

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	4
2 СТРУКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	5
3 ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	7
3.1 Обоснование выбора вендора оборудования.....	7
3.2 Выбор сетевого шкафа	7
3.3 Обоснование выбора активного сетевого оборудования	8
3.3.1 Обоснование выбора способа подключения к внешней сети	9
3.3.2 Коммутаторы второго уровня серии Arubo CX 6000.....	10
3.3.3 Коммутаторы третьего уровня серии Arubo CX 6200	11
3.3.4 Беспроводные точки доступа.....	12
3.4 Обоснование выбора компьютеров и другого оборудования	13
3.4.1 Обоснование выбора рабочих станций.....	13
3.4.2 Обоснование выбора принтеров	15
3.4.3 Обоснование выбора web-сервера	16
3.5 Адресация в локальной компьютерной сети.....	18
3.6 Настройка сетевого оборудования.....	19
3.6.1 Настройка коммутатора третьего уровня.....	19
3.6.2 Настройка коммутаторов второго уровня.....	21
3.6.3 Настройка точек доступа.....	22
3.7 Настройка стационарных компьютеров	27
3.8 Настройка web-сервера	29
3.9 Настройка принтеров.....	30
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКС	31
4.1 Общая организация СКС	31
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	33
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	38

ВВЕДЕНИЕ

Компьютер уже давно стал неотъемлемой частью жизни людей. Он помогает решать множество вопросов. Практически в любой отрасли деятельности человека используются компьютеры. Образовательные программы, медицинское обслуживание, промышленные процессы – везде применяются компьютеры. На сегодня компьютеризация достигла такого уровня, что обойтись без них никак нельзя.

Современные организации имеют компьютеры для каждого сотрудника и используют их для различных целей. К примеру, программистам они необходимы для разработки программных продуктов; бухгалтерам – для того, чтобы заполнять документы и автоматизировать свою работу.

Но на первых этапах внедрения компьютеров на предприятиях они работали в изолированных сетях. Со временем появлялись требования, ставившие необходимостью объединение компьютеров в единую сеть для совместного доступа и использования ресурсов, а также выхода в глобальную сеть.

Отдельная эра в истории развития компьютеров началась с появлением локальных сетей, которые и позволяли этого достичь, объединив компьютеры между собой. Именно локальная сеть подняла функциональность компьютера на невиданную до сих пор высоту.

Внедрение сетей на предприятиях приводит к совершенствованию коммуникаций, то есть к улучшению процесса обмена информацией и взаимодействия меж работниками фирмы, а еще его покупателями и поставщиками. Сети понижают надобность компаний в иных формах передачи информации, этих как телефонный аппарат или же обыкновенная почта, которые заметно уступают компьютерным сетям в эффективности.

Сегодня существует большое количество способов объединения компьютеров в локальную сеть. Разного размера проводные и беспроводные локальные сети сотнями появляются каждый день. Кроме компьютеров, к локальной сети может подключаться и иное сетевое пользовательское оборудование, к примеру сетевые принтеры, веб-камеры или даже переносные мобильные устройства сотрудников.

Целью данного курсового проектирования является построение локальной компьютерной сети с выходом в сеть Интернет для компании по разработке 3D приложений. Проектирование выполняется согласно варианту задания, в котором описываются основные параметры помещений, количество и тип пользователей, предпочитаемый вендор оборудования, способы подключения к Internet, требования к защите информации, а также финансовый тип сети.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Для выполнения данной курсовой работы были использованы учебные, учебно-методические источники, а также научная литература.

К использованным материалам можно отнести брошюры и документы, предоставленные на официальных сайтах целевого вендора оборудования.

Учебное пособие Виктора Олифера «Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы» [1] является одним из самых авторитетных по современным сетевым технологиям. Оттуда были использованы понятия и знания о построение локальных компьютерных сетей и разделение их на виртуальные локальные сети.

В учебном пособии Андрея Сергеева «Основы локальных компьютерных сетей» [2] рассматриваются теоретические основы и технологии по локальным компьютерным сетям и их построению. Излагаются вопросы:

- базовых понятий, моделей и способов построения компьютерных сетей;
- организации стека протоколов TCP/IP (IPv4 и IPv6);
- создания серверов общего доступа и служб для IP-сетей (DNS, электронная почта, веб и др.)

Для работы с активным оборудованием использовалась документация от производителей данного оборудования, а также инструкции из сети [3], [4], [5].

2 СТРУКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

В данном разделе описывается и проводится обоснование выбора структуры организации локальной вычислительной сети, ее анализ и топология.

По заданию необходимо разработать сеть для компании по разработке 3D-приложений. Размещается она на одном этаже вытянутого прямоугольного здания. Площадь помещения в квадратных метрах – 280 кв. м. Помещение состоит из:

- 30 кв м – кабинет директора;
- 20 кв. м – серверная;
- 15 кв. м – служебное помещение;
- 4 комнаты для программистов – по 25 кв. м каждая;
- 5 комнаты для 3D дизайнеров и тестировщиков – по 23 кв. м каждая.

Каждая комната для программистов содержит 5 рабочих мест (1 стационарное и 1 мобильное подключение). Это значит, что на нее закладывается 5 стационарных и 5 мобильных подключений.

Всего на комнаты для программистов выделено 20 стационарных и 20 мобильных подключений.

В каждой комнате для 3D дизайнеров и тестировщиков по 4 рабочих места. На каждое рабочее место закладывается по 1 стационарных подключения и по 1 мобильному подключению. Это значит, что на все рабочие места приходится 4 стационарных и 4 мобильных подключения.

В одной из комнат для 3D дизайнеров и тестировщиков расположено место администратора. На данное место приходится 2 стационарных и 2 мобильных подключения.

Всего на комнаты для 3D дизайнеров и тестировщиков приходится 22 стационарных и 22 мобильных подключений.

Кабинет директора содержит рабочее место для директора с одним стационарным и одним мобильным подключением. Также в его кабинете располагается черно-белый принтер.

В служебном помещении будут находиться 2 сетевых цветных принтера для общего пользования.

В серверной будет располагаться все необходимое сетевое оборудование, а также веб-сервер.

Локальная сеть компании играет роль связующей среды между разными отделами и кабинетами. Размер компании средний.

Требования к адресации: внешняя адресация IPv4 - непосредственного подключения к провайдеру нет, внутренняя адресация IPv4 - публичная подсеть, адресация IPv6 - взаимодействие в рамках внутренней сети.

В способе подключения к сети Internet заказчик не уверен. К тому же, указано, что непосредственного подключения к провайдеру нет. Это

означает, что следующим для нас узлом на пути в глобальную сеть будет оборудование администрации здания, в котором расположены наши помещения. Это значит, что выбор способа подключения к сети Internet будет между вариантами, предоставляемыми администрацией.

Из требований к безопасности можно выделить защиту от несанкционированных физических подключений. Требование к надежности – защита от повышенной влажности. Для улучшения реализации последнего требования можно дополнительно установить систему кондиционирования в серверную комнату.

По финансовым затратам сеть должна относиться к бюджетному классу, что накладывает свои ограничения.

Вендором используемого оборудования была выбрана компания Hewlett Packard Enterprise и ее дочерняя компания Aruba Networks.

В связи с тем, что у нас только один этаж и довольно компактное размещение помещений, для топологии проектируемой сети была выбрана «звезда». Плюсом данной топологии является легкая настройка и простой поиск неисправностей. Минусом – довольно большой расход кабеля по сравнению с другими топологиями.

Логическая структура сети строится на использовании Virtual LAN. Они дают возможность построить на базе одной физической сети некоторое количество логических, при этом логические сети будут существовать независимо друг от друга, то есть переданный в одной сети пакет никогда не будет принят в другой (если дополнительно об этом не позаботиться).

Используя виртуальные сети, компания сможет контролировать трафик (в первую очередь широкополосный), обеспечить дополнительную защиту информации и быть гораздо лучше адаптированным к изменениям в составе сетевого оборудования.

Все стационарные подключения будут проходить через коммутаторы второго уровня. Эти Коммутаторы в свою очередь будут подключаться к коммутатору третьего уровня. К данному коммутатору также будут подключены точки доступа беспроводной сети, web-сервер и ПК директора и администратора. Затем данный коммутатор будет соединяться с вышестоящим маршрутизатором, принадлежащим администрации здания.

Выделены следующие VLANы:

- VLAN 10 – корпоративная сеть для стационарных ПК и принтеров
- VLAN 11 – сеть файлового сервера
- VLAN 12 – директорская сеть
- VLAN 20 – гостевая сеть
- VLAN 100 – административная сеть

Структурная схема сети приведена в приложении А.

3 ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

В данном разделе описывается функционирование программной и аппаратной составляющих разрабатываемой локальной компьютерной сети. Для этого приводится перечень выбранного оборудования, его конфигурация, а также схема IP-адресации устройств в локальной сети. Функциональная схема приведена в приложении Б.

3.1 Обоснование выбора вендора оборудования

По условию заказчика, вендором оборудования указаны компании HPE/Aruba. Компания HP была разделена на две компании – HP Inc. и Hewlett Packard Enterprise (HPE). HP Inc. принадлежит теперь производство персональных компьютеров, ноутбуков и принтеров, в то время как HPE досталось производство серверов, сетевого оборудования и поставка IT-решений.

Классификация сетевого оборудования между брендами HPE и Aruba несколько запутанная. К суббренду Aruba Instant On в основном относят линейки более простого и бюджетного оборудования, тогда как под маркой HPE/Aruba выпускаются более продвинутые устройства. Модели Instant On ориентированы на малые компании, и отличительной их особенностью является простота установки и настройки (зачастую для их обслуживания нет необходимости в постоянном сетевом администраторе). Главным минусом данной линейки является программная несовместимость с оборудованием из старшего корпоративного модельного ряда и искусственные аппаратные ограничения, к которым относится ограничение на максимальное количество оборудования, задействованного в одной локальной сети.

Отдельная ситуация с беспроводными точками доступа. В основном, модели выпускаются только под брендом Aruba, хоть и могут при этом не входить в бюджетную категорию. В линейку HPE400 / HPE500 входят более дорогие модели.

На официальном сайте Aruba присутствует удобный онлайн-конфигуратор с базовыми наборами оборудования для типовых применений. При подборе конфигурации были проанализированы представленные там варианты [6]. Для сравнения стоимости устройств между собой вместо рекомендуемых производителем цен будут использованы действительные цены от поставщиков [7].

3.2 Выбор сетевого шкафа

Т.к по заданию необходимо обеспечить защиту от физических подключений, было решено разместить активное сетевое оборудование в

телекоммуникационный шкаф. Хотя данный шкаф и будет находиться в отдельном помещении, его применение все равно повысит общую безопасность сети. Тем не менее, мы не ограничены в габаритах шкафа.

Был выбран шкаф LANMASTER Next TWT-CBWNG-9U-6X6-BK размером 9U. Его цена достаточно небольшая – около 400р. Данный шкаф имеет в себе предустановленный замок защиты оборудования от несанкционированного доступа.



Выбранный телекоммуникационный шкаф

Данный шкаф идеально подходит по размерам под наше оборудование. В нем будут находиться 2 L2 коммутатора и один L3 коммутатор, установленные по всем рекомендациям производителя.

3.3 Обоснование выбора активного сетевого оборудования

В составе линейки Aruba представлены беспроводные точки доступа, коммутаторы второго и третьего уровней. Причем при построении сетей на

базе этой линейки, обычно функции маршрутизатора возлагают на коммутаторы третьего уровня.

Маршрутизаторы от HPE разделяются на две линейки: MSR и HSR. К HSR относятся высокопроизводительные модульные устройства, подходящие для крупных проектов вроде ЦОД. К устройствам MSR принадлежат маршрутизаторы начального и среднего уровня, подходящие для установки дома и в небольших организациях.

К сожалению, ни в одной линейке не удалось подобрать подходящую модель маршрутизатора. Единственная серия, которая представлена (хоть и частично) на сайте HPE, подходит под категорию бюджетной и доступна для покупки - это HPE FlexNetwork MSR95. Но у поставщиков на месте ее нет в наличии, и на официальном сайте большинство позиций в ограниченном количестве или по запросу. Поэтому было принято решение обойтись без маршрутизатора, возложив при этом его функции на коммутатор третьего уровня.

Еще плюсом данной топологии является решение сразу двух проблем. Первая – обеспечение большей пропускной способности при маршрутизации в подсетях. Вторая – необходимость иметь много портов для подключения оборудования. Маршрутизатор с высокой пропускной способностью (необходима для конфигурации router-on-stick) плюс коммутатор L2 на достаточное количество портов могут выйти дороже, чем использовать один L3 коммутатор.

3.3.1 Обоснование выбора способа подключения к внешней сети

Как указано в разделе структурного проектирования, вышестоящим узлом будет оборудование администрации здания – маршрутизатор или L3 коммутатор.

В связи с этим, для обеспечения доступа из нашей сети в интернет и наоборот, необходимо, чтобы на данном вышестоящем оборудовании была настроена маршрутизация в нашу подсеть, а также был выдан ip адрес.

Также необходимо определиться со способом подключения к вышестоящему оборудованию. Основные доступные способы подключения: модемное соединение (ADSL, xDSL/vDSL), соединение по коаксиальному кабелю (DOCSIS), мобильное соединение (3G, 4G), выделенная линия (Ethernet, GPON).

Т.к основной профиль компании связан с большими наборами данных, требуется высокая скорость соединения. Также немало важным будет требование к надежности соединения. Вместе с тем фактом, что вышестоящее оборудование является скорее всего достаточно современным, из предложенных вариантов остается только выделенная линия (через Ethernet или GPON). Более предпочтительным и дешевым является конечно Ethernet,

т.к он не требует покупки дорогих модулей (к примеру, трансиверов для оптических линий) и дорогих элементов среды передачи данных.

Поэтому необходимо осуществить выбор оборудования, которое имеет высокую пропускную способность и потенциально поддерживает оба способа подключения.

3.3.2 Коммутаторы второго уровня серии Aruba CX 6000

Коммутаторы серии Aruba CX 6000 позиционируются производителем как недорогое и надежное решение для организации сетей в офисах малого и среднего бизнеса. Эти коммутаторы относятся к коммутаторам уровня доступа (L2 уровня).

Все коммутаторы линейки комплектуются четырьмя uplink-портами 1 GbE (для медных линий и SFP). Количество портов для подключения конечных устройств варьируется от 12 до 48.

При этом старшие модели данной серии могут оснащаться портами с поддержкой технологии PoE мощностью до 370 Вт.



Aruba CX 6000 Switch Series

ФОТО 6000

Для использования в курсовом проекте была выбрана модель R8N86A. Данная модель имеет 48 Lan портов Gigabit Ethernet без поддержки PoE, 4 uplink Gigabit SFP. Ее цена составляет 1079\$ у поставщиков. Также рассматривалась модель R8N86A ценой 1632\$. Ее отличие от выбранной – наличие PoE для питания подключенных устройств, что в нашем случае избыточно.

Также была выбрана еще одна позиция из данного модельного ряда – коммутатор на 24 порта, без функции PoE, модели R8N88A. Его цена у поставщика – 642\$.

Для обоих выбранных моделей рабочие параметры показателей окружающей среды следующие:

Environmental ^

Operating temperature: 32°F to 113°F (0°C to 45°C) up to 5,000 ft. Derate -1°C degree C for every 1,000 ft. from 5,000 ft. to 10,000 ft.

Operating Relative Humidity: 15% to 95% @ 104°F (40°C) noncondensing

Non-Operating: -40°F to 158°F (-40°C to 70°C) up to 15,000 ft.

Non-Operating Storage relative humidity: 15% to 90% @ 149°F (65°C) noncondensing

Max. Operating Altitude: 10,000 feet (3.04 km)

Max Non-operating Altitude: 15,000 feet (4.6 km)

Acoustics:

- Sound Power (LWAd) range: 0 – 4.3 Bel
- Sound Pressure (LpAm) (Bystander) range: 0 - 29.8 dB

Primary airflow: Side to side (JL679A fanless)

Показатели параметров окружающей среды

Особенно нас интересует максимальная влажность, при которой оборудование может эксплуатироваться. Тут она составляет 95%. Это означает, что выбранное оборудование подходит под требования защиты от повышенной влажности.

3.3.3 Коммутаторы третьего уровня серии Aruba CX 6200

Коммутаторы серии Aruba CX 6200 - это семейство стекируемых (до 8 штук) коммутаторов доступа (L3 коммутатор), идеально подходящих для малых и средних предприятий. Данная линейка коммутаторов поддерживает протокол динамической маршрутизации OSPF.

Серия данных коммутаторов содержит модели с 24 или 48 портами 1/10GbE и 4 uplink-порта Gigabit SFP. В данной линейке также присутствуют как модели с возможностью PoE (740 Вт максимум), так и без данной технологии.

Ещё одной особенностью данного семейства является масштабируемость — возможность объединения в стек до восьми коммутаторов.



ФОТО 6200

Из линейки CX 6200 была выбрана модель JL725A. Она является одной из самых дешевых в модельном ряду. Ее характеристики - 24 LAN-портов Gigabit Ethernet, 4 uplink-порта Gigabit SFP. Данная модель поддерживает PoE мощностью до 370 Вт (что и отличает ее от более дешевой модели JL724A). Проанализировав обе эти модели и их цены (2840\$ с поддержкой PoE и 2789\$ без поддержки) было принято решение выбрать более дорогой вариант. У данной модели максимальная влажность окружающей среды, при которой может эксплуатироваться оборудование также составляет 95%.

К данному коммутатору планируется подключение точек доступа, причем питание они будут получать через PoE.

3.3.4 Беспроводные точки доступа

Для выбора беспроводных точек доступа был задействован онлайн-помощник от вендора [6].

В итоге была выбрана серия кампусных точек доступа Aruba 500. Из описания производителя [9] следует, что данные точки доступа несут в себе два радиомодуля, обеспечивая одновременную связь Wi-Fi в диапазонах 2,4 ГГц и 5 ГГц. Для этого применяются радиомодули MIMO (2x2 на частоте 2,4 ГГц, 2x2 на частоте 5 ГГц). Помимо этого, имеется также радиомодуль BLE и радиомодуль Zigbee.

Как альтернатива, рассматривались точки доступа Aruba 560, предназначенные для установки вне помещений, и имеющие защиту агрессивных условий внешней среды. Но переплата за них была существенной, по сравнению с моделями без защит.

Конкретно для применения была выбрана точка доступа AP-505. Ее артикул соответственно R2H28A. Данная точка доступа очень похожа на точку доступа AP-504, но у последней присутствуют 2 разъема под внешние

антенны. Только две данные точки доступа были в наличии у поставщиков. Поэтому выбор был отдано более дешевой версии AP-505 стоимостью 321\$.



ФОТО РАДИО

Беспроводные точки этой серии можно развешивать в сетевых средах как с контроллером (ArubaOS), так и без контроллера (Aruba Instant).

Выбранная точка доступа крепится на потолке. Питание производится по стандарту PoE через источник, соответствующий стандартам 802.3at и 802.3a. Наш коммутатор соответствует данным требованиям. Также поддерживается питание через обычный блок питания на 12 В.

3.4 Обоснование выбора компьютеров и другого оборудования

В данной части будет рассмотрен выбор компьютерного оборудования для сотрудников, а также корпоративного печатного оборудования.

3.4.1 Обоснование выбора рабочих станций

Так как профиль фирмы непосредственно связан с разработкой и тестированием 3d-приложений, рабочие станции, предоставляемые сотрудникам, должны быть достаточно мощными по характеристикам. Кроме того, они желательно должны иметь возможность апгрейда некоторых комплектующих, таких как видеокарты и оперативная память, а также жесткие диски. В связи с этим, идеальным решением будет использовать готовые системные блоки в полноразмерном формате. Главная их черта – наличие полноразмерной не-ОЕМ материнской платы, что предусматривает некоторые возможности апгрейда, а также наличие официальной гарантии. При этом для тестировщиков и программистов можно выбрать вариант без дискретной

видеокарты и с худшими характеристиками, для уменьшения затрат. Для 3d-дизайнеров надо обратить внимание на наличие в комплекте SSD диска с современным интерфейсом, для обеспечения беспроблемного выполнения задач по работе с 3d-графикой.

Для программистов выбраны готовые системные блоки MultiGame 5R56D16S24IM5. Их плюсом является современный процессор, а также достаточно низкая цена.

Для дизайнеров были выбраны блоки модели Jet Gamer 5R5600GD32HD05SD24X165L2W5. Их отличает наличие дискретной видеокарты, а также большой объем оперативной памяти.



Комп1

Для дизайнеров были выбраны блоки модели Jet Gamer 5R5600GD32HD05SD24X165L2W5. Их отличает наличие дискретной видеокарты, а также большой объем оперативной памяти.



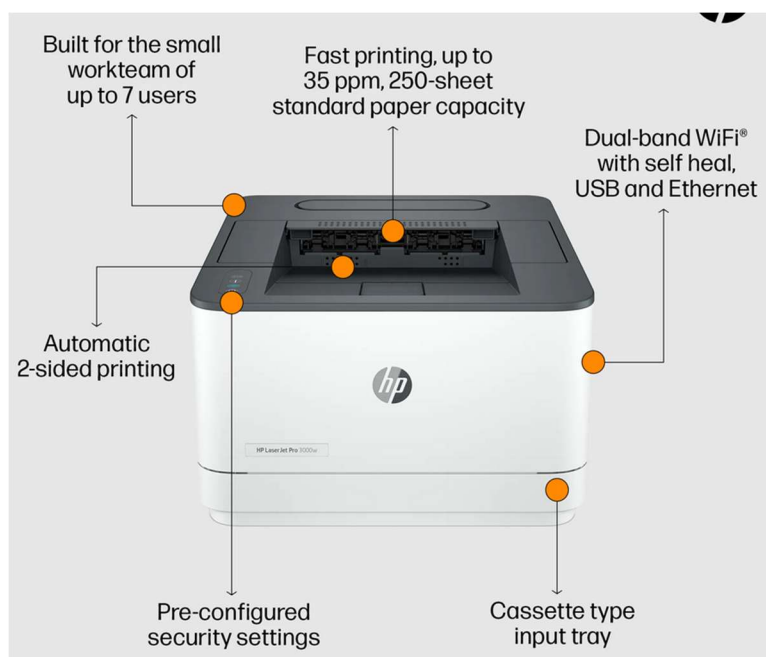
Комп2

3.4.2 Обоснование выбора принтеров

Бренд принтеров HP за долгие годы существования зарекомендовал себя как относительно недорогой и надежный вариант для дома и малого офиса. В связи с тем, что фирма занимается 3d-моделированием, возникает нужда часто печатать документы на цветном принтере. В качестве черно-белого принтера подойдет обычный лазерный принтер. Также все еще в приоритете небольшая цена оборудования.

Официальный магазин HP предоставляет функцию помощи при выборе принтера – вопросы с предусмотренными вариантами ответов, которые по сути являются интерактивным фильтром. В результате были выбраны следующие модели принтеров.

HP LaserJet Pro 3001dwe – хорошее и сбалансированное решение для применения в небольших офисах. Данная модель принтера является достаточно современной, и проблемы с поиском расходных материалов возникнуть не должно. Было использовано 2 единицы данного оборудования.



HP LaserJet Pro 3001dwe Wireless Printer

В качестве лазерного черно-белого принтера предпочтение было отдано хорошо зарекомендовавшей себя модели HP LaserJet M209dwe 6GW62E.



HP LaserJet M209dwe 6GW62E

И цветной, и черно-белый принтер имеют в себе функционал сетевых принтеров с подключением к сети через Wifi или Ethernet.

3.4.3 Обоснование выбора web-сервера

Сервер — это мощный компьютер, предназначенный для хранения информации и обеспечения доступа к ней с удалённых клиентских устройств. Тип данных, которые хранятся на сервере, зависит от его вида и назначения. Сервер отличается обычного компьютера необходимостью работать в режиме 24/7 и выполнять конкретную задачу (не является универсальной машиной) без непосредственного участия администратора.

Компания HPE предлагает клиентам сервера различных форм-факторов:

- стоечные серверы (rack servers), которые, как следует из названия, предназначены для монтажа в стойку;
- башенные серверы (они же серверы в корпусе Tower), которые позиционируются как решения для малого и среднего бизнеса;
- серверы высокой плотности компактного размера (blade servers), которые решают проблему размещения серверов в ЦОД и интегрируются в сопутствующую инфраструктуру.
- Apollo servers форм-фактора 2U, ориентированные на работу с крупным объемом информации и имеющие в себе много креплений для накопителей.

В нашем случае идеальным для применения будет сервер в формате Tower. Преимуществом данного вида серверов является то, что они менее прихотливы к температуре окружающей среды и намного проще в обслуживании, чем остальные виды.

В качестве модели сервера выбрана модель HPE ProLiant ML350 Gen10 3204. Его характеристики [8] следующие (таблица 3.X):

Таблица 3.X – Основные характеристики HPE ProLiant ML30 Gen10

Характеристика	Значение
Процессор	Intel Xeon Bronze 3204 1.9GHz
Количество ядер	6
Количество процессоров	1
Частота процессора	1.9 ГГц
Объем памяти	8 Гб
Тип памяти	DDR4, 6 слотов
Жёсткий диск	4 LFF 3.5 ", RAID 0/1/5/10



ФОТО КОМП

Данный сервер без проблем может выполнять функционал web-сервера.

Работать web-сервер будет под операционной системой CentOS 8.1. Преимуществом данной системы является популярность ее применения для организации web-серверов с гибкой настройкой. Также к ее плюсам можно отнести простоту конфигурации, большое сообщество пользователей и отсутствие необходимости приобретать лицензию. Версия 8.1 в данный момент является LTS версией.

3.5 Адресация в локальной компьютерной сети

Согласно заданию, внутренняя IPv4 подсеть является публичной подсетью. Ее адрес - 103.105.96.0/19. Количество рабочих адресов для хостов – 8,190.

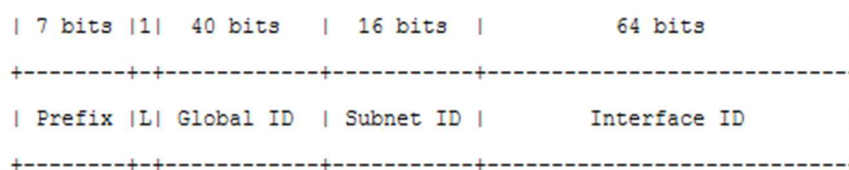
Данная сеть будет разделена на 5 подсетей. Адресация и назначения подсетей представлены в таблице X

Таблица 3.9.1 – Схема адресации подсетей

Назначение подсети	VLAN	Адрес подсети	Маска подсети	Количество адресов
Корпоративная для стационарных ПК и принтеров	10	103.105.96.0	255.255.254.0	510
		fd3d:c123:4567:10::/64		
Файловый сервер	11	103.105.100.0	255.255.255.240	14
		fd3d:c123:4567:11::/64		
Директорская	12	103.105.98.0	255.255.254.0	510
Гостевая	20	103.105.112.0	255.255.240.0	4096
Административная	100	192.168.100.0	255.255.255.0	254

В соответствии с вариантом, IPv6 адресация внутренняя, то есть осуществляется только в рамках ЛКС. Для внутренней IPv6 адресации выбраны адреса Unique-Local Unicast, описанные в RFC 4193. Unique-Local Unicast IPv6 выполняют ту же функцию, что и внутренние адреса IPv4. Они не предназначены для маршрутизации за пределы внутренней сети.

Адреса Unique-Local Unicast создаются путем добавления случайно сгенерированной 40-битной шестнадцатеричной строки Global Id и строки Subnet Id к префиксу FD00::/8. В качестве Global Id выберем строку 3dc1234567, в качестве Subnet Id – номер соответствующего VLAN, дополненный нулями.



Структура Unique-Local Unicast адреса

Частные IPv4 адреса использованы в административной подсети, в которую будет включено активное сетевое оборудование. Адреса в административной подсети указаны в таблице X

Таблица X – Адресация административной подсети

Устройство	Адрес
L3 коммутатор	192.168.100.1
Точка доступа 1	192.168.100.2
Точка доступа 2	192.168.100.3
Точка доступа 3	192.168.100.4
Точка доступа 4	192.168.100.5
ПК администратора (ПК 32)	192.168.100.10

Адреса в подсети ipv6 указаны в таблице X.

Таблица X – Адресация IPv6

Устройство	Адрес
Принтер 1	fd3d:c123:4567:10::2
Принтер 2	fd3d:c123:4567:10::3
ПК (1-20)	fd3d:c123:4567:10::10-29
ПК (21-30)	fd3d:c123:4567:10::30-39
ПК (33 - 43)	fd3d:c123:4567:10::40-49
Файловый сервер	fd3d:c123:4567:11::5

IPv4 адреса устройств указаны в таблице X.

Таблица X – Адресация IPv4

Устройство	Адрес
ПК (1-20)	103.105.96.5-24
ПК (21-30)	103.105.96.25-34
ПК (33 - 43)	103.105.96.35-43
Файловый сервер	103.105.100.5
ПК 31	103.105.98.5

3.6 Настройка сетевого оборудования

Настройка оборудования вендора Arubo выполняется в основном согласно мануалу от производителя "ArubaOS-Switch, Comware and Cisco IOS CLI Reference Guide" версии 3.3 [10]. Также использовались другие инструкции к конкретному оборудованию по настройке и эксплуатации, предоставленные производителем.

Настройка будет производиться с помощью CLI, при его отсутствии – при помощи графического интерфейса.

3.6.1 Настройка коммутатора третьего уровня

Для настройки коммутатора будут использоваться инструкции от производителя [13], [14].

В заводской конфигурации на коммутаторе не настроены IP-адреса и маски подсети, а также пароли. В этом состоянии им можно управлять только через Serial консоль.

Начало работы с CLI:

```
switch> enable
switch# configure
```

Включим MVRP (Multiple VLAN Registration Protocol) для упрощения настройки нижестоящих коммутаторов.

```
switch(config)# mvrp
```

Создадим VLANы и присвоим им адреса в соответствии с таблицей (Схема адресации подсетей). Для примера создадим административный VLAN:

```
switch(config)# vlan 100
switch(config-vlan-100)# name Administrative
switch(config-vlan-100)# ip address 192.168.100.0/24
```

Присвоение IPv6 адреса происходит с помощью команды

```
Switch(config-vlan-10) # ipv6 address fd3d:c123:4567:10::/64
```

Создадим агрегированные каналы для связи с коммутаторами второго уровня. Используем LACP. Данную настройку необходимо повторить на подключаемых коммутаторах:

```
switch(config)# interface lag 1
switch(config-lag-if)# no shutdown
switch(config-lag-if)# no routing
switch(config-lag-if)# vlan trunk native 10
switch(config-lag-if)# vlan trunk allowed 10,11,12,20,100
switch(config-lag-if)# mvrp
switch(config-lag-if)# interface 1/1/1
switch(config-if)# no shutdown
switch(config-lag-if)# no routing
switch(config-if)# lag 1
switch(config-if)# interface 1/1/2
switch(config-if)# no shutdown
switch(config-lag-if)# no routing
switch(config-lag-if)# lacp mode active
switch(config-if)# lag 1
switch(config)# interface lag 2
switch(config-lag-if)# no shutdown
switch(config-lag-if)# no routing
switch(config-lag-if)# vlan trunk native 10
switch(config-lag-if)# vlan trunk allowed 10,11,12,20,100
switch(config-lag-if)# mvrp
switch(config-lag-if)# interface 1/1/3
switch(config-if)# no shutdown
switch(config-lag-if)# no routing
switch(config-lag-if)# lacp mode active
switch(config-if)# lag 2
switch(config-if)# interface 1/1/4
```

```
switch(config-if)# no shutdown
switch(config-lag-if)# no routing
switch(config-if)# lag 2
```

Настроим VLAN-ы на access портах:

```
switch(config)# interface 1/1/5
switch(config-if)# no shutdown
switch(config-if)# no routing
switch(config-if)# vlan access 12
switch(config-if)# exit
switch(config)# interface 1/1/6 - 1/1/10
switch(config-if)# no shutdown
switch(config-if)# no routing
switch(config-if)# vlan access 100
switch(config-if)# exit
switch(config)# interface 1/1/11
switch(config-if)# no shutdown
switch(config-if)# no routing
switch(config-if)# vlan access 11
switch(config-if)# exit
```

Переведем порт, через который мы подключаемся к вышестоящему маршрутизатору, в trunk

```
switch(config)# interface 1/1/24
switch(config-if)# trusted vlan 10, 11, 12,20
switch(config-if)# switchport mode trunk
switch(config-if)# vlan trunk native 10
```

Порядок конфигурации, приведенный выше, применим как к L2, так и к L3 коммутаторам (по информации из User Guide)

Настроим маршрутизацию между VLAN-ами. Для каждого интерфейса, имеющего подключение, выполним:

```
switch(config-if)# routing
```

Затем настроим маршрутизацию

```
switch(config)# ip route 0.0.0.0/0 103.105.96.0
switch(config)# ip route 103.105.96.0/23 103.105.100.0/28
switch(config)# ip route 103.105.96.0/23 103.105.112.0/20
switch(config)# ip route 103.105.96.0/23 192.168.100.0/24
switch(config)# ip route 103.105.98.0/23 103.105.100.0/28
```

Выполним конфигурацию port-security для интерфейсов, которые относятся к административному VLAN.

```
switch(config)# interface 1/1/6 - 1/1/10
switch(config-if)# port-security address-limit 1
```

3.6.2 Настройка коммутаторов второго уровня

Первоначальная настройка коммутаторов также может выполняться через Serial консоль. Настройка будет рассмотрена на примере 24-портового коммутатора. Порядок настройки для второго коммутатора тот же. Для настройки используются соответствующие источники [11], [12].

Т.к на вышестоящем коммутаторе мы настроили mvrp, вся информация о VLAN должна быть на обоих L2 коммутаторах.

Настроим агрегацию каналов.

```
switch(config)# interface lag 1
switch(config-lag-if)# no shutdown
switch(config-lag-if)# vlan trunk native 10
switch(config-lag-if)# vlan trunk allowed 10,11,12,20,100
switch(config-lag-if)# mvrp
switch(config-lag-if)# interface 1/1/1
switch(config-if)# no shutdown
switch(config-if)# lag 1
switch(config-if)# interface 1/1/2
switch(config-if)# no shutdown
switch(config-lag-if)# no routing
switch(config-lag-if)# lacp mode active
switch(config-if)# lag 1
```

Настроим access интерфейсы

```
switch(config)# interface 1/1/3- 1/1/4
switch(config-if)# no shutdown
switch(config-if)# vlan access 10
switch(config-if)# exit
switch(config)# interface 1/1/5- 1/1/24
switch(config-if)# no shutdown
switch(config-if)# vlan access 10
switch(config-if)# exit
```

3.6.3 Настройка точек доступа

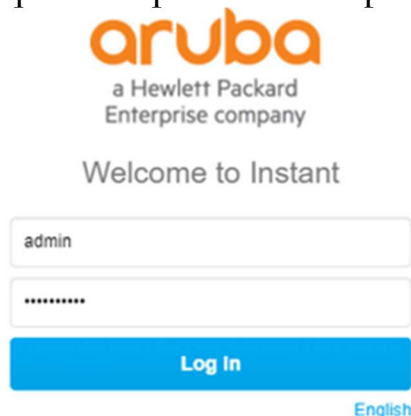
Для настройки будем использовать графический web интерфейс. Также будет использоваться виртуальный контроллер Aruba Virtual Controller. [15] Он относится к системе Instant On, позволяющей создавать сети Wi-Fi без выделенного контроллера.

Точки доступа объединяются в группу, которая может насчитывать до 128 IAP (Instant Access Point) разных моделей. Функцию виртуального контроллера выполняет первая из развернутых IAP. Ее конфигурация настраивается как через радиointерфейс Wi-Fi, так и через проводное подключение. Конфигурация с виртуального контроллера автоматически распространяется на все точки доступа в данном VLAN.

Для аутентификации пользователей в Aruba Instant используются pre-shared ключи, MAC-адреса и различные методы стандарта 802.1x с поддержкой внутреннего и внешних RADIUS-серверов. Также имеется

встроенный RADUIS сервер. Aruba Instant также поддерживает Web-аутентификацию через встроенный Captive Portal для организации гостевого доступа к сети.

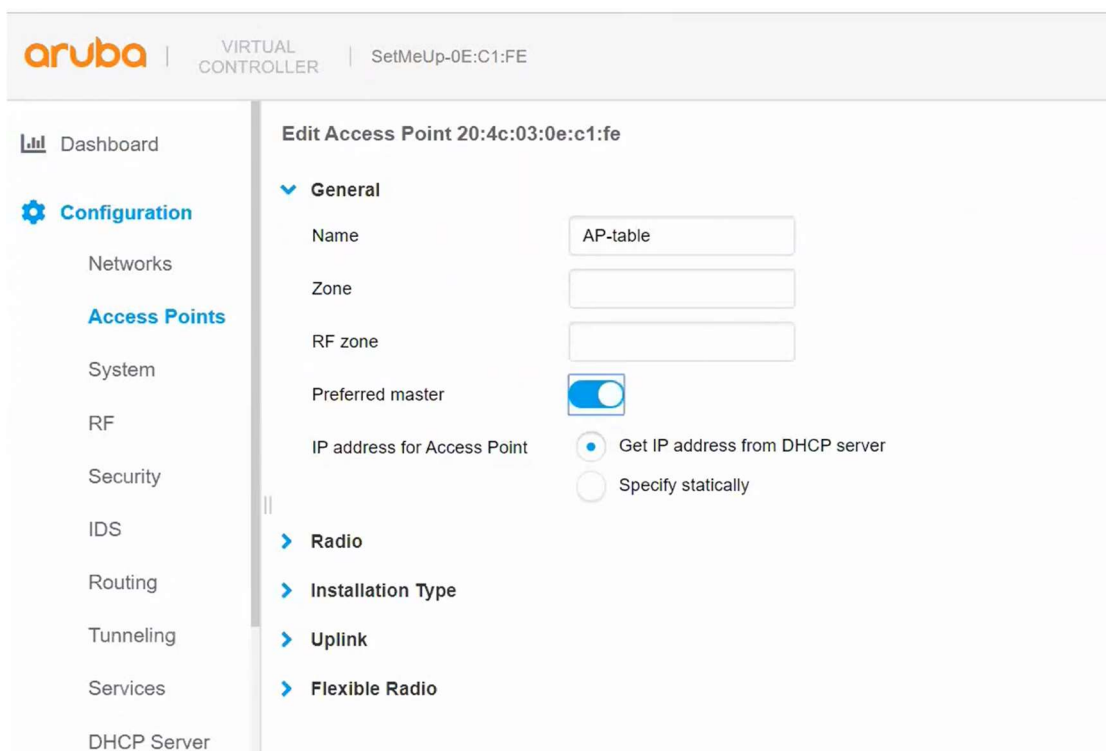
Конфигурация точки доступа начинается с окна входа. Имя пользователя - «admin», пароль - серийный номер точки доступа.



The image shows the Aruba Instant login interface. At the top is the Aruba logo with the text 'a Hewlett Packard Enterprise company'. Below it is the text 'Welcome to Instant'. There are two input fields: the first contains 'admin' and the second contains a series of asterisks. A blue 'Log In' button is positioned below the password field. At the bottom right, there is a link for 'English'.

ПОДПИСЬ

Мы можем выбрать точку доступа на роль виртуального контроллера вручную. Для этого, в GUI Instant UI необходимо перейти во вкладку Access Points, выбрать редактирование, установить Enable в Preferred master



The image displays the Aruba Instant GUI configuration page for an Access Point. The top header shows the Aruba logo, 'VIRTUAL CONTROLLER', and the device ID 'SetMeUp-0E:C1:FE'. The left sidebar contains a menu with 'Dashboard' and 'Configuration'. Under 'Configuration', 'Access Points' is selected. The main area is titled 'Edit Access Point 20:4c:03:0e:c1:fe'. It features a 'General' section with fields for 'Name' (AP-table), 'Zone', and 'RF zone'. The 'Preferred master' toggle is turned on. Below this, there are radio buttons for 'IP address for Access Point', with 'Get IP address from DHCP server' selected. Further down, there are expandable sections for 'Radio', 'Installation Type', 'Uplink', and 'Flexible Radio'.

ПОДПИСЬ

Затем на остальных точках доступа необходимо указать адрес точки доступа, реализующей роль мастера (но при этом его можно назначить статически отличным от адреса самой точки доступа).

Info			
Name	SetMeUp-0E:C1:FE	Country code	RU
Virtual Controller IP	192.168.0.48	Management	Local
Master	192.168.0.46	IPv6 Address	--
Uplink type	Ethernet	Uplink status	UP

ПОДПИСЬ

Для настройки беспроводной сети необходимо создать новый SSID.

The image shows the Aruba Virtual Controller interface. The top section displays the 'Networks' table with the following data:

Name	Type	Clients
SetMeUp-0E:C1:FE	wireless	0
wired-SetMeUp	wired	0
default_wired_port_profile	wired	0

The bottom section shows the 'New Network' configuration page. The page has a sidebar with 'Configuration' and 'Networks' options. The main content area is titled 'New Network' and has four tabs: 'Basic', 'VLAN', 'Security', and 'Access'. The 'Basic' tab is selected, and it contains the following fields:

- Name & Usage**
 - Name: Corp
 - Type: Wireless
 - Primary usage: Employee

Создание SSID

Настроим процесс получения ip адресов клиентами и их принадлежность VLAN. В связи с отсутствием в нашей сети корпоративного DHCP сервера, будем использовать выделенный пул адресов.

Client IP & VLAN Assignment

Client IP assignment: ☐ Virtual Controller managed
☒ Network assigned

Client VLAN assignment: ☒ Default
☐ Static
☐ Dynamic

1 WLAN Settings 2 VLAN 3 Security 4

Client IP & VLAN Assignment

Client IP assignment: ☐ Virtual Controller assigned
☒ Network assigned

Client VLAN assignment: ☐ Default
☒ Static
☐ Dynamic

VLAN ID:

Настройка параметров

Настроим параметры безопасности точки доступа и беспроводный роуминг между точками доступа - fast roaming.

Механизм беспроводного роуминга следующий. В случае, если клиент перемещается и подключается к новой точке доступа, она должна установить с ним соединение и произвести аутентификацию. Если же точки доступа действуют независимо друг от друга, то этот процесс должен происходить всякий раз, когда клиент переходит от одной точки доступа к другой, то есть девайс сначала будет принудительно отключен от сети и только потом подключен заново. Понятно, что в процессе нового подключения клиент не имеет доступа к сети. Это проявляется в виде потери пакетов, возможных пропущенных звонков, а также некорректной работе приложений, которые используют подключение к сети Интернет. Переключение может занять до 3 секунд. В таком случае на помощь приходят стандарты 802.11k и 802.11r. Оба стандарта обладают функционалом, который сокращает время соединения клиента с новой точкой доступа WiFi-сети. Это позволяет ускорить подключение к сети и её общую производительность.

802.11k сокращает время поиска точки доступа с сильным Wi-Fi сигналом. Этот протокол передает информацию клиенту, то есть планшету, телефону или ноутбуку о соседних точках доступа и состоянии сети, которую они создают. Таким образом, даже еще не начав перемещение, клиент заранее

знает, в каком месте будет возможно качественное подключение и какая точка доступа его лучше "обслужит".

802.11r использует технологию Fast Basic Service Set Transition, которая позволяет хранить ключи шифрования всех точек доступа сети. Таким образом, клиент не нуждается в полном процессе аутентификации сети – теперь достаточно 4 коротких сообщения для перехода к новой точке доступа. Организация соединения составляет не более 50 миллисекунд.

802.11v(Wireless Network Management) позволяет беспроводным клиентам обмениваться служебными данными для улучшения общей производительности беспроводной сети. Одной из наиболее используемых опций является BTM (BSS Transition Management). Обычно беспроводной клиент измеряет параметры своего подключения к точке доступа для принятия решения о роуминге. Это означает, что клиент не имеет информации о том, что происходит с самой точкой доступа: количество подключенных клиентов, загрузка устройства, запланированные перезагрузки и т. д. С помощью BTM точка доступа может направить запрос клиенту на переключение к другой точке с лучшими условиями работы, пусть даже с несколько худшим сигналом. Таким образом, стандарт 802.11v не направлен непосредственно на ускорение процесса переключения клиентского беспроводного устройства, однако в сочетании с 802.11k и 802.11r обеспечивает более быструю работу программ и повышает удобство работы с беспроводными сетями Wi-Fi.

Поле MDID означает Mobility Domain ID, используемое 802.11r чтобы определять область беспроводной сети, в которой поддерживается fast roaming.

Security Level

Security Level: Personal ▼

Key management: WPA2-Personal ▼

Passphrase format: 8-63 chars ▼

Passphrase:

Retype:

MAC authentication: ☐

Blacklisting: ☐

Enforce DHCP: ☐

Fast Roaming

802.11r: ☒

MDID:

802.11k: ☒

802.11v: ☒

Настройка параметров

В следующем пункте можно настроить ограничения прав доступа пользователей к ресурсам.

Access Rules

Access Rules: Unrestricted ▼

Download roles: Unrestricted

No restrictions on access based on destination or type of traffic

Меню ограничений прав доступа

3.7 Настройка стационарных компьютеров

На ПК необходимо задать статические IPv4 и IPv6 адреса. Это можно сделать, проследовав по пути "Параметры", "Сеть и интернет", "Ethernet", выбрать соответствующий адаптер. Затем выбрать пункт "Редактировать". Необходимо выбрать "Вручную", ввести IPv4 адрес и остальные параметры.

Изменение параметров IP

Вручную

IPv4

Вкл.

IP-адрес

103.105.96.10

Длина префикса подсети

23

Шлюз

103.105.96.1

Предпочтительный DNS-сервер

Дополнительный DNS-сервер

Сохранить

Отмена

Задание IPv4 адреса

Также необходимо задать IPv6 адрес.

IPv6

☒ Вкл.

IP-адрес

fd3d:c123:4567:10::10

Длина префикса подсети

64

Шлюз

fd3d:c123:4567:10::1

Предпочтительный DNS-сервер

Дополнительный DNS-сервер

Сохранить Отмена

Задание IPv6 адреса

3.8 Настройка web-сервера

Как упоминалось ранее, на web сервере в качестве операционной системы будет использоваться CentOS 8.1. В данном дистрибутиве используется пакетный менеджер yum. Для использования был выбран веб-сервер Nginx.

Nginx - это веб-сервер, который можно использовать как почтовый SMTP/IMAP/POP3-сервер и обратный прокси-сервер. Web-сервер Nginx считается самым высокопроизводительным. Он был выбран за свою универсальность и широкую поддержку сообществом.

Для установки Nginx необходимо сначала добавить репозиторий в пакетный менеджер и выполнить непосредственно установку:

```
sudo yum install epel-release  
sudo yum install nginx
```

Затем надо разрешить HTTP и HTTPS-трафик на брандмауэре и выполнить перезагрузку брандмауэра:

```
sudo firewall-cmd --reload
```

Настроим автозапуск Nginx при перезагрузке системы и выполним непосредственный старт:

```
sudo systemctl enable nginx  
sudo systemctl start nginx
```

Проверим статус службы Nginx, он должен быть active:

```
sudo systemctl status nginx
```

```
■ nginx.service - The nginx HTTP and reverse proxy server
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nginx.service; enabled; vendor preset: disabled)
   Active: active (running) since Thu 2020-09-17 16:14:22 MSK; 16s ago
     Process: 1193 ExecStart=/usr/sbin/nginx (code=exited, status=0/SUCCESS)
     Process: 1190 ExecStartPre=/usr/sbin/nginx -t (code=exited, status=0/SUCCESS)
     Process: 1188 ExecStartPre=/usr/bin/rm -f /run/nginx.pid (code=exited, status=0/SUCCESS)
  Main PID: 1195 (nginx)
    CGroup: /system.slice/nginx.service
            └─1195 nginx: master process /usr/sbin/nginx
              └─1196 nginx: worker process
                └─1197 nginx: worker process
```

Проверка статуса web-сервера

Также, по адресу <http://127.0.0.1: 80> должна быть доступна тестовая веб-страница.

3.9 Настройка принтеров

Будет настройка IPv6 адреса на сетевые принтеры, а также установка драйвера на usb принтер

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКС

В данном разделе описывается практическая реализация, то есть установка локальной компьютерной сети на основе предыдущих наработок, а именно: прокладка кабелей каналов связи, размещение оборудования.

4.1 Общая организация СКС

Для соединения компонентов сети между собой будет использована витая пара. Схема плана здания приведена в приложении В.

В связи с тем, что стоит требование в защите от повышенной влажности, будет использоваться кабель с данной характеристикой. Был выбрана модель пара Klotz RC5-SB1X категории 5е. Внутренние многожильные проводники, образующие пары, заключены в полиэтиленовый крестообразный разделитель. Это гарантирует сохранение механической структуры кабеля при мобильном использовании. Дополнительной защитой служит прочная оболочка из специального полимера на основе полиуретана.

Для проводки витой пары из серверной будут использоваться кабельные коробки, закрепленные на стенах и около пола. К оконечным устройствам подключение будет производиться через информационные розетки. Размер коробов - 20х10 до отдельно стоящего оборудования, в остальных местах – 25х25. Кабеля до беспроводных точек будут проложены на потолке.

Информационные розетки будут находиться на уровне чуть ниже рабочего стола. Там, где это невозможно или нецелесообразно – на уровне пола.

Тут будет про номера кабинетов, какие розетки купил. И что стоит в коммутационном шкафу

Беспроводные точки, по рекомендации производителя, будут крепиться на потолке. Это обеспечит лучшее покрытие кабинетов и коридора.

Цветные принтеры в служебном помещении будут расположены на обычных мебельных стойках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсовой работы была разработана локальная компьютерная сеть для компании по разработке 3D-приложений.

Были получены и закреплены теоретические навыки по проектированию локальных компьютерных сетей.

Также было проведено плотное знакомство различными линейками оборудования вендора HPE и Aruba, из CLI.

В результате были построены структурная, функциональная схемы сети, план здания офиса и перечень оборудования.

Итоговая сеть нетребовательна в обслуживании и открыта для дальнейшего улучшения и масштабирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Олифер, В. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Олифер, Н. Олифер – СПб: Питер, 2019. – 992 с.
- [2] Сергеев, А. Основы локальных компьютерных сетей / А. Сергеев. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 184 с.
- [3] Aruba CX 6200 Switch Series [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arubanetworks.com/products/switches/access/6200-series/>
- [4] Optimizing WLAN for Roaming Devices [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arubanetworks.com/resource/optimizing-wlan-for-roaming-devices/>
- [5] Configuring Fast Roaming for Wireless [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.arubanetworks.com/techdocs/Instant_83_WebHelp/Content/Instant_UG/WLAN_SSID_conf/Support%20for%20dot11r.htm
- [6] Networking Product Finder [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arubanetworks.com/smb-product-wizard/>.
- [7] Router price comparison [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.router-switch.com/>
- [8] Сервер HPE ProLiant ML350 Gen10 P11048-421 [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hpserver.by/hpe-proliant-ml350-gen10-p11048-421.html>
- [9] Кампусные точки доступа Aruba серии 500 [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.arubanetworks.com/techdocs/hardware/aps/ap500/ig/AP-500_Install_Guide_RU.pdf
- [10] ArubaOS-Switch, Comware and Cisco IOS CLI Reference Guide [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://higherlogicdownload.s3-external-1.amazonaws.com/HPE/7eb10b33-891a-4ef0-86d9-1e1c13be4fde_file.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAVRDO7IEREB57R7MT&Expires=1670502638&Signature=MukQicRYELHb5AIHeQrbpmPZn3w%3D
- [11] Aruba 6000 & 6100 Switch Series Installation and Getting Started Guide [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.arubanetworks.com/techdocs/hardware/switches/6100/IGSG/igsg_6000-6100.pdf
- [12] Aruba 6000 & 6100 Switch Series Installation and Getting Started Guide [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.arubanetworks.com/techdocs/hardware/switches/6200/IGSG/Aruba_6200_IGSG.pdf

[13] OS-CX 10.08 Fundamentals Guide[электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.arubanetworks.com/techdocs/AOS-CX/10.08/PDF/fundamentals_6200.pdf

[14] AOS-CX 10.10 Layer-2 Bridging Guide [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.arubanetworks.com/techdocs/AOS-CX/10.10/PDF/l2_bridging_83xx-9300-10000.pdf

[15] Virtual Controller Overview [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.arubanetworks.com/techdocs/Instant_40_Mobile/Advanced/Content/UG_files/virtual_controller/Master_Election_Protocol.htm

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Схема структурная

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Схема СКС функциональная

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

План этажа

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)

Перечень элементов