоимости создания и сопровождения получилась недорогой, но в то же время оставались возможности для ее дальнейшего расширения и желательно для перехода к более высокоскоростным технологиям связи. Чтобы ее решить, необходимо знать, какие вообще бывают сетевые топологии. Заметим, что при этом следует различать понятия физической

топологии, т. е. способа размещения компьютеров, сетевого оборудования и их соединения с помощью кабельной инфраструктуры, и логической топологии – структуры взаимодействия компьютеров и характера распространения сигналов по сети.

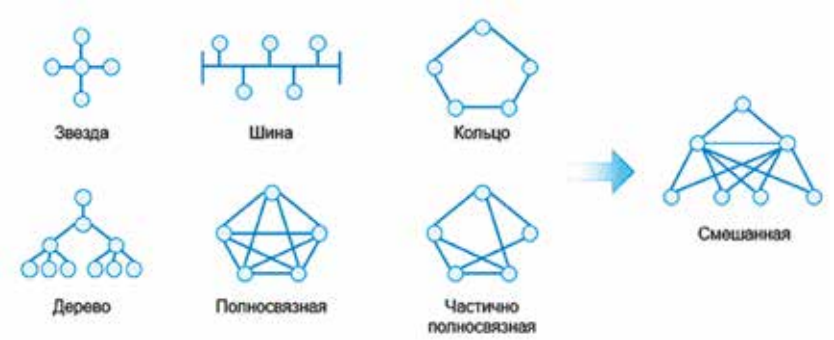

Рис. 10. Типы топологий сети

Самыми распространенными на практике являются три базовые топологии, на основе которых строится большинство сетей: «шина», «кольцо» и «звезда».

«Шина». В этой топологии все компьютеры соединяются друг с другом одним кабелем. Посланные в такую сеть данные передаются всем компьютерам, но обрабатывает их только тот компьютер, аппаратный MAC-адрес сетевого адаптера которого записан в кадре как адрес получателя.

Эта топология исключительно проста в реализации и дешева (требует меньше всего кабеля), однако имеет ряд существенных недостатков.

Недостатки сетей типа «шина» в том, что такие сети трудно расширять (увеличивать число компьютеров в сети и количество сегментов – отдельных отрезков кабеля, их соединяющих).

Поскольку «шина» используется совместно, в каждый момент времени передачу может вести только один из компьютеров. Если передачу одновременно начинают два или больше компьютеров, возникает искажение сигнала (столкновение, или коллизия), приводящее к повреждению всех кадров. Тогда компьютеры вынуждены приостанавливать передачу, а затем по очереди ретранслировать данные. Влияние столкновений тем заметнее, чем выше объем передаваемой по сети информации и чем больше компьютеров подключено к «шине». Оба этих фактора, естественно, снижают как максимально возможную, так и общую производительность сети, замедляя ее работу. «Шина» является пассивной топологией: компьютеры только «слушают» кабель и не могут восстанавливать затухающие при передаче по сети сигналы. Чтобы

удлинить сеть, нужно использовать повторители (репитеры), усиливающие сигнал перед его передачей в следующий сегмент. Надёжность сети с топологией «шина» невысока. Когда электрический сигнал достигает конца кабеля, он (если не приняты специальные меры) отражается, нарушая работу всего сегмента сети. Чтобы предотвратить такое отражение сигналов, на концах кабеля устанавливаются специальные резисторы (терминаторы), поглощающие сигналы. Если же в любом месте кабеля возникает обрыв, – например, при нарушении целостности кабеля или просто при отсоединении коннектора, – то возникают два незатерминированных сегмента, на концах которых сигналы начинают отражаться, и вся сеть перестаёт работать.

«Кольцо». В данной топологии каждый компьютер соединяется с двумя другими так, чтобы от одного он получал информацию, а второму передавал ее. Последний компьютер подключается к первому, и кольцо замыкается. Здесь так же, как и для сетей с топологией «шина», недостатки несколько перевешивают достоинства, в результате чего популярные ранее кольцевые сети теперь используются гораздо реже (табл. 2).

Таблица 2

Преимущества и недостатки сетей с топологией «кольцо»

Преимущества	Недостатки
Поскольку у кабелей в этой сети нет свободных концов, терминаторы здесь не нужны; Каждый компьютер выступает в роли повторителя, усиливая сигнал, что позволяет строить сети большой протяженности; Из-за отсутствия столкновений топология обладает высокой устойчивостью к перегрузкам, обеспечивая эффективную работу с большими потоками передаваемой по сети информации	Сигнал в «кольце» должен пройти последовательно (и только в одном направлении) через все компьютеры, каждый из которых проверяет, не ему ли адресована информация, поэтому время передачи может быть достаточно большим; Подключение к сети нового компьютера часто требует ее остановки, что нарушает работу всех других компьютеров; Выход из строя хотя бы одного из компьютеров или устройств нарушает работу всей сети; Обрыв или короткое замыкание в любом из кабелей кольца делает работу всей сети невозможной; Чтобы избежать остановки работы сети при отказе компьютеров или обрыве кабеля, обычно прокладывают два кольца, что существенно удорожает сеть

Топология «звезда». Эта топология возникла на заре вычислительной техники, когда к мощному центральному компьютеру подключались все остальные абоненты сети. В такой конфигурации все потоки данных шли исключительно через центральный компьютер; он же полностью отвечал за управление информационным обменом между всеми участниками сети. Конфликты при такой организации взаимодействия в сети были невозможны, однако нагрузка на центральный компьютер была столь велика, что ничем другим, кроме обслуживания сети, этот

компьютер, как правило, не занимался. Выход его из строя приводил к отказу всей сети, тогда как отказ периферийного компьютера или обрыв связи с ним на работе остальной сети не сказывался. Сейчас такие сети встречаются довольно редко. Гораздо более распространенной сегодня топологией является похожий вариант – «**звезда-шина**», или «**пассивная звезда**» (см. рис. 11).

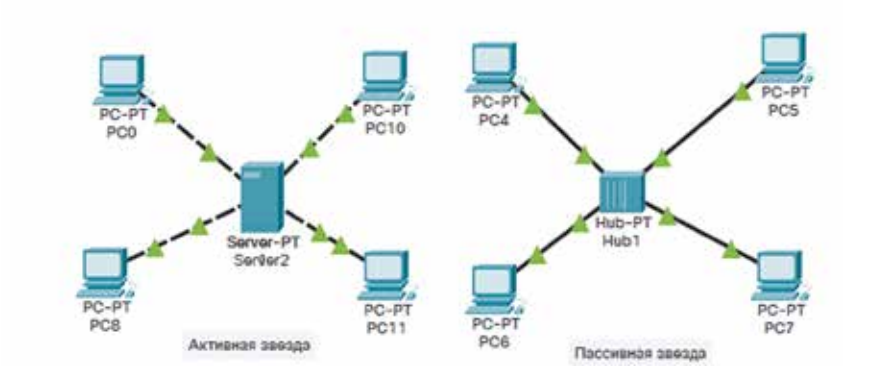

Рис. 11. Топологии «активная звезда» и «пассивная звезда»

В данной топологии периферийные компьютеры подключаются не к центральному компьютеру (активная звезда), а к пассивному концентратору, или хабу (hub). Последний, в отличие от центрального компьютера, никак не отвечает за управление обменом данными, а выполняет те же фунции, что и повторитель, т. е. восстанавливает приходящие сигналы и пересылает их всем остальным подключенным к нему компьютерам и устройствам. Именно поэтому данная топология хотя физически и выглядит как «звезда-шина», логически является топологией «шина» (что и отражено в ее названии). Несмотря на больший расход кабеля, характерный для сетей типа «звезда», эта топология имеет существенные преимущества перед остальными, что и обусловило ее широчайшее применение в современных сетях.

Преимуществом сетей типа «звезда-шина» является:

Надежность – подключение к центральному концентратору и отключение компьютеров от него никак не отражается на работе остальной сети; обрывы кабеля влияют только на единичные компьютеры; терминаторы не требуются.

Легкость при обслуживании и устранении проблем – все компьютеры и сетевые устройства подключаются к центральному соединительному устройству, что существенно упрощает обслуживание и ремонт сети.

Защищенность – концентрация точек подключения в одном месте позволяет легко ограничить доступ к жизненно важным объектам сети.

Отметим, что при использовании вместо концентраторов более «интеллектуальных» сетевых устройств (мостов, коммутаторов и маршрутизаторов) получается «промежуточный» тип топологии между «активной звездой» и «пассивной звездой». В этом случае устройство связи не только ретранслирует поступающие сигналы, но и производит управление их обменом.

Однако особо следует выделить **топологию «дерево» (tree)**, которую можно рассматривать как объединение нескольких «звезд» (см. рис. 10). Именно эта топология сегодня является наиболее популярной при построении локальных сетей.

Наконец, следует упомянуть о **полносвязанной**, частично **полносвязанной** и **смешанной** (в иных источниках такая топология называется **сеточной** (**mesh**) **топологии**, в которой все либо многие компьютеры и другие устройства соединены друг с другом напрямую. Такая топология исключительно надежна: при обрыве любого канала передача данных не прекращается, поскольку возможно *несколько маршрутов доставки информации.* Сеточные топологии (чаще всего не полные, а частичные) используются там, где требуется обеспечить *максимальную отказоустойчивость* сети, например при объединении нескольких участков сети крупного предприятия или при подключении к Интернету, хотя за это, конечно, приходится платить: существенно увеличивается расход кабеля, усложняется сетевое оборудование и его настройка.

С сетевой топологией тесно связано понятие способа доступа к среде передачи, под которым понимается набор правил, определяющих, как именно компьютеры должны отправлять и принимать данные по сети. Таких способов возможно несколько. Основными из них являются:

- множественный доступ с контролем несущей и обнаружением столкновений;
- множественный доступ с контролем несущей и предотвращением столкновений;
- передача маркера.

При множественном доступе с контролем несущей и обнаружением столкновений (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD) все компьютеры (множественный доступ) «слушают» кабель (контроль несущей), чтобы определить, передаются по нему данные или нет. Если кабель свободен, любой компьютер может начать передачу; тогда все остальные компьютеры должны ждать, пока кабель не освободится. Если компьютеры начали передачу одновременно и возникло столкновение, все они приостанавливают передачу (обнаружение столкновений), каждый на разные промежутки времени, после чего ретранслируют данные.

Серьезным недостатком этого способа доступа является то, что при большом количестве компьютеров и высокой нагрузке на сеть число столкновений возрастает, а пропускная способность падает, иногда очень существенно.

Однако этот метод очень прост в технической реализации, поэтому именно он используется в наиболее популярной сегодня технологии Ethernet. А чтобы уменьшить количество столкновений, в современных сетях применяются такие устройства, как мосты, коммутаторы и маршрутизаторы.

Метод множественного доступа с контролем несущей и предотвращением столкновений (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA) отличается от предыдущего тем, что перед передачей данных компьютер посылает в сеть специальный небольшой пакет, сообщая остальным компьютерам о своем намерении начать трансляцию. Так другие компьютеры «узнают» о готовящейся передаче, что позволяет избежать столкновений. Конечно, эти уведомления увеличивают общую нагрузку на сеть и снижают ее пропускную способность (из-за чего метод CSMA/CA работает медленнее, чем CSMA/CD), однако они, безусловно, необходимы для работы, например, беспроводных сетей.

В сетях с передачей маркера (Token Passing) от одного компьютера к другому по кольцу постоянно курсирует небольшой блок данных, называемый маркером. Если у компьютера, получившего маркер, нет информации для передачи, он просто пересылает его следующему компьютеру. Если же такая информация имеется, компьютер «захватывает» маркер, дополняет его данными и отсылает все это следующему компьютеру по кругу. Такой информационный пакет передается от компьютера к компьютеру, пока не достигает станции назначения. Поскольку в момент передачи данных маркер в сети отсутствует, другие компьютеры уже не могут ничего передавать. Поэтому в сетях с передачей маркера невозможны ни столкновения, ни временные задержки, что делает их весьма привлекательными для использования в системах автоматизации работы предприятий.

Рассмотрев наиболее часто используемые сегодня сетевые топологии и методы доступа, необходимо принимать во внимание и другие факторы, определяющие выбор нужного типа сети, а именно:

- уже имеющуюся кабельную систему и оборудование. Есть ли в вашем доме, школе, офисе сеть, которую нужно просто расширить, или у вас имеются только отдельные компьютеры;
- физическое месторасположение. Важно учитывать, как расположены компьютеры и где вы собираетесь разместить сетевое оборудование. Объединить компьютеры в одной комнате довольно просто, однако, если ваши компьютеры располагаются на разных

этажах здания или даже в нескольких зданиях, наилучшую конфигурацию сети и ее топологию следует тщательно продумать;

- размеры планируемой сети. Если у вас имеется лишь несколько компьютеров, структура сети будет довольно простой. Если же компьютеров сотни или тысячи, то, скорее всего, придется остановить свой выбор на сложной гибридной топологии;
- объем и тип информации для совместного использования. Если между компьютерами передаются большие файлы – музыкальные, видео- или графические, то вам потребуется высокоскоростная сеть, позволяющая быстро и без задержек передавать такие объемы информации.

Подавляющее большинство современных сетей используют топологию «звезда» или гибридную топологию, представляющую собой объединение нескольких «звезд» (например, топологию типа «дерево»), и метод доступа к среде передачи CSMA/CD (множественный доступ с контролем несущей и обнаружением столкновений), например, сеть кампуса.

Сеть кампуса[1] – это локальная сеть (LAN), которая соединяет людей и предметы в определенной области (рис. 12). Как правило, сеть кампуса имеет только один объект управления. Если в области имеется несколько записей управления, считается, что в этой области имеется несколько сетей кампуса.

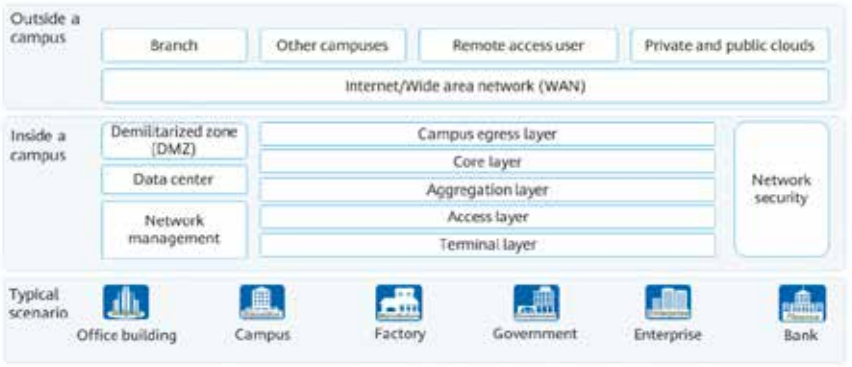

Рис. 12. Кампусная сеть[2]

[1] Сеть кампуса [Электронный ресурс] // HCIA-Datacom V1.0 (Russian) Сетевой академии Huawei. [2020–2021]. Дата обновления: 30.11.2021. – URL: https://talent.huaweiuniversity.com/portal/micro/course-v1: HuaweiX+ EBG2021CCHW1100034+microcourse/about?blockID=e29012f00cd041f08ff8c30ce5d8cb47 (дата обращения: 30.11.2021).

[2] Сеть кампуса [Электронный ресурс] // HCIA-Datacom V1.0 (Russian) Сетевой академии Huawei. [2020–2021]. Дата обновления: 30.11.2021. – URL: https://talent.huaweiuniversity.com/portal/micro/course-v1:HuaweiX+EBG2021CCHW1100034+microcourse/about?blockID=e29012f00cd041f08ff8c30ce5d8cb47 (дата обращения: 30.11.2021).

Масштаб сети кампуса может быть гибким в зависимости от реальных требований. Это может быть небольшой домашний офис, школьный кампус, корпоративный городок, парк или торговый центр. Однако кампусную сеть нельзя масштабировать до бесконечности. Обычно большие кампусы, такие как университетские городки и промышленные городки, ограничены несколькими квадратными километрами. Такие сети кампусов могут быть построены с использованием технологии локальной вычислительной сети (LAN). Сеть кампуса за пределами этой области обычно считается сетью мегаполиса (MAN) и построена с использованием технологии WAN.

Типичные технологии локальной сети, используемые в кампусных сетях, включают технологии Ethernet (проводные), совместимые с IEEE 802.3, и технологии Wi-Fi (беспроводные), совместимые с IEEE 802.11 (рис. 13).

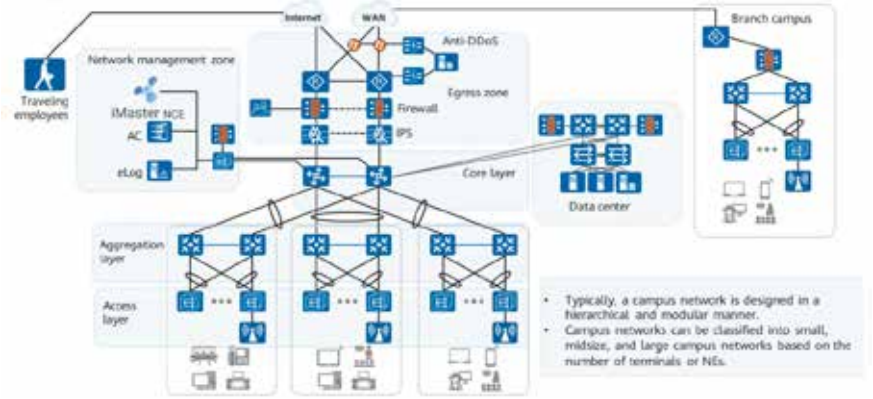

Рис. 13. Типичная архитектура сети кампуса[1]

Рассмотрим типичные слои и области сети кампуса.

Базовый уровень – это основная область сети кампуса, которая является ядром коммутации данных. Он соединяет различные части сети кампуса, такие как центр обработки данных, центр управления и выход из кампуса.

Уровень агрегации – это средний уровень сети кампуса, который выполняет агрегирование или коммутацию данных. Некоторые основные сетевые функции, такие как маршрутизация, QoS и безопасность, также предоставляются на этом уровне.

[1] Типичная архитектура сети кампуса [Электронный ресурс] // HCIA-Datacom V1.0 (Russian) Сетевой академии Huawei. [2020–2021]. Дата обновления: 30.11.2021. – URL: https://talent.huaweiuniversity.com/portal/micro/course-v1:HuaweiX+EBG2021CCHW1100034+microcourse/about?blockID=e29012f00cd041f08ff8c30ce5d8cb47 (дата обращения: 30.11.2021).

Уровень доступа – этот уровень, являющийся краем сети кампуса, соединяет конечных пользователей с сетью кампуса.

Выходная область: как граница, которая соединяет сеть кампуса с внешней сетью, эта область обеспечивает взаимный доступ между двумя сетями. Как правило, в этой области развертывается большое количество устройств сетевой безопасности, таких как устройства системы предотвращения вторжений (IPS), устройства защиты от DDoS и брандмауэры для защиты от атак из внешних сетей.

Область центра обработки данных – серверы и системы приложений, развернутые для предоставления услуг данных и приложений для внутренних и внешних пользователей предприятия.

Область управления сетью: системы управления сетью, включая контроллер SDN WAC и eLog (сервер журналов), развернуты в этой области для управления и мониторинга всей сети кампуса.

Небольшие кампусные сети обычно развертываются в сценариях, когда количество пользователей доступа невелико (несколько или десятки пользователей) (рис. 14). Небольшая кампусная сеть может охватывать только одно место, имеет простую архитектуру и построена так, чтобы обеспечить взаимный доступ между внутренними ресурсами. Характеристики небольших кампусных сетей: небольшое количество пользователей, количество терминалов <200, количество NEs <20, только в одном месте, простая сетевая архитектура и простые требования к сети.

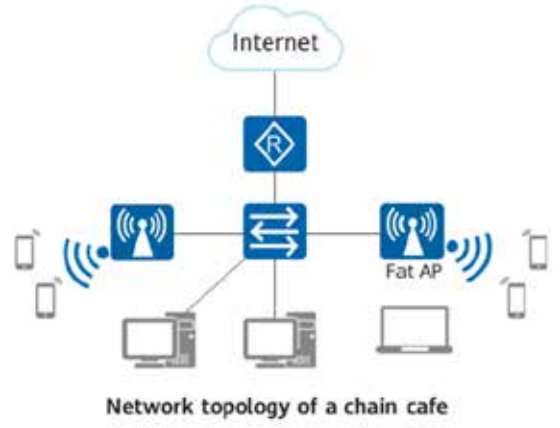

Рис. 14. Типичная архитектура небольших кампусных сетей[1]

[1] Типичная архитектура небольших кампусных сетей [Электронный ресурс] // HCIA-Datacom V1.0 (Russian) Сетевой академии Huawei. [2020–2021]. Дата обновления: 30.11.2021. – URL: https://talent.huaweiuniversity.com/portal/micro/course-v1:HuaweiX+EBG2021CCHW1100034+microcourse/about?blockID=e29012f00cd041f08ff8c30ce5d8cb47 (дата обращения: 30.11.2021).

Сеть кампуса среднего размера поддерживает доступ от сотен до тысяч пользователей (рис. 15).

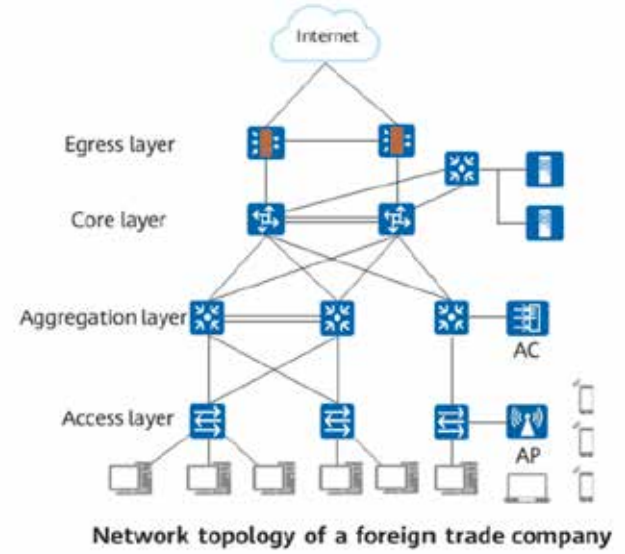

Рис. 15. Типичная архитектура кампусных сетей среднего размера[1]

Модульная конструкция представлена в кампусных сетях среднего размера, т. е. сети могут быть разделены по функциям. Однако количество функциональных модулей невелико. В большинстве случаев кампусная сеть среднего размера гибко разбивается на разделы в зависимости от требований к обслуживанию. Характеристики кампусных сетей среднего размера: масштаб сети среднего размера, количество терминалов от 200 до 2000, количество NEs от 25 до 100, наиболее часто используется в университетских городках.

Кампусная сеть среднего размера представляет собой типичную трехуровневую сетевую архитектуру: ядро, агрегация и доступ.

Большая сеть кампуса может охватывать несколько зданий и подключаться к нескольким кампусам в городе через WANS (рис. 16). Как правило, большая сеть кампуса предоставляет услуги доступа и позволяет путешествующим сотрудникам получать доступ к внутренней сети своей компании с помощью таких технологий, как виртуальная частная сеть (VPN).

[1] Типичная архитектура кампусных сетей среднего размера [Электронный ресурс] // HCIA-Datacom V1.0 (Russian) Сетевой академии Huawei. [2020–2021]. Дата обновления: 30.11.2021. – URL: https://talent.huaweiuniversity.com/portal/micro/course-v1:HuaweiX+EBG2021CCHW1100034+microcourse/about?blockID=e29012f00cd041f08ff8c30ce5d8cb47 (дата обращения: 30.11.2021).

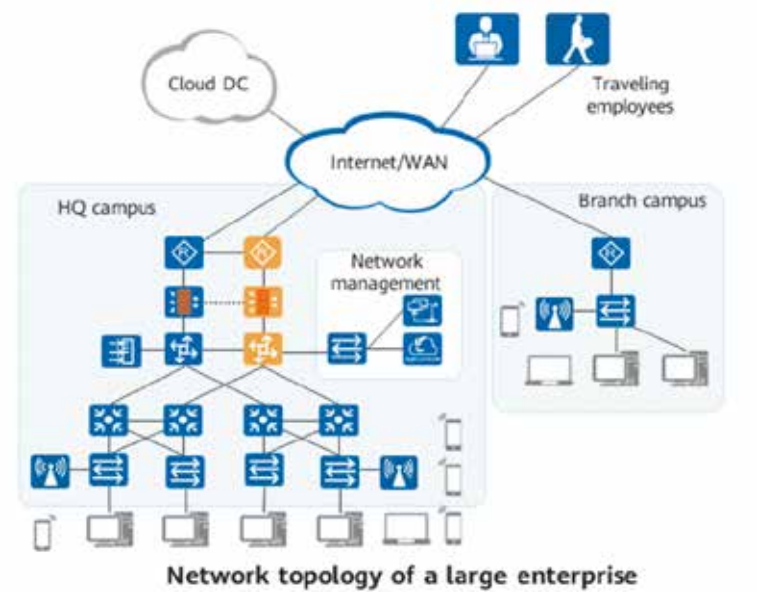

Рис. 16. Типичная архитектура больших кампусных сетей[1]

Характеристики больших кампусных сетей: широкий охват, большое количество пользователей, количество терминалов > 2000, количество NEs > 100, сложные сетевые требования, комплексные функциональные модули, сложная сетевая архитектура.

1.3. Сетевая инженерия и сетевые инженеры

Быстрое развитие сетей вызвало глобальную нехватку специалистов, компетентных в области внедрения и обслуживания решений по организации сетей, особенно в тех регионах, где сети создаются в целях поддержки экономического роста. В то же время, чтобы успешно влиться в мировую экономику, людям нужен доступ к более широким возможностям обучения и профессионального трудоустройства.

В литературе[2] часто стало встречаться понятие «сетевая инженерия». Под данным понятием, как правило, понимается планирование

[1] Типичная архитектура больших кампусных сетей [Электронный ресурс] // HCIA-Datacom V1.0 (Russian) Сетевой академии Huawei. [2020–2021]. Дата обновления: 30.11.2021. – URL: https://talent.huaweiuniversity.com/portal/micro/course-v1:HuaweiX+EBG2021CCHW1100034+microcourse/about?blockID=e29012f00cd041f08ff8c30ce5d8cb47 (дата обращения: 30.11.2021).

[2] Сетевая инженерия и сетевые инженеры [Электронный ресурс] // HCIA-Datacom V1.0 (Russian) Сетевой академии Huawei. [2020–2021]. Дата обновления: 30.11.2021. – URL: https://talent.huaweiuniversity.com/portal/micro/course-v1: HuaweiX+EBG2021-CCHW1100034+microcourse/about?blockID=e29012f00cd041f08ff8c30ce5d8cb47 (дата обращения: 30.11.2021).

и разработка реализуемых решений на основе требований к сетевым приложениям и стандартам, спецификациям и технологиям компьютерных сетевых систем с применением методов проектирования отдельных информационных систем и целых организаций, а также интеграция аппаратных средств, программного обеспечения и технологий компьютерных сетей для формирования экономически эффективной сетевой системы, отвечающей требованиям пользователей. Применение современных технологий в области сетевых коммуникаций привело к необходимости обучения, в том числе в онлайн-режиме, большого количества специалистов.

В целях своевременной оценки рынка труда работодатели повсеместно стали требовать, кроме основного диплома об окончании обучения, сертификаты (дипломы) об обучении по конкретному направлению деятельности или на оборудовании производителя. В настоящий момент на направлении телекоммуникации известны две сетевые академии (Cisco, Huawei), осуществляющие сертификацию сетевых инженеров. Как правило, указанные сертификаты признаются работодателями во всем мире и помогают подтвердить наличие навыков, необходимых для успешного начала карьеры в сфере ИТ и организации сетей. Чтобы получить сертификат, учащимся необходимо сдать экзамен, проводимый сертифицирующей организацией. Учащиеся должны изучить учебные материалы, специализированные для того или иного сертификационного экзамена. Опыт работы будет полезен, но не является обязательным условием для сдачи сертификационного экзамена. Существует два основных типа сертификации: зависящие и не зависящие от поставщика. Сертификации, зависящие от поставщика, подтверждают специализацию в технологиях конкретной компании. Они позволяют доказать, что сотрудник квалифицирован для управления этой технологией. Сертификации, не зависящие от поставщика, можно получить во множестве различных организаций. Они показывают, что сотрудник обладает всесторонними знаниями о типовых системах и программах, но не столь силен в узкоспециализированных технологиях.

Чаще всего сертификации необходимо со временем обновлять. Для повторной сертификации может потребоваться повышение квалификации, прохождение повторного экзамена или же и то и другое.

Сетевая академия Cisco предлагает комплексное обучение нового поколения[1]. Студенты смогут развить в себе базовые навыки ИТ, необходимые для проектирования, построения сетей и управления ими, наряду с профессиональными навыками решения проблем, совместной работы и критического мышления. Студенты выполняют практические учебные упражнения и занимаются моделированием сетей, развивая практические

[1] Данные на март 2021 г.