

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ АКТУАЛЬНОСТИ	5
1.1 Обоснование практической актуальности использования виртуализации маршрутизируемой сети	5
1.2 Анализ теоретических основ технологии VRF-Lite.....	7
ГЛАВА 2 СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ЭМУЛЯТОРОВ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ	12
2.1 Программные эмуляторы сетевого оборудования	12
2.2 Программный симулятор сетевого оборудования Cisco Packet Tracer	14
2.3 Программный эмулятор сетевого оборудования GNS3.....	16
2.4 Программный эмулятор сетевого оборудования EVE-NG Community Edition.....	17
ГЛАВА 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МАРШРУТИЗИРУЕМОЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ VRF-LITE	22
3.1 Установка и настройка программного эмулятора сетевых устройств EVE-NG Community Edition	22
3.2 Проектирование модели маршрутизируемой сети предприятия.....	27
3.3 Моделирование миграции маршрутизируемой сети предприятия с помощью технологии VRF-Lite в EVE Community Edition.....	29
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	35

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире бурный рост информационных технологий приводит к тому, что любая компания или предприятие нуждается в создании более сложных или расширении существующих компьютерных сетей. Это вынуждает организации вкладывать большие финансовые средства в проектирование, в закупку нового сетевого оборудования, его установке и настройке. Поэтому компании стараются соблюдать определенные требования при построении или расширении своей маршрутизируемой сети. Любые затраты при проектировании должны быть полностью оправданными, использование ресурсов данной сети должно быть максимально эффективным и отвечать стандартам безопасности.

Каждая компания, которая имеет устойчивый темп роста задумывается об увеличении количества своих сотрудников. Это приводит к тому, что требуется создавать и оборудовать новые рабочие места персональными компьютерами, которые должны иметь доступ в сеть предприятия или организации. В некоторых случаях ИТ-руководителям таких компаний необходимо расширить существующую маршрутизируемую сеть. Для этого заранее продумываются проектные решения, используемые технологии и оборудование.

Расширение любой маршрутизируемой сети организации требует больших финансовых и временных затрат. Технология VRF (Virtual Routing and Forwarding) позволяет объединить несколько сетей в одну, учитывая пересечения IP-адресов, разместить несколько виртуальных маршрутизируемых сетей на базе одной физической сети. Это существенно сокращает затраты на реализацию такой сети. Именно поэтому особый интерес в настоящее время приобретает использование технологии VRF-Lite.

Также при высокой стоимости промышленного сетевого оборудования, ошибки, допущенные при проектировании маршрутизируемой сети

предприятия, могут стать источником больших финансовых потерь организаций. Для компании важно иметь возможность заранее опробовать и проанализировать выбранные проектные решения. Это можно осуществить с помощью программ моделирования сетевой инфраструктуры, которые позволяют смоделировать будущую структуру и организацию маршрутизируемой сети. Использование такого программного обеспечения приобретает большую актуальность среди сетевых инженеров в современных условиях.

Проблематика выпускной квалификационной работы заключается в развитии методов использования технологии VRF-Lite для миграции маршрутизируемой сети предприятия.

Целью данной работы является систематизация информации о принципе работы технологии VRF-Lite (Virtual Routing and Forwarding), развитие существующих методов её внедрения, реализация миграции маршрутизируемой сети предприятия с использованием данной технологии посредством моделирования в специальном программном обеспечении.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи**:

- выявление особенностей и целей использования технологии VRF-Lite;
- уточнение принципов работы технологии VRF-Lite;
- произвести анализ существующих программных эмуляторов сетевого оборудования;
- спроектировать маршрутизируемую сеть предприятия, произвести её моделирование и её анализ.

Актуальность темы исследования заключается в том, что технология VRF-Lite позволяет без дополнительных затрат на создание новой физической инфраструктуры сети решить несколько задач:

- объединение сетей (присоединение сети филиала к существующей инфраструктуре сети компании);
- перепроектирование сети;
- изоляция путей прохождения трафика.

Именно поэтому использование данной технологии актуально в современном мире.

Практическая значимость работы заключается в реализации миграции маршрутизируемой сети предприятия с использованием технологии VRF-Lite посредством моделирования в специальном программном обеспечении.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ АКТУАЛЬНОСТИ

1.1 Обоснование практической актуальности использования виртуализации маршрутизируемой сети

Бурный рост и развитие информационных технологий приводит к тому, что любая компания или предприятие нуждается в создании или расширении компьютерных сетей. Основной целью создания таких сетей является – предоставление удаленного доступа сотрудникам организации к информационным ресурсам сети интернет. Так компании, у которых есть в наличии несколько компьютеров, установленных в одном помещении или в одном здании, пытаются их объединить в локальную сеть с помощью сетевого кабеля. Это необходимо для совместного использования сотрудниками организации ресурсов их компьютеров: удаленных систем, программ, файлов и других устройств (офисных принтеров, сканеров, факсов и т. д.).

К локальным компьютерным сетям есть перечень требований, которым они должны соответствовать. Сеть компании или предприятия должна быть доступна в любое время её сотрудникам, работать бесперебойно, соответствовать всем требованиям и политикам безопасности, иметь балансировку нагрузки и учитывать все возможности для её расширения (быть масштабируемой).

Для большинства директоров компаний сеть является абстракцией для их бизнеса. Их не интересует технологии, топологии, протоколы маршрутизации, которые будут использованы при проектировании маршрутизируемой сети их предприятия. Главный критерий, на который они смотрят – проектируемая или используемая сеть должна быть надежной, безопасной, должна обеспечивать доступ к ресурсам и быть недорогой в приобретении и обслуживании.

Чтобы оценить достоинства и недостатки выбранных сетевыми инженерами проектных решений при проектировании маршрутизируемых сетей, нужно обратиться к типичной схеме сети, которая отражает упрощенное представление сети в виде иерархической модели.

Иерархическая модель сети состоит из трех уровней: ядро сети (core layer), уровень распределения (distribution layer) и уровень доступа (access layer).

На рисунке 1.1 изображена типичная схема сети, которая используется в организациях.

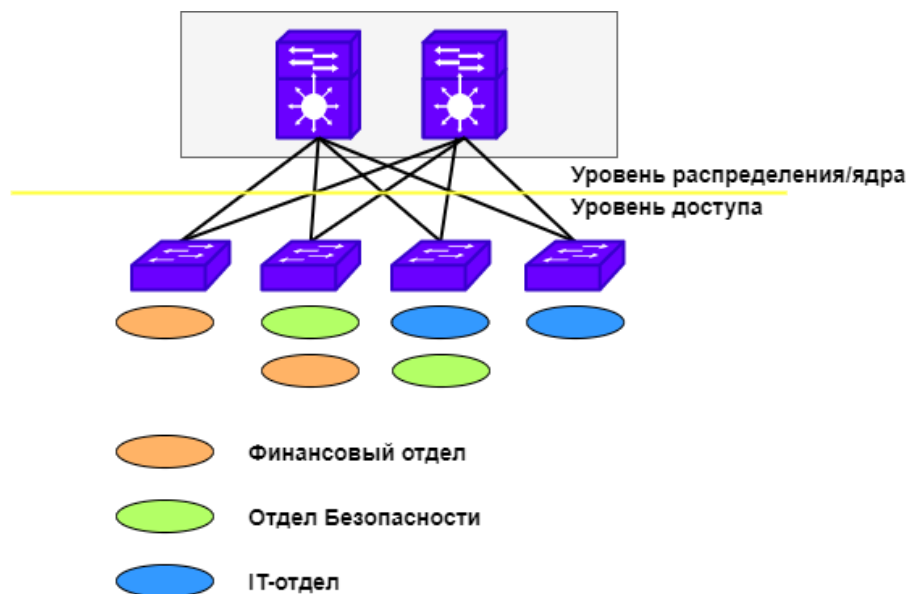


Рисунок 1.1 – Типичная схема сети предприятия

Для уровня распределения и ядра характерно:

- По умолчанию отсутствует изоляция сетевого трафика;
- Для осуществления изоляции сетевого трафика нужно использовать ACL (Access Control List) или списков контроля доступа. Они представляют с собой набор текстовых выражений, которые разрешают, либо что-то запрещают. Чаще всего они действуют на IP-пакеты. При использовании ACL усложняется настройка сетевого оборудования и увеличивается размер файлов конфигурации сетевых устройств;
- Ошибки написания списков контроля доступа ACL могут привести к серьезным проблемам с доступом отдельных пользователей сети.

Для уровня доступа характерно:

- Использование VLAN (Virtual Local Area Network) или виртуальная локальная сеть, как типичный способ изоляции трафика. На рисунке 1.1 виртуальные локальные сети разных отделов обозначены овалами разных цветов: оранжевого, зеленого и синего;
- Не всегда сетевым инженерам удается размещать одну виртуальную сеть на одном коммутаторе.

При использовании виртуализации, которая лежит в основе технологии VRF-Lite, можно обойти недостатки типичных сетей предприятий, которые были ранее описаны.

Основная цель виртуализации – сокращение затрат при расширении или модернизации существующей маршрутизируемой сети.

Использование технологии виртуализации позволяет (рисунок 1.2):

- Разместить несколько виртуальных маршрутизируемых сетей на одной физической сети;
- Каждая виртуальная сеть использует свои собственные выделенные ресурсы (независимые наборы политик, сервисы безопасности, параметры маршрутизации и т.д.);
- Изолировать трафик на третьем уровне;
- Использование ресурсов физической сети происходит оптимально.

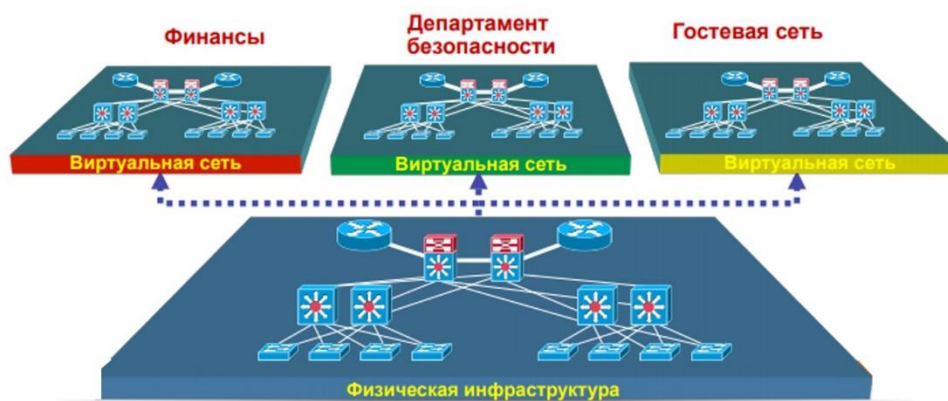


Рисунок 1.2 – Распределение виртуальных сетей на одной физической инфраструктуре

С помощью данной технологии организация может получить несколько сетей по цене одной физической. Её внедрение на практике

1.2 Анализ теоретических основ технологии VRF-Lite

Виртуализация – это метод, позволяющий вместо физической версии создать имитированную или виртуальную вычислительную среду. При этом пользователям таких виртуальных сред недоступны физические характеристики вычислительных ресурсов. Это включает в себя создание одного физического ресурса (такого как сервер, операционная система,

приложение, устройство хранения или сеть), который функционирует как несколько логических ресурсов.

Виртуальные сети – это общий термин, который включает в себя использование множества различных технологий для обеспечения виртуализации. Виртуальные сети представляют собой функционирование нескольких маршрутизируемых сетей, которые используют одни и те же аппаратные устройства и физические соединения.

Существуют несколько типов виртуализации и уровень, на котором происходит эта виртуализация сети:

- Физический уровень (уровень 1) – мультиплексор с временным разделением (Time Division Multiplexing, TDM) дает возможность в одном физическом соединении передавать несколько потоков данных, как подканалы;
- Канальный уровень (уровень 2) – ретрансляция кадров, режим асинхронной передачи и сетевые коммутаторы- все это примеры того, как один физический канал может обеспечить несколько логических или виртуальных соединений для одного физического соединения;
- Сетевой уровень (уровень 3) Маршрутизаторы – это примеры того, как несколько сеансов могут передаваться по одному соединению с использованием IP-адресов в качестве идентификатора. Маршрутизаторы используют IP-адреса для направления данных в правильный пункт назначения. Когда IP-пакет получен, адрес назначения ищется в таблице маршрутов, чтобы определить следующий переход для отправки пакета. Обычно все пакеты в физическом маршрутизаторе используют одну и ту же таблицу маршрутов или глобальную таблицу.

Если предприятию нужны маршрутизируемые сети, которые изолированы, поскольку они используются различными компаниями, департаментами или организациями, то обычно развертываются несколько маршрутизируемых сетей, состоящих из отдельных физических маршрутизаторов, которые не были связаны друг с другом. Они могут по-прежнему использовать общую инфраструктуру уровня 2 или уровня 1, однако на уровне 3 они не подключены и не образуют единую сеть.

Виртуализация сети позволяет одному физическому маршрутизатору иметь несколько таблиц маршрутов. Глобальная таблица содержит все IP-интерфейсы, которые не являются частью конкретной виртуальной сети, и таблицы маршрутов предназначены для каждой уникальной виртуальной сети, назначенной IP-интерфейсу.

Виртуализация сети – это экономичный способ разделения трафика. Несколько виртуализированных сетей могут быть наложены на одну физическую инфраструктуру. Корпорации может потребоваться обеспечить разделение трафика между различными группами пользователей. Разделение трафика может основываться на ролях пользователей или групповых политиках пользователей. Например, может потребоваться разделение трафика между различными отделами в организации, сторонним поставщикам может потребоваться совместное использование выбранных сетевых ресурсов, или из-за приобретений корпораций и слияний доступ к сети может быть частично ограничен. Развертывание отдельной физической сети для каждой группы пользователей увеличивает капитальные затраты / операционные расходы (CapEx / OpEx) и может оказаться неэффективным способом обеспечения разделения трафика.

VRF (Virtual Routing and Forwarding) – технология, которая позволяет реализовывать создание нескольких виртуальных маршрутизаторов на базе одного физического со своими независимыми таблицами маршрутизации.

Схема распределения VRF на одном физическом маршрутизаторе представлена на рисунке 1.3.

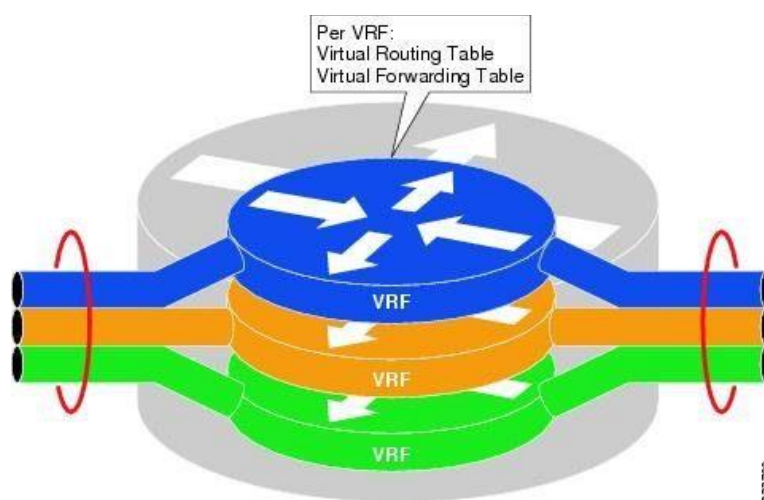


Рисунок 1.3 – Распределение VRF на одном физическом маршрутизаторе

Разными цветами (синим, оранжевым и зеленым) выделены три созданных виртуальных маршрутизаторов на одном физическом. Каждый из них имеет собственную таблицу маршрутизации и не пересекается с другим.

Каждый маршрутизатор, на котором используется VRF, обязательно поддерживается совершенно отдельная таблица маршрутизации для каждого VRF (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Таблицы маршрутизации VRF на одном физическом маршрутизаторе

Отдельный VRF создается на одном интерфейсе маршрутизатора, при этом исходная (глобальная) таблица маршрутизации сохраняется.

Обычно при развертывании виртуальной частной сети (Virtual Private Network, VPN) вместе с VRF используют многопротокольную коммутацию по меткам (Multiprotocol label switching, MPLS) и протокол динамической маршрутизации (Border Gateway Protocol, BGP). Это значительно усложняет настройку сети и увеличивает размер конфигурационных файлов. Поэтому сетевые инженеры стараются использовать VRF-Lite при реализации VPN.

VRF-Lite – позволяет разворачивать несколько виртуальных сетей, где происходит изоляция трафика на сетевом уровне и возможно пересечение IP-адресов между ними. VRF-Lite использует входные интерфейсы для разграничения маршрутов для различных VPN и формирует виртуальные таблицы маршрутизации для пересылки пакетов, связывая один или несколько интерфейсов сетевого уровня с каждым VRF. Сегментация VRF на сетевом уровне аналогична сегментации VLAN на канальном уровне. Главное отличие VRF-Lite от VRF состоит в том, что для реализации VPN

можно не использовать MPLS. Использование технологии VRF-Lite предназначено для филиалов, кампусных сетей, корпоративных сетей и ЦОД.

Можно выделить основные преимущества использования технологии VRF-Lite:

- Обеспечение безопасности в маршрутизируемой сети предприятия за счет изоляции сетевого трафика;
- Создание нескольких (виртуальных) сетей по стоимости одной физической сети;
- Легкость в настройке IP-адресации. Возможность поддержки пересечения IP-адресов.

ГЛАВА 2 СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ЭМУЛЯТОРОВ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

2.1 Программные эмуляторы сетевого оборудования

Для осуществления моделирования миграции маршрутизируемой сети предприятия на технологию VRF-Lite необходимо выбрать программный эмулятор сетевого оборудования. Это позволит проанализировать и оценить характеристики выбранных технологических решений до непосредственно её физической реализации. С помощью модели маршрутизируемой сети инженеры могут заранее разработать конфигурацию сетевого оборудования.

На сегодняшний день существует большое количество сетевого оборудования от разных производителей: TP-Link, Huawei, Juniper Networks, ASUS, Cisco Systems и т. д. Такое многообразие устройств усложняет процесс моделирования сетей.

Оптимальное решение, которое не требует существенных финансовых затрат на приобретение сетевых устройств, для реализации модели миграции сети – специальные программные эмуляторы сетевого оборудования.

Программный эмулятор сетевого оборудования – это программное обеспечение, позволяющее виртуально воссоздать маршрутизируемую сеть, которая не будет отличаться по своим функциям и параметрам от реальной. В основной функционал таких программ входит имитация работы сетевого оборудования, его интерфейсов управления и каналов связи.

Программные эмуляторы сетевых устройств используются в основном с целью проверки выбранных технологических решений при проектировании сетей, при тестировании оборудования. Часто учебными заведениями и компаниями, которые осуществляют профессиональную сертификацию специалистов на знание сетевых технологий, используются программные эмуляторы в обучающих целях.

Использование эмуляторов сетевого оборудования упрощает настройку, управление и мониторинг смоделированной виртуальной сети благодаря удобному графическому интерфейсу. Например, намного сложнее подключать реальные физические сетевые устройства между собой, чем соединить их в программе эмулятора.

Для осуществления моделирования миграции маршрутизируемой сети предприятия на технологию VRF-Lite необходимо выбрать оборудование разных уровней: канального (уровень 2) и сетевого (уровень 3) уровня.

Таковыми устройствами стали:

- Коммутатор (Switch) – сетевое устройство второго уровня, позволяющее объединить несколько участков компьютерной сети в одно или несколько локальных;
- Маршрутизатор (Router) – сетевое устройство третьего уровня, которое устанавливает соединение между локальными сетями и Интернетом.

Из большого количества компаний, которые занимаются разработкой и производством сетевого оборудования, компания Cisco Systems остается лидером в данной отрасли. По данным за 2019 год Cisco Systems занимает ведущую долю в 37,2% и предлагает большую линейку устройств для создания сетей от небольшой компании до крупной корпорации.

Большинство специалистов доверяют именно устройствам от компании Cisco Systems, которые имеют ряд преимуществ:

- Надёжность оборудования. При создании своих устройств компания Cisco Systems использует только высококачественные компоненты: от материала корпуса, вентиляторов охлаждения и блоков питания до чипов микропроцессоров на платах;
- Гибкость программного обеспечения. За счет использования на своих устройствах операционной системы Cisco IOS, такое оборудование может выполнять различные функции: маршрутизационные, защитные, отладочные и т.д.;
- Интеллектуальность. На базе оборудования от компании Cisco Systems можно использовать широкий спектр различных технологий и протоколов, как стандартных, так и разработанных собственно компанией Cisco.

Помимо существенных достоинств сетевого оборудования компании Cisco, можно выделить и недостатки – высокую стоимость. Но она компенсируется высокой надежностью и сроком службы сетевого оборудования.

На оборудовании компании Cisco Systems будет реализовано моделирование миграции маршрутизируемой сети предприятия на технологию VRF-Lite. Поэтому необходимо проанализировать программные эмуляторы сетевого оборудования, которые поддерживают устройства данной компании.

2.2 Программный симулятор сетевого оборудования Cisco Packet Tracer

Компанией Cisco Systems был разработан простой в использовании и удобным, легко осваиваем графическим интерфейсом программный симулятор сетевого оборудования Cisco Packet Tracer. Это отличный инструмент для начинающих специалистов, которые хотят получить практические навыки в проектировании сетей и настройке сетевого оборудования. Cisco Packet Tracer доступен на большинстве платформ: Microsoft Windows, MacOS, Linux.

Особенность Cisco Packet Tracer состоит в том, что этой программой имитируется поведение сетевой инфраструктуры и её интерфейсов. В свою очередь эмуляторы создают реальную модель сетевого оборудования и запускают внутри неё реальную операционную систему. Таким образом часть функционала сетевого оборудования будет недоступна в Cisco Packet Tracer, но он все равно остается хорошим решением для моделирования сетевой инфраструктуры.

Основными целями использования симулятора Cisco Packet Tracer являются проектирование и создание виртуальных сетей; проверка технологических решений при построении сетевых инфраструктур, управление ими и обеспечение их безопасности; визуализация внутренних процессов в режиме реального времени, оценка практических навыков в построении сети и настройке сетевого оборудования в рамках лабораторных заданий.

Cisco Packet Tracer используется не только обучающимися в процессе изучения принципов работы сети, но и преподавателями. Для них в функционал Cisco Packet Tracer встроены автоматические инструменты по созданию и проверки лабораторных работ. Преподаватель может прописать задания в отдельном окне, которые должны будут выполнить обучающиеся, автоматически проверить их выполнение (правильность настройки сетевого оборудования) в процентах. Поэтому данный программный продукт часто используют при создании курсов и при подготовке к сертификационным экзаменам CCNA (Cisco Certified Network Associate), CCNA Security (Cisco

Certified Network Associate Security) и CCNP (Cisco Certified Network Professional).

Для начала работы с Cisco Packet Tracer, его необходимо скачать бесплатно с официального сайта Cisco Network Academy. После установки пользователь встречается с графическим интерфейсом программы. На рисунке 2.1 отображен графический интерфейс Cisco Packet Tracer.

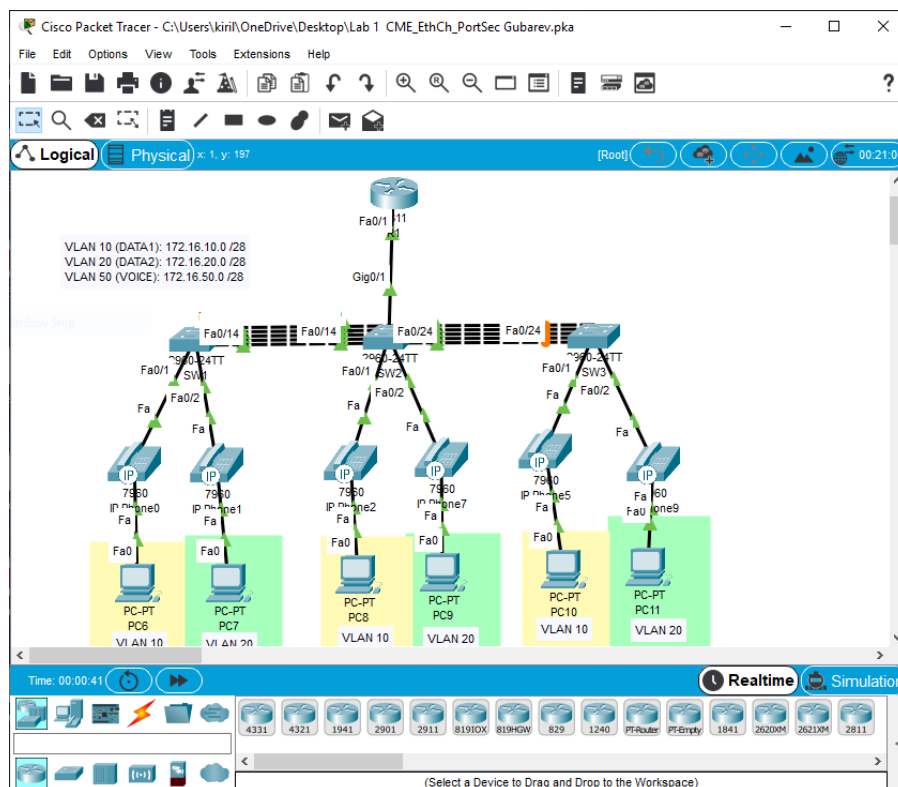


Рисунок 2.1 – Графический интерфейс программы Cisco Packet Tracer

Начинающим специалистам будет легко освоить графический интерфейс программы Cisco Packet Tracer, что упростит проектирование и создание виртуальных сетевых инфраструктур, а также настройку сетевого оборудования. Дополнительно в Cisco Packet Tracer можно настраивать IP-телефонию, беспроводную сеть вместе с устройствами, которые поддерживают беспроводной доступ (ноутбуки, смартфоны и т.д.), сервера и т.д. В данный продукт входят отличные инструменты, которые позволят быстро изучить работу сетевой инфраструктуры: генератор сетевого трафика, увеличивающий программно нагрузку на сетевую инфраструктуру; отображение пересылки пакетов с одного устройства на другое, их маршрут и изменение.

Многие начинающие специалисты и пользователи выбирают Cisco Packet Tracer именно потому, что он удобен и прост в использовании, также

он является бесплатным. Это универсальный инструмент для обучения и подготовки к сертификационным экзаменам, но для решения более сложных практических задач Cisco Packet Tracer уступает другим эмуляторам сетевого оборудования, которые полностью воспроизводят их функционал, поэтому далее не будет использован для сравнения.

2.3 Программный эмулятор сетевого оборудования GNS3

GNS3 (Graphical Network Simulator 3) – это программный эмулятор сетевого оборудования, который позволяет создавать модели виртуальных сетей. Его главным отличием от Cisco Packet Tracer является полная эмуляция сетевых устройств, что не ограничивает их функционал. Данный продукт поддерживается на большинстве платформ: Microsoft Windows, MacOS, Linux. GNS3 доступен для бесплатного скачивания любому пользователю.

В GNS3 есть поддержка эмуляции сетевых устройств от разных производителей (Cisco Cisco Systems, Juniper), а также серверов под управлением разных операционных систем. Их эмуляция будет зависеть от выбранной аппаратной платформы, на которой будет использоваться Graphical Network Simulator 3.

На рисунке 2.2 представлен графический интерфейс GNS3.

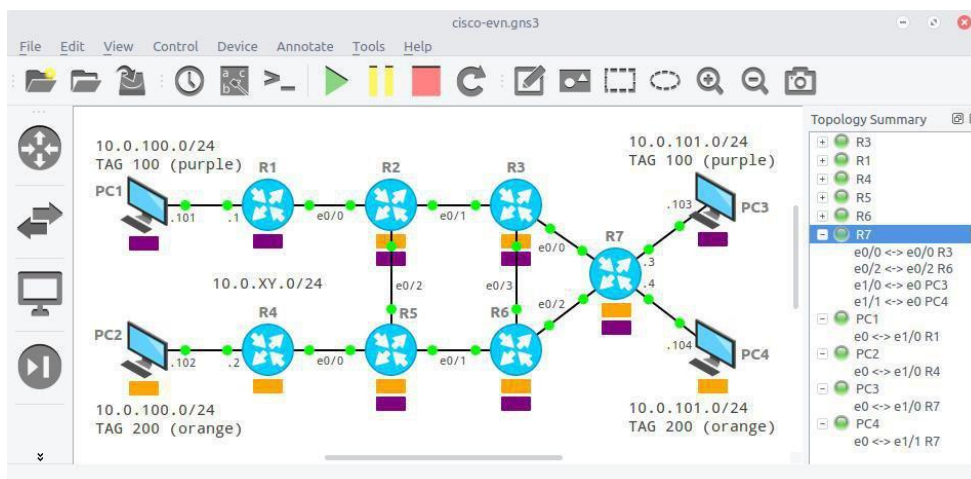


Рисунок 2.2 – – Графический интерфейс программы Graphical Network Simulator 3

Графический интерфейс данного программного продукта больше предназначен для более опытных специалистов, которые имеют опыт работы с моделированием сетей и настройкой сетевого оборудования. Графические

инструменты GNS3 позволят более быстро и легко начать проектирование виртуальной сети.

GNS3 часто используют при подготовке к сертификационным экзаменам CCNA (Cisco Certified Network Associate), CCNA Security (Cisco Certified Network Associate Security) и CCNP (Cisco Certified Network Professional). Так как в данном программном продукте можно протестировать работу виртуальной сети, проверить конфигурацию сетевого оборудования. Это существенно экономит финансовые затраты и время на подготовку к экзаменам.

Основные достоинства использования программного эмулятора сетевых устройств GNS3:

- Возможность полной эмуляции сетевых устройств без ограничения их функционала;
- Проектирование гетерогенных сетей, которые будут включать в себя устройства от разных производителей;
- Внедрение в спроектированную виртуальную сеть полноценных рабочих станций и серверов под управлением разных операционных систем: Windows Server, Ubuntu. Для этого нужно использовать VirtualBox или VMWare с подключением к GNS3.

Главный недостаток использования программного эмулятора сетевых устройств GNS3 – высокое требование к системным ресурсам. Этот программный продукт включает в себя одновременную работу трех программных эмуляторов: Dynamips, который отвечает за эмуляцию Cisco IOS на виртуальных маршрутизаторах; Qemu, который отвечает за эмуляцию межсетевых экранов Cisco PIX и ASA; VirtualBox или VMWare, которые интегрируют в систему возможность использования рабочих станций и серверов под управлением разных операционных систем. Именно поэтому GNS3 использует большое количество системных ресурсов при его работе. Это ограничивает размер сети, который будет смоделирован в Graphical Network Simulator 3.

2.4 Программный эмулятор сетевого оборудования EVE-NG Community Edition.

EVE-NG (Emulated Virtual Environment – Next Generation) – представляет собой эмулированную среду, которая позволяет создавать полноценную виртуальную лабораторию с сетевым оборудованием и

программным обеспечением ведущих мировых производителей сетевых устройств. Можно сделать вывод, что данный программный продукт дает возможность создания виртуальной сети с использованием разных платформ и производителей оборудования. На рисунке 2.3 представлен графический интерфейс EVE-NG Community Edition.

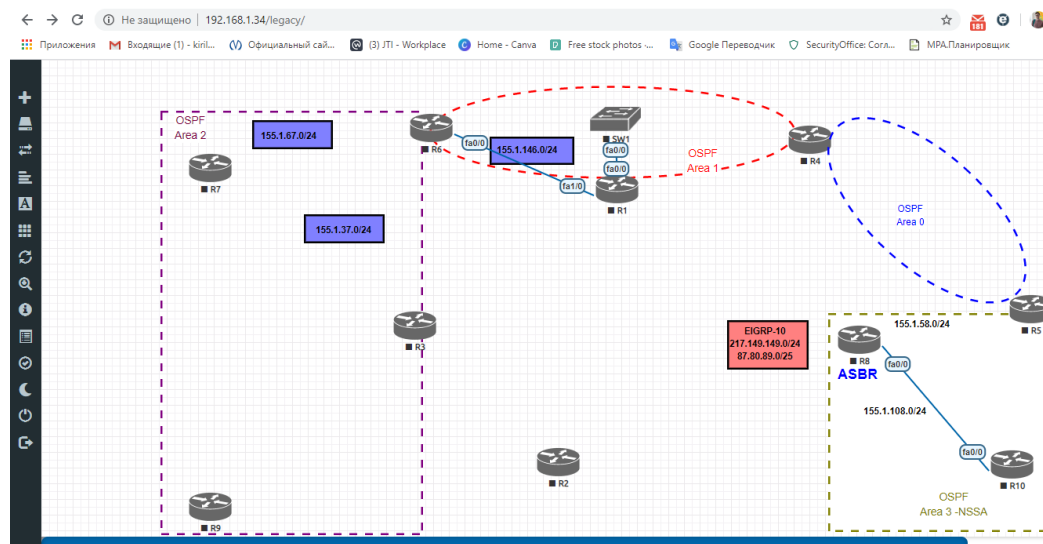


Рисунок 2.3 – Графический интерфейс программы EVE-NG Community Edition

В 2017 году проектом UNetLab (Unified Networking Lab) был представлен новый продукт EVE-NG – виртуальная лаборатория по виртуализации сетевого оборудования и устройств следующего поколения.

EVE-NG включает в себя инструменты и функционал, которые были ранее в UnetLab, но и также расширяет его, улучшая удобство и простоту работы для пользователей данного продукта. EVE-NG теперь поддерживает большое число производителей сетевого оборудования, программного обеспечения и новые типы сетевых устройств.

Основные цели использования эмулятора сетевого оборудования EVE-NG:

- Позволяет быстро и легко создавать виртуальную сетевую инфраструктуру под конкретные задачи без финансовых затрат на покупку дорогостоящего реального оборудования;
- Дает возможность изучения сетевых технологий и подготовки к сертификационным экзаменам по различным программам ведущих производителей, например, таких как Cisco, Juniper, Microsoft и многих других;

- Знакомство с архитектурой, принципами работы и настройки оборудования и программного обеспечения ведущих производителей;
- Дизайн сетей и проверка взаимодействия оборудования различных производителей ещё до закупки реального оборудования;
- Проверка работоспособности выбранных технических решений при проектировании виртуальной сетевой инфраструктуры;
- Обучение сотрудников компании.

Проект EVE-NG постоянно поддерживается его разработчиками, выходят периодические обновления и улучшения для данного эмулятора сетевых устройств. Он за малый срок стал одним из лидеров в сфере программных эмуляторов.

На сегодняшний день EVE-NG имеет ряд преимуществ:

- Данный продукт поддерживает большое количество сетевого оборудования и программного от ведущих производителей: Cisco Systems, Huawei, Juniper Networks, Dell и многих других. Что делает EVE-NG мультивендоровой платформой;
- EVE-NG имеет поддержку запуска виртуальных хостов и позволяет подключаться к удаленным (внешним) виртуальным машинам на базе популярных операционных систем (Microsoft Windows, Linux и т.д.);
- Предоставляет единое рабочее пространство для всех типов эмулируемых устройств (IOU/IOL, Vios, Dynamips, Qemu).
- Получить доступ к EVE-NG возможно через WEB – интерфейс с любого браузера. Что делает гибким использование данной платформы, так как её можно использовать в любой операционной системе;
- Возможность работы нескольких пользователей с EVE-NG – многопользовательский режим;
- Возможность установки EVE-NG, как отдельной виртуальной машины с помощью Vmware Workstation, Oracle VM VirtualBox, так и непосредственно на физическую машину (сервер) с операционной системой Ubuntu;
- Высокая стабильность работы эмулированной виртуальной среды и устройств в ней.

EVE-NG доступна пользователям в трех версиях:

- EVE-NG Community. Доступна бесплатно. Имеет ряд ограничений в количестве узлов (63 узла), пользовательских ролей (только администратор), инструментов для создания обучающих лабораторных работ;
- EVE-NG Professional. Платная версия программы. Имеет ряд ограничений в количестве узлов (1024 узла), пользовательских ролей (только администратор), инструментов для создания обучающих лабораторных работ;
- EVE-NG Learning Center. Платная версия программы. Имеет ряд ограничений в количестве узлов (1024 узла). В данной версии доступно добавление ролей и использование инструментов для создания лабораторных работ.

Учитывая особенности программных эмуляторов сетевого оборудования, можно обозначить две платформы, которые больше других отличаются набором функционала, доступности, удобства в использовании и эффективности, – GNS3 и EVE-NG. В свою очередь EVE-NG включает в себя большой функционал, который не требует дополнительных установок платформ для эмуляции сетевого оборудования. Что дает значительное преимущество EVE-NG в сравнении с GNS3.

В таблице 1 приведен сравнительный анализ функциональных характеристик двух платформ для эмулирования сетевых устройств – EVE-NG Community Edition и GNS3.

Таблица 1 – Сравнительный анализ функциональных характеристик платформ

Функциональные характеристики платформ	GNS3	EVE-NG Community Edition
1	2	3
Графический интерфейс платформы	Графический интерфейс устанавливается пользователем на персональный компьютер.	Графический интерфейс пользователя представлен в виде WEB-интерфейса.

1	2	3
Установка дополнительного специализированного программного обеспечения	Требует установки специализированного клиента для последующего использования платформы.	Нет необходимости в отдельных клиентах для использования платформы.
Уровень поддержки эмуляции сетевых устройств	Частичная поддержка эмуляции канального и сетевого уровней.	Полноценная поддержка эмуляции канального и сетевого уровней без ограничений.
Режимы доступа к платформе	Однопользовательский режим доступа к платформе.	Однопользовательский режим доступа к платформе.
Ограничение узлов	16 узлов в рамках виртуализации.	64 узла в рамках виртуализации.
Масштабируемость	Необходимость в создании отдельных виртуальных машин для запуска образов в GNS3.	Образы запускаются и работают в рамках одной виртуальной машины или физического сервера.

В результате анализа функциональных характеристик двух платформ виртуализации был выбран EVE-NG Community Edition для дальнейшего моделирования миграции маршрутизируемой сети на технологию VRF-Lite.

ГЛАВА 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МАРШРУТИЗИРУЕМОЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ VRF-LITE

3.1 Установка и настройка программного эмулятора сетевых устройств EVE-NG Community Edition

Перед началом проектирования модели маршрутизируемой сети предприятия с использованием технологии VRF-Lite необходимо произвести установку виртуальной EVE-NG Community Edition.

Для создания виртуальной машины EVE-NG Community Edition было использовано VMware Workstation 15.5.5 Player (для некоммерческого использования).

Далее была осуществлена подготовка образа виртуальной машины. Для этого необходимо было скачать образ EVE Community Edition в формате OVA с официального сайта EVE-NG (рисунок 3.1).

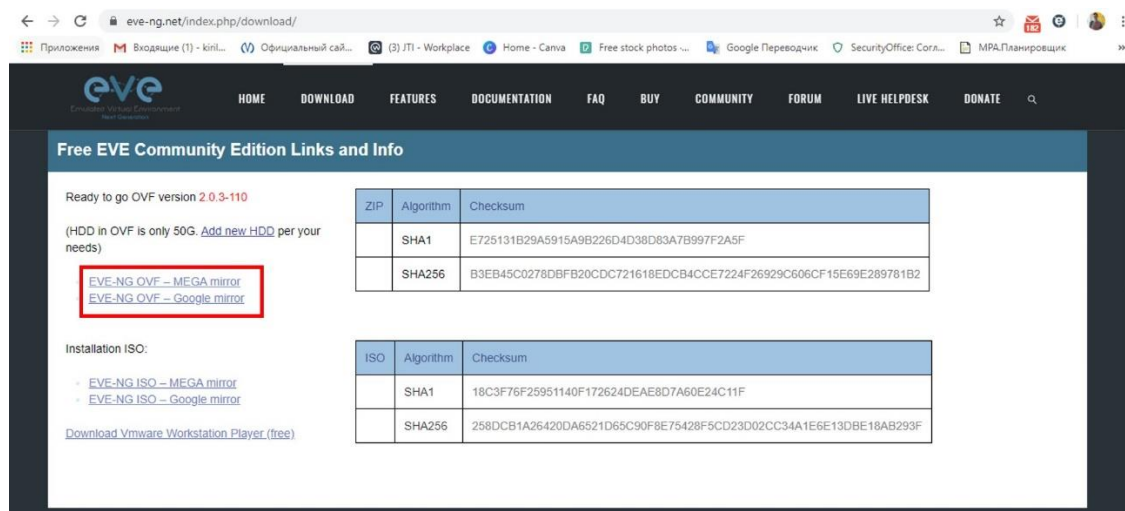


Рисунок 3.1 – Место нахождения образов EVE Community Edition на официальном сайте EVE-NG

Размер скаченного образа виртуальной машины в формате OVA составляет 1,3 Гбайт.

Далее необходимо открыть VMware Workstation 15.5.5 Player для того, чтобы открыть скаченный ранее образ виртуальной машины EVE Community Edition.

После запуска VMware Workstation 15.5.5 Player была открыта вкладка «Open Virtual Machine» и выбран файл EVE-COMM-VM.ovf. На рисунке 3.2 представлено окно выбора образа файла виртуальной машины.

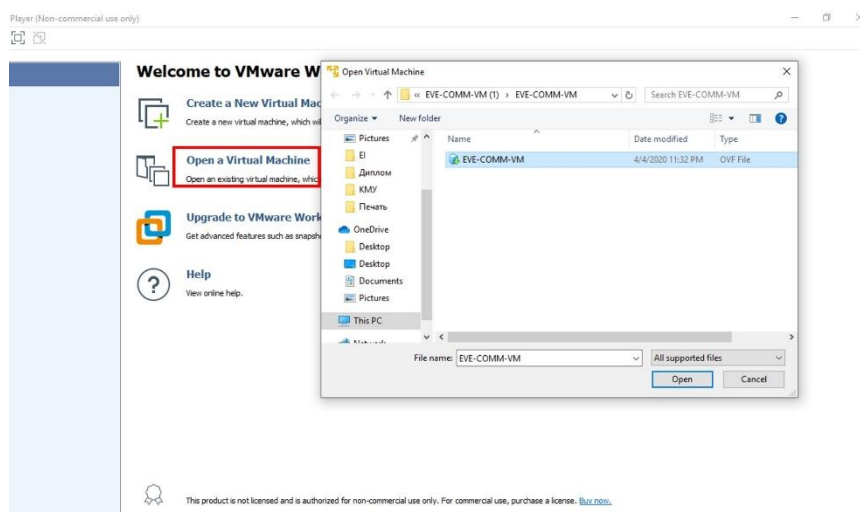


Рисунок 3.2 – Окно выбора образа виртуальной машины EVE Community Edition

VMware Workstation 15.5.5 Player предложит выбрать место расположения для распаковки виртуальной машины. После этого процесс распаковки в формат VMDK, займет некоторое количество времени. Далее выбранная виртуальная машина EVE Community Edition появится в списке для загрузки (рисунок 3.3).

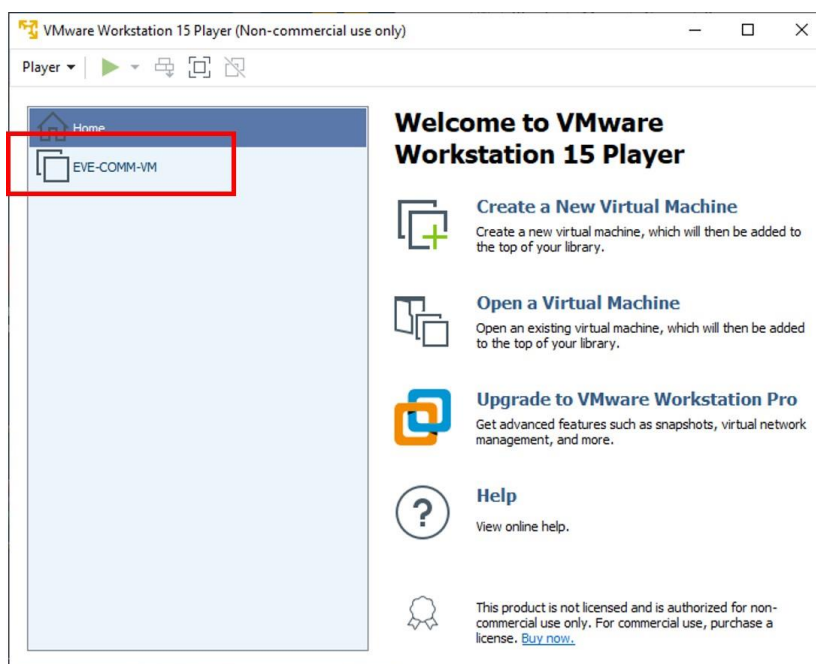


Рисунок 3.4 – Установленная виртуальная машина EVE-NG

Следующим шагом обязательно были отредактированы свойства данной виртуальной машины:

- Оперативная память – 4 Гбайт;
- В свойствах процессора был выбран параметр – Virtualize Intel VT-x/EPT or AMD-V/RVI. Если этого не сделать, то не будет работать вложенная виртуализация;
- Выбрать сетевую карту, которая смотрит в интернет.

Далее был осуществлен первый запуск виртуальной машины EVE-NG Community Edition. На стартовом экране указываются параметры для первого входа в систему (Логин: root, пароль: eve). Сразу же виртуальной машиной обрабатывается скрипт, который позволяет изменить базовые настройки системы. В таблице 2 приведены сетевые настройки виртуальной машины.

Таблица 2 – Сетевые настройки виртуальной машины

Конфигурация IP-протокола:	Статическое (static)
IP-адрес устройства и маска:	192.168.1.34 255.255.255.0
Шлюз по умолчанию:	192.168.1.1
DNS:	По умолчанию
Тип подключения:	Прямое подключение (direct connection)

После внесения первых настроек виртуальная машина перезагрузиться и настройки вступят в силу. Для проверки соединения виртуальной машины и персонального компьютера была использована командная строка. С её помощью пингуем виртуальную машину (рисунок 3.5).

```
Microsoft Windows [Version 10.0.17763.1217]
(c) 2018 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\kiril>ping 192.168.1.34

Pinging 192.168.1.34 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.34: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.34: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.34: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.34: bytes=32 time=1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.34:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 1ms, Average = 1ms
```

Рисунок 3.5 – Проверка доступности виртуальной машины

С помощью программы FileZilla Client было установлено соединение с виртуальной машиной EVE-NG. В корневой каталог были установлены образы сетевого оборудования Cisco IOL канального уровня (уровень 2) и сетевого уровня (уровень 3).

После этого с персонального устройства можно, открыв браузер и вбив IP-адрес виртуальной машины, подключится к графическому интерфейсу EVE-NG. Платформа запрашивает логин и пароль для входа (логин: admin, пароль: eve). На рисунке 3.6 представлена форма для входа в графический интерфейс EVE-NG.

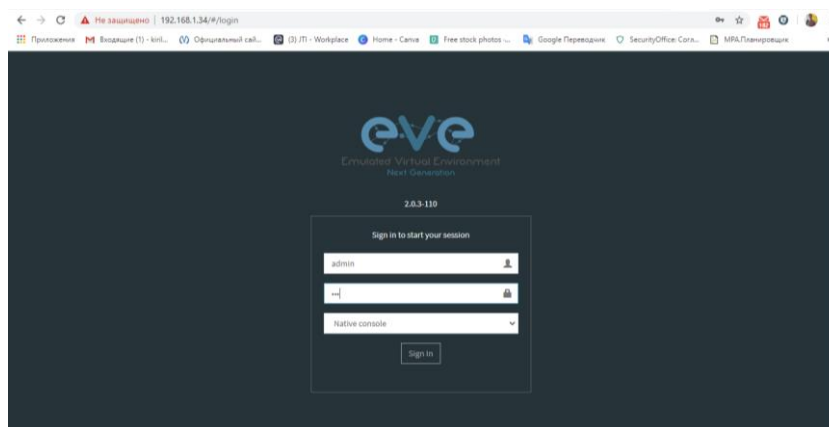


Рисунок 3.6 – Форма для входа в графический интерфейс EVE-NG

Следующим шагом после входа данных для авторизации, открывается окно, где пользователь увидит список проектов, панель управления проектами и системой (рисунок 3.7).

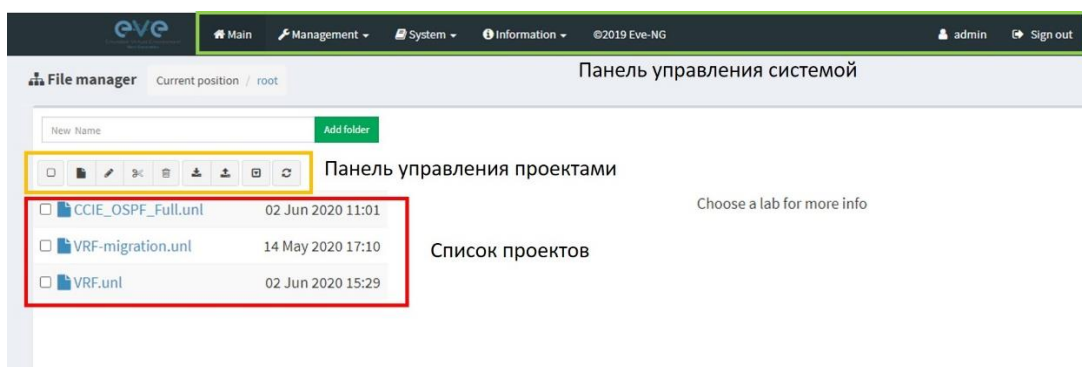


Рисунок 3.7 – Окно графического интерфейса со списком проектов EVE-NG

С помощью панели управления проектами можно создавать новые проекты, их переименовывать, перемещать, удалять, экспортировать и импортировать в систему проекты.

Создав новый проект, пользователь переходит на страницу, где находится рабочее место (рисунок 3.8). Проектирование новых виртуальных сетей будет происходить путём добавления новых устройств.

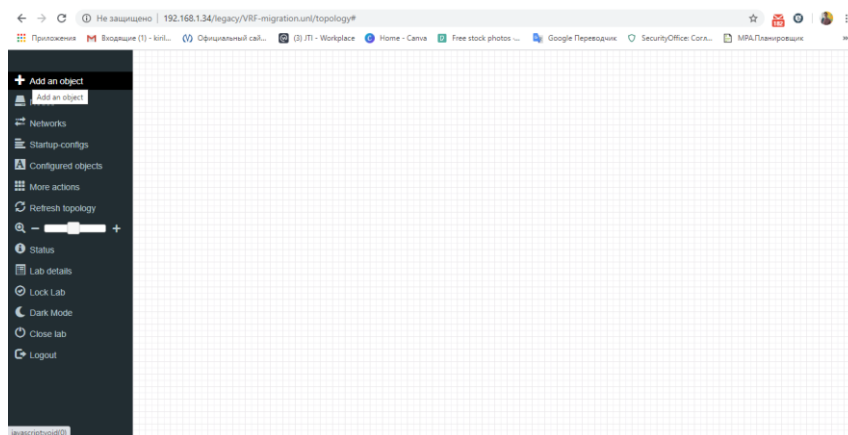


Рисунок 3.9 – Рабочее место пользователя в EVE Community Edition

Используя вкладку «Add an object» (добавить новый объект), пользователь может выбрать из большого списка устройств от разных производителей нужное ему оборудование. Ему так же доступен выбор характеристик сетевых устройств: образа эмулируемого устройства, его объем оперативной и флеш памяти и т.д. На рисунке 3.10 изображено окно выбора характеристик устройства на программной оболочке Cisco IOS, на базе которого будет моделироваться миграция маршрутизируемой сети с помощью технологии VRF-Lite.

ADD A NEW NODE	
Template	Cisco IOL
Number of nodes to add	1
Image	L3-ADVENTERPRISE9-15.5.2T.bin
Name/prefix	R
Icon	Router.png
NVRAM (KB)	1024
RAM (MB)	1024
Ethernet portgroups (4 int each)	1
Serial portgroups (4 int each)	0
Startup configuration	None

Рисунок 3.10 – Конфигурирование нового устройства в EVE Community Edition

После того как все характеристики были выбраны пользователем для сетевого устройства, оно отображается на рабочем поле. Добавлением сетевых устройств на рабочее поле, пользователь выстраивает модель маршрутизируемой сети.

Для настройки сетевого оборудования в EVE Community Edition встроена автоматическое подключение консоли PuTTY (клиент для удалённого подключения к устройствам). С его помощью происходит настройка и конфигурирование сетевых устройств на рабочем поле.

В EVE-NG встроено дополнительное программное обеспечение – WireShark. С его помощью можно произвести анализ сетевого трафика виртуальной сети.

Также пользователь может воспользоваться дополнительными инструментами, которые позволяют выделить объекты на рабочем поле. А именно можно добавлять геометрические объекты, подписи и изображения.

3.2 Проектирование модели маршрутизируемой сети предприятия

Для осуществления моделирования миграции маршрутизируемой сети на технологию VRF-Lite необходимо разработать условную концепцию работы сети предприятия.

Предприятие имеет главный офис, где располагается его сетевая инфраструктура. На рисунке 3.11 представлена концепция, отображающая простейшую сеть в главном офисе предприятия.

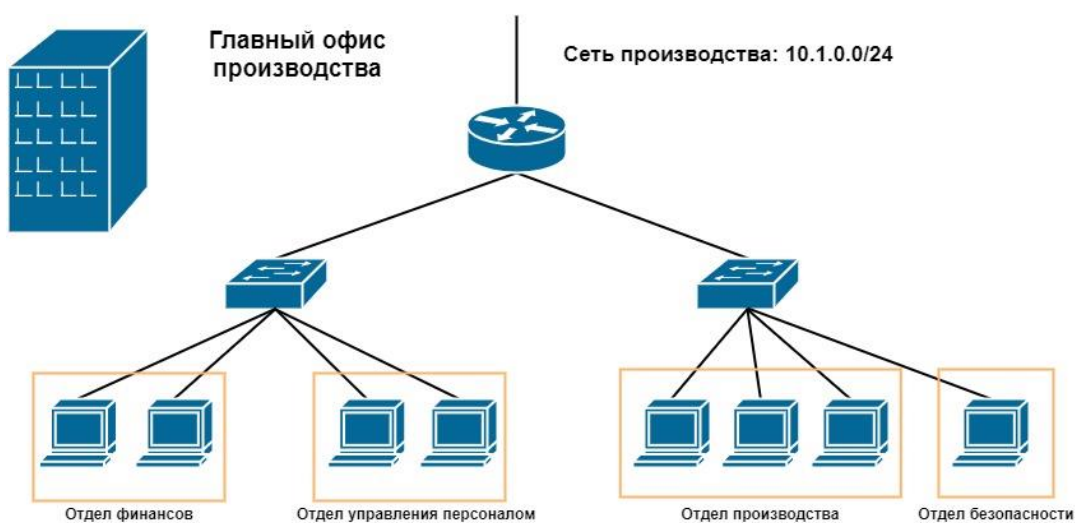


Рисунок 3.11 – Концепция, отображающая простейшую сеть в главном офисе предприятия

На данной схеме каждый отдел объединен в отдельный VLAN, что позволяет осуществить разделения трафика на канальном уровне (уровень 2).

Директор данного предприятия решает, что необходимо создать отдел IT-разработчиков, которые будут заниматься разработкой программного обеспечения для оптимизации производственных процессов.

Места в главном офисе производства предприятия, где руководство компании могло бы разместить IT-разработчиков, нет. Директор решает арендовать офис в соседнем здании, где может расположиться новый отдел.

Новый арендованный офис для IT-разработчиков уже имеет готовую сетевую инфраструктуру со своими IP-адресами и протоколами маршрутизации. На рисунке 3.12 изображена концепция, отображающая простейшую сеть офиса разработчиков.

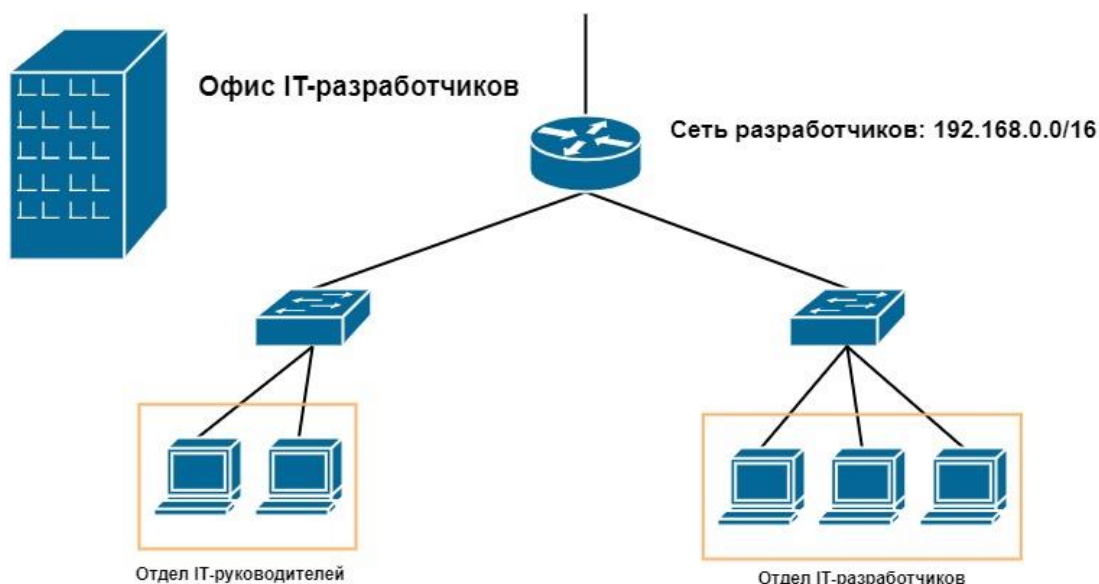


Рисунок 3.12 – Концепция, отображающая простейшую сеть в офисе разработчиков

Необходимо произвести миграцию маршрутизируемой сети предприятия с помощью технологии VRF-Lite, так чтобы объединить две сети главного офиса производства и офиса разработчиков.

Также руководство компании хочет, чтобы один из представителей IT-разработчиков находился в офисе производства, которые будет осуществлять установку нового программного обеспечения на производстве. При этом представитель IT-разработчиков на производстве должен иметь доступ в офис IT-разработчиков. При этом сеть производства должна быть изолирована от сети разработчиков.

Необходимо также предоставить доступ к ЦОД, как разработчикам, так и сотрудникам производства.

3.3 Моделирование миграции маршрутизируемой сети предприятия с помощью технологии VRF-Lite в EVE Community Edition

В EVE Community Edition была собрана и настроена упрощенная схема сети производства, разработчиков и ЦОД. На рисунке 3.13 представлена данная схема.

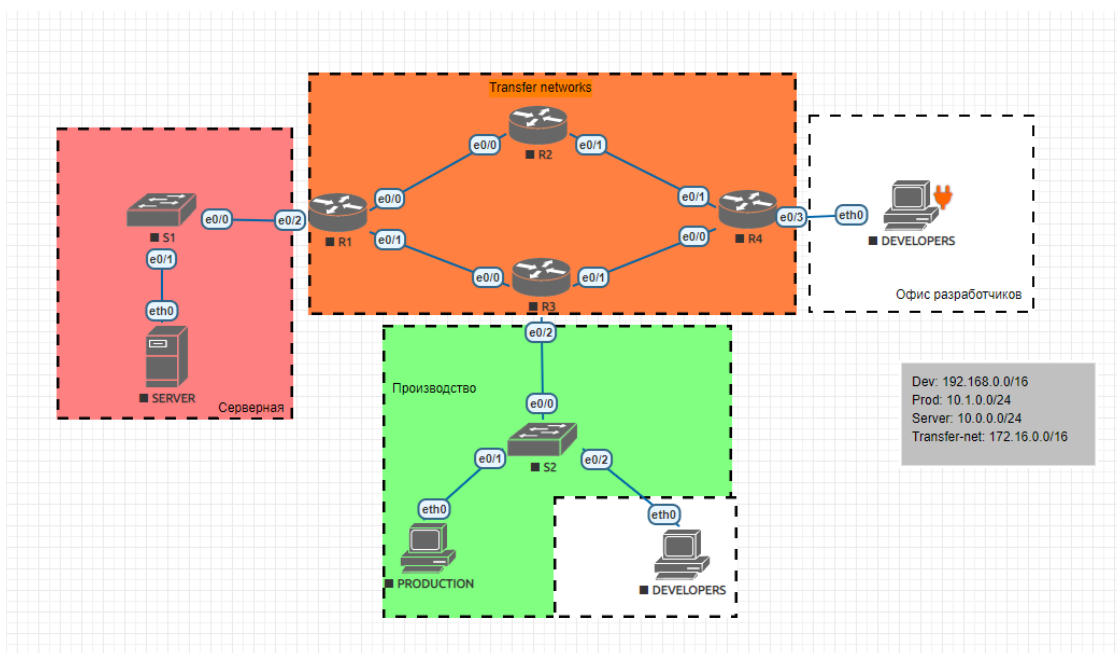


Рисунок 3.13 – Упрощенная схема сети производства, разработчиков и ЦОД

Изначально в трансферной зоне настроен OSPF, сеть разработчиков (белая зона) не подключена.

В таблице 3 представлены IP-адреса и интерфейсов.

Таблица 3 – IP-адресов устройств и интерфейсов

Устройства:	IP-адрес:
1	2
R1 e0/0	172.16.1.1/24
R1 e0/1	172.16.2.1/24

1	2
R1 e0/2	10.0.0.1/24
R2 e0/0	172.16.1.2/24
R2 e0/1	172.16.3.1/24
R3 e0/0	172.16.2.2/24
R3 e0/1	172.16.4.0/24
R3 e0/2.10	10.1.0.1/24
R3 e0/2.20	192.168.100.1/24
R4 e0/0	172.16.4.2/24
R4 e0/1	172.16.3.2/24
R4 e0/3	192.168.200.1/24
PC1 (PROD)	10.1.0.100/24, GW: .1
PC2 (DEV)	192.168.100.100/24, GW: .1
PC3(DEV)	192.168.200.200/24, GW: .1
PC4 (SERV)	10.0.0.100/24, GW: .1

В данной топологии будет реализована технология VRF-Lite вместе с EVN (Easy Virtual Network). Это позволяет упростить настройку VRF-Lite. Когда в топологии много VRF, то сеть может иметь много под-интерфейсов (sub-interfaces). EVN использует VNET транки, что позволяет автоматически создавать EVN под-интерфейсы.

На каждом маршрутизаторе были созданы отдельные VRF для каждой части сети (офиса производства, офиса разработчиков и ЦОД). На рисунке 3.14 изображена конфигурация VRF.

```

!
vrf definition DEV
vnet tag 2000
!
address-family ipv4
exit-address-family
!
vrf definition PROD
vnet tag 1000
!
address-family ipv4
exit-address-family
!
vrf definition SERVER
vnet tag 3000
!
address-family ipv4
exit-address-family
!
!
--More--

```

Рисунок 3.14 – Параметры конфигурации VRF

Вы можете видеть, что было назначено каждому VRF значение тега vnet (1000, 2000, 3000). Это становится важным, как только мы хотим расширить наши vrf's по нескольким устройствам. Также важно то, что используется команда address-family ipv4 внутри vrf. В противном случае функциональность сетевого уровня (уровень 3) не будет работать.

Следующим шагом необходимо определение портов маршрутизаторов как транков EVN. В качестве примера на рисунке 3.15 обозначена конфигурация интерфейса eo/o R2 маршрутизатора.

```

!
interface Ethernet0/0
vnet trunk
ip address 172.16.1.2 255.255.255.0
!

```

Рисунок 3.15 – Назначение интерфейсам vnet транков EVN

Производим настройку OSPF на всех роутерах. На рисунке 3.16 обозначены параметры настройки OSPF на R1 маршрутизатора.

```

!
router ospf 10 vrf PROD
router-id 1.1.1.10
network 172.16.1.0 0.0.0.255 area 0
network 172.16.2.0 0.0.0.255 area 0
!
router ospf 20 vrf DEV
router-id 1.1.1.20
network 172.16.1.0 0.0.0.255 area 0
network 172.16.2.0 0.0.0.255 area 0
!

```

Рисунок 3.16 – Параметры настройки OSPF на R1 маршрутизатора

Для того чтобы убедиться в правильности настройки OSPF необходимо посмотреть таблицы соседей (рисунок 3.17).

```
R1#show ip ospf 10 neighbor
Neighbor ID    Pri  State           Dead Time   Address      Interface
3.3.3.10      1   FULL/DR        00:00:36   172.16.2.2   Ethernet0/1.10
00
2.2.2.10      1   FULL/DR        00:00:33   172.16.1.2   Ethernet0/0.10
00
R1#show ip ospf 20 neighbor
Neighbor ID    Pri  State           Dead Time   Address      Interface
3.3.3.20      1   FULL/DR        00:00:35   172.16.2.2   Ethernet0/1.20
00
2.2.2.20      1   FULL/DR        00:00:32   172.16.1.2   Ethernet0/0.20
00
```

Рисунок 3.17 – Таблица соседей OSPF для каждого VRF

Из неё видно, что у каждого VRF есть отдельная таблица соседей OSPF и они не пересекаются: индекс 10 – для производства, индекс 20 – для разработчиков.

Попробуем пропинговать компьютер PC2 (DEV) с компьютера PC3 (DEV) (рисунок 3.18).

```
DEVELOPERS
All rights reserved.

VPCS is free software, distributed under the terms of the "BSD" licence
Source code and license can be found at vpcs.sf.net.
For more information, please visit wiki.freecode.com.cn.
Modified version supporting unetlab by unetlab team

Press '?' to get help.

Executing the startup file

Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.100.100 255.255.255.0 gateway 192.168.100.1

DEV1> ping 192.168.200.200

64 bytes from 192.168.200.200 icmp_seq=1 ttl=62 time=1.943 ms
64 bytes from 192.168.200.200 icmp_seq=2 ttl=62 time=1.293 ms
64 bytes from 192.168.200.200 icmp_seq=3 ttl=62 time=1.423 ms
64 bytes from 192.168.200.200 icmp_seq=4 ttl=62 time=1.312 ms
64 bytes from 192.168.200.200 icmp_seq=5 ttl=62 time=1.391 ms
```

Рисунок 3.18 – Успешное подключение PC2 (DEV) к PC3 (DEV)

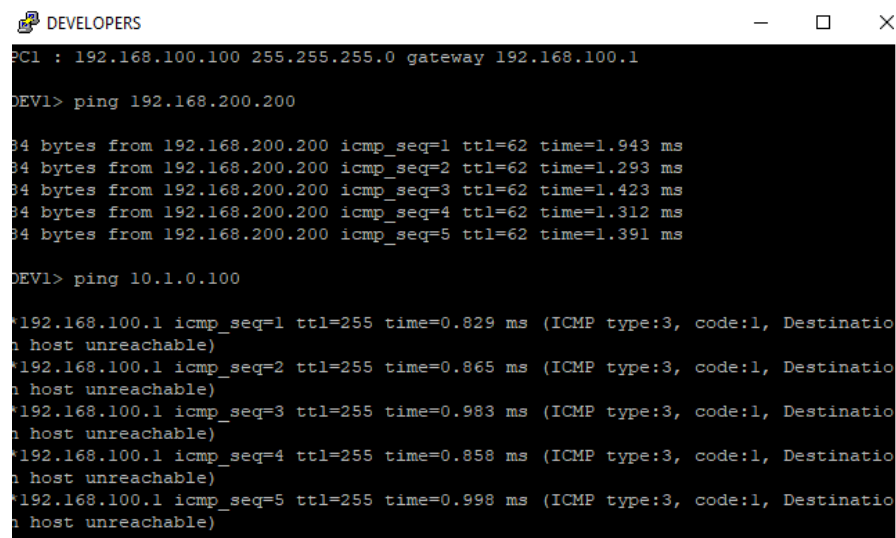
Произведем ICMP-запрос с 192.168.100.100 (PC2) до 192.168.200.200 (PC3). Его результаты представлены на рисунке 3.19.


```
> Frame 17: 102 bytes on wire (816 bits), 102 bytes captured (816 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: aa:bb:cc:00:30:10 (aa:bb:cc:00:30:10), Dst: aa:bb:cc:00:40:00 (aa:bb:cc:00:40:00)
> 802.1Q Virtual LAN, PRI: 0, DEI: 0, ID: 2000
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.100.100, Dst: 192.168.200.100
▼ Internet Control Message Protocol
  Type: 8 (Echo (ping) request)
  Code: 0
  Checksum: 0x52db [correct]
  [Checksum Status: Good]
  Identifier (BE): 52527 (0xcd2f)
  Identifier (LE): 12237 (0x2fcd)
  Sequence number (BE): 1 (0x0001)
  Sequence number (LE): 256 (0x0100)
  [Response frame: 18]
> Data (56 bytes)
```

Рисунок 3.19 – Результаты ICMP-запроса

Обращаем особое внимание на значение идентификатора в заголовке второго уровня. Поле VLAN использует value 2000, который является тегом для сети DEV. Как только активируется интерфейс как магистраль EVN, интерфейс заполняет поле VLAN 802.1q в кадре Ethernet значением VRF. Поэтому EVN не изменяет и не вводит новый формат или поле L2 / L3. Он просто использует то, что уже есть. Это также причина, по которой номер VRF должен быть одинаковым на всех маршрутизаторах, чтобы трафик оставался внутри одного VRF.

Попытаемся пропинговать с компьютера разработчиков, компьютер производства (рисунок 3.20). Это не получится сделать, потому что основной целью было разграничение сетей.



```
PC1 : 192.168.100.100 255.255.255.0 gateway 192.168.100.1
DEVI> ping 192.168.200.200
64 bytes from 192.168.200.200 icmp_seq=1 ttl=62 time=1.943 ms
64 bytes from 192.168.200.200 icmp_seq=2 ttl=62 time=1.293 ms
64 bytes from 192.168.200.200 icmp_seq=3 ttl=62 time=1.423 ms
64 bytes from 192.168.200.200 icmp_seq=4 ttl=62 time=1.312 ms
64 bytes from 192.168.200.200 icmp_seq=5 ttl=62 time=1.391 ms
DEVI> ping 10.1.0.100
192.168.100.1 icmp_seq=1 ttl=255 time=0.829 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
192.168.100.1 icmp_seq=2 ttl=255 time=0.865 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
192.168.100.1 icmp_seq=3 ttl=255 time=0.983 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
192.168.100.1 icmp_seq=4 ttl=255 time=0.858 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
192.168.100.1 icmp_seq=5 ttl=255 time=0.998 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
```

Рисунок 3.20 – Недоступность подключения устройства виртуальной сети разработчиков к виртуальной сети производства

Это вызвано тем, что в таблице маршрутизации VRF разработчиков (DEV) нет данных об адресах сети производства (PROD). Это можно увидеть в таблице маршрутизации VRF DEV на рисунке 3.21.

```
R3
R3>
R3>Q
R3>enable
R3#rout
R3#routing-context vrf DEV
R3%DEV#sh ip route

Routing Table: DEV
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
a - application route
+ - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/16 is variably subnetted, 6 subnets, 2 masks
O       172.16.1.0/24 [110/20] via 172.16.2.1, 00:34:15, Ethernet0/0.2000
C       172.16.2.0/24 is directly connected, Ethernet0/0.2000
L       172.16.2.2/32 is directly connected, Ethernet0/0.2000
O       172.16.3.0/24 [110/20] via 172.16.4.2, 00:34:05, Ethernet0/1.2000
C       172.16.4.0/24 is directly connected, Ethernet0/1.2000
L       172.16.4.1/32 is directly connected, Ethernet0/1.2000
L       192.168.100.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.100.0/24 is directly connected, Ethernet0/2.20
--More--
```

Рисунок 3.21- Таблица маршрутизации для VRF DEV

В итоге получилось произвести миграцию маршрутизируемой сети на технологию VRF-Lite.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время многие компании пытаются максимально эффективно использовать ресурсы при проектировании сетей с минимальными финансовыми затратами на приобретение нового сетевого оборудования.

Именно поэтому протокол VRF-Lite позволяет без дополнительных финансовых инвестиций создавать на базе одной физической сети несколько виртуальных, объединять несколько сетей с возможностью пересечения IP-адресов и протоколов маршрутизации, а также изолировать сетевой трафик на сетевом уровне. Его использование является востребованным среди сетевых инженеров нашего времени.

На основании вышесказанного и в соответствии с поставленной целью и задачами данной выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты и выводы:

- По итогам исследования российской и зарубежной литературы обоснована актуальность использования технологии VRF-Lite;
- На основе существующей литературы произведен анализ существующих систем моделирования, эмуляции сетевого оборудования и их сравнение;
- На основе выбранной системы моделирования (EVE-NG) была спроектирована маршрутизируемая сеть предприятия и реализована для непосредственной демонстрации принципа работы технологии VRF-Lite.

Таким образом, с учетом вышперечисленно и практической реализации основных положений данной выпускной квалификационной работы, можно отметить, что собранный и проанализированный материал имеет положительные перспективы использования сетевыми инженерами при проектировании реальных, физических или виртуальных маршрутизируемых сетей.

