

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Космических и информационных технологий
институт

Вычислительная техника
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А. И. Легалов

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2016 г.

БАКЛАВРСКАЯ РАБОТА

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

код и наименование специализации

Оптимизация системы маршрутизации СПД Красноярской железной дороги

Тема

Пояснительная записка

Руководитель

подпись, дата

ст. преп.

должность, ученая степень

М.В. Дибров

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

М.Ю. Терентьева

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

доцент, к.т.н

должность, ученая степень

В. И. Иванов

инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Космических и информационных технологий
институт

Вычислительная техника
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А. И Легалов
подпись инициалы, фамилия
« ___ » _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме бакалаврской работы
бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа по теме «Оптимизация системы маршрутизации СПД Красноярской железной дороги». Пояснительная записка содержит 54 страницы текстового документа, 4 приложения и 15 использованных источников.

СПД, GNS3, ПРОТОКОЛ МАРШРУТИЗАЦИИ OSPF, VRF

Целью работы является рассмотрение вопроса модернизации системы маршрутизации в сети передачи данных Красноярской железной дороги.

В бакалаврской работе проводится обзор текущего состояния СПД КрасЖД, создание модели сети в эмуляторе GNS3, разработка и анализ различных вариантов оптимизации.

Итогом работы являются разработанные и проанализированные варианты оптимизации системы маршрутизации. Полученные результаты отражают эффективность предложенных вариантов.

Тема данной работы является актуальной и имеет стратегическое значение для дальнейшего функционирования и развития СПД КрасЖД.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Описание предметной области.....	5
1.1 Описание объекта исследования.....	6
1.2 Текущее состояние СПД КрасЖД.....	8
1.3 Адресный план СПД КрасЖД.....	15
1.4 Проверка таблицы маршрутизации и VRF.....	16
1.5 Суммирование маршрутов OSPF в СПД КрасЖД.....	19
1.6 Обоснование и цели модернизации.....	21
2 Краткое описание программы GNS3.....	22
2.1 Моделирование СПД в GNS3.....	22
2.2 Построение СПД в среде GNS3.....	24
2.3 Настройка маршрутизаторов в GNS3.....	26
2.4 Проверка результатов.....	30
3 Варианты оптимизации системы маршрутизации.....	32
3.1 Перераспределение маршрутной информации.....	32
3.2 Организация полностью тупиковых зон.....	36
3.3 Организация полностью NSSA зон.....	39
3.4 Сравнение вариантов оптимизации.....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ А Топологическая схема сетей передачи данных Красноярской железной дороги.....	47
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Спроектированная схема СПД Красноярской железной дороги в GNS3.....	48
ПРИЛОЖЕНИЕ В Конфигурационный файл маршрутизатора R2 после настройки перераспределения маршрутной информации	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Конфигурационный файл маршрутизатора R2 после настройки полностью тупиковой NSSA зоны.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожный комплекс не только занимает ведущее место в транспортной системе страны, но и имеет особое стратегическое значение для России. Железнодорожный транспорт является связующим звеном единой экономической системы. Он обеспечивает стабильную деятельность промышленных предприятий, своевременную доставку жизненно важных грузов в самые отдаленные уголки страны, а также является самым доступным транспортом для перевозки граждан.

В мировую тройку лидеров железнодорожных компаний входит открытое акционерное общество "Российские железные дороги". ОАО "РЖД" было учреждено постановлением Правительства РФ от 18 сентября 2003 года № 585 "О создании открытого акционерного общества "Российские железные дороги". Создание компании стало итогом первого этапа реформирования железнодорожной отрасли в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 18 мая 2001 года № 384 "О Программе структурной реформы на железнодорожном транспорте" [1].

ОАО "РЖД" осуществляет грузовые и пассажирские перевозки в дальнем и в пригородном сообщениях, ведет строительство объектов инфраструктуры, создает научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, поддерживает содержание социальной сферы, а так же имеет представительства в других странах, например в Германии, Китае, Франции и так далее.

По данным с официальных источников итоги деятельности ОАО «РЖД» за I полугодие 2015 г. показывают отрицательную динамику, как в пассажирообороте, так и в грузоперевозках. Пассажирооборот снизился на 8,2%, а сумма грузоперевозок и грузооборота составляет -2,5% по сравнению с предыдущим годом [2]. Тем не менее, главной целью компании по-прежнему остается обеспечение потребностей государства, юридических и физических лиц в железнодорожных перевозках, работах и услугах, оказываемых железнодорожным транспортом, а также извлечение прибыли.

Бесперебойная и безаварийная работа такого многоотраслевого хозяйства требует взаимоувязанной и слаженной работы всех звеньев. Одним из важнейших звеньев данной системы является функционирование сетей передачи данных (далее - СПД).

Согласно последним законодательным актам РФ особое внимание при защите информации уделяется вопросам обеспечения конфиденциальности персональной информации при ее хранении, обработке и передачи по открытым каналам электросвязи.

Являясь одним из лидеров железнодорожных компаний, компания ОАО «РЖД» возлагает на себя обязательства за сохранность и конфиденциальность передаваемых данных через различные каналы связи. Работоспособность и эффективность коммуникационной инфраструктуры напрямую зависит от правильно спроектированной или модернизированной корпоративной сети, выбора надежного и производительного оборудования.

СПД характеризуется следующими показателями: скорость передачи данных, которая зависит от типа и качества канала связи, типа используемого оборудования; пропускная способность, которая оценивается количеством знаков, передаваемых по каналу за единицу времени: знак/с.; достоверность передачи информации оценивают как отношение количества ошибочно переданных знаков к общему числу переданных знаков; надежность коммуникационной системы определяется средним временем безотказной работы. Из этого следует, что к оборудованию, которое используется для передачи информации, выдвигаются следующие требования: обеспечение надежности, производительности, способность к динамическому развитию сетей, масштабируемости, управляемости и адаптации к меняющимся задачам.

СПД ОАО «РЖД» на сегодняшний день представляет собой сеть маршрутизаторов TCP/IP, состоящую из 16 дорожных сегментов, сегмента главного вычислительного центра (ГВЦ) и магистрального сегмента. В свою очередь 16 дорожных сегментов включают в себя региональные, транзитно-периферийные, периферийные и оконечные узлы, в которых создана собственная инфраструктура, построены локальные вычислительные сети, установлены маршрутизаторы разного уровня, обеспечивающие необходимые сервисы для организации обмена информацией. Такая сложноструктурированная сеть требует особого внимания при функционировании, модернизации и обслуживании.

В данной работе рассмотрена топологическая схема сети передачи данных одного из 16 сегментов СПД ОАО «РЖД», а именно топологическая схема СПД Красноярской железной дороги (далее КрасЖД).

Целью работы является рассмотрение вопроса модернизации системы маршрутизации в СПД КрасЖД.

Так как протестировать или внести какие-либо изменения в СПД КрасЖД в реальных условиях не представляется возможным, что обусловлено политикой безопасности РЖД, в рамках данной работы необходимо спроектировать СПД КрасЖД и провести тестирование различных вариантов оптимизации системы маршрутизации на симуляторе. В качестве основного программного обеспечения для проектирования СПД КрасЖД используется симулятор сети - GNS3.

Исходя из вышеперечисленных условий, в данной работе определяются следующие задачи:

- Проведение анализа текущего состояния СПД КрасЖД;
- Выявление возможных проблем в системе маршрутизации СПД;
- Проектирование СПД КрасЖД в среде GNS3;
- Разработка вариантов по оптимизации данной сети.

Актуальность работы обусловлена оптимизацией системы маршрутизации не только рассматриваемого участка, но и остальных сегментов РЖД.

1 Описание предметной области

Красноярская железная дорога – одна из 16 структурных подразделений ОАО «РЖД». Компания основана 17 января 1979 г. Красноярская железная дорога является основной транзитной линией, связывая Транссибирскую и Южносибирскую магистрали. Большая часть дороги проходит по территории Красноярского края и Республики Хакасия, небольшие участки дороги также расположены на территории Кемеровской и Иркутской областей [3].

КрасЖД является одной из ведущих дорог по своей технической оснащенности и объемам погрузки. Она осуществляет железнодорожные перевозки грузов и пассажиров, переадресовку вагонов внутри отделения, продажу вагонов в собственность, продажу железнодорожных билетов, сдачу вагонов в аренду.

Красноярская железнодорожная магистраль занимает одно из ведущих мест в экономике Красноярского края. Для населения Красноярского края железнодорожный транспорт по-прежнему остается наиболее доступным. Большое значение для региона имеют социальные проекты, реализуемые при участии Красноярской железной дороги.

КрасЖД с каждым годом повышает свою техническую оснащенность, расширяет транзитные возможности. Благодаря этому создаются условия для развития промышленного потенциала Красноярского края.

«Управление Красноярской железной дороги» имеет 1 Левобережный филиал в Центральном районе города Красноярска.

Топологическая карта КрасЖД изображена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Топологическая карта Красноярской железной дороги

1.1 Описание объекта исследования

В качестве объекта исследования выступает участок сети передачи данных Красноярской железной дороги. Топологическая схема СПД представлена в приложении А, так же на рисунке 2.

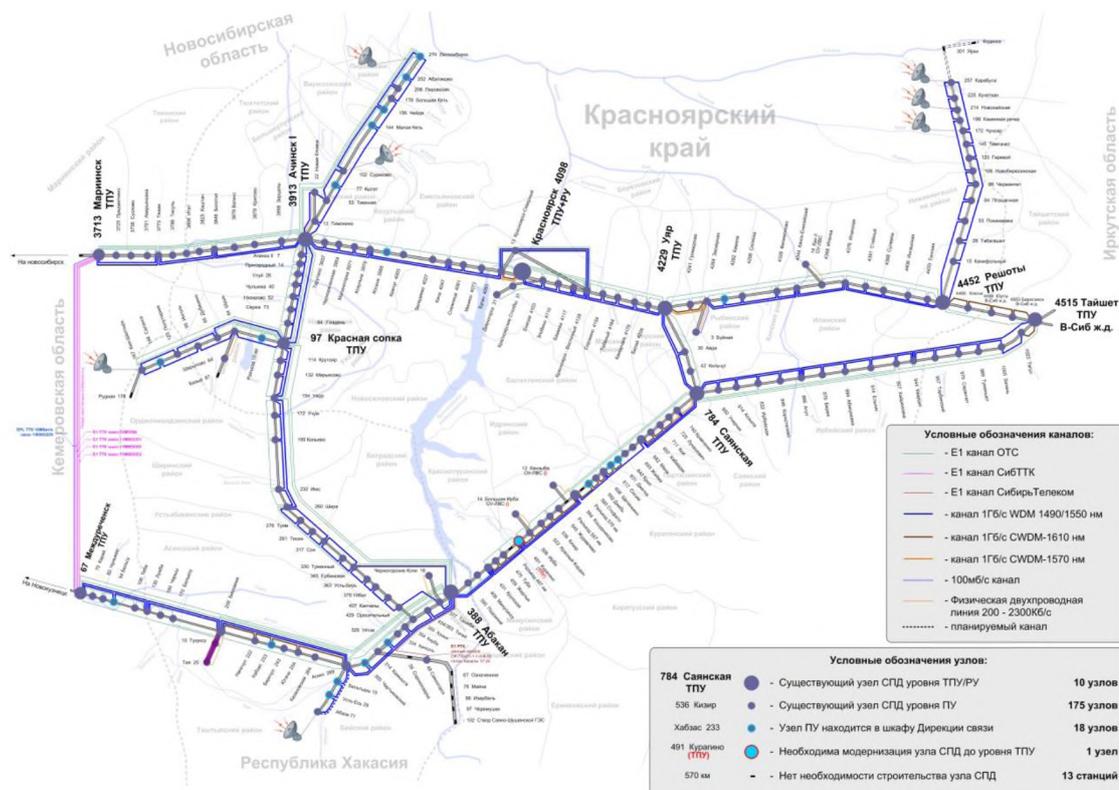


Рисунок 2 - Топологическая схема организации сетей передачи данных Красноярской железной дороги

По состоянию на начало 2016 года СПД КрасЖД насчитывает 188 узлов. Сеть формируется из региональных узлов (далее - РУ), транзитно-периферийных узлов (далее - ТПУ) и периферийных узлов (далее ПУ). Железная дорога организована таким образом, что после каждой крупной станции идет несколько мелких. Небольшие станции выполняют ограниченное число функций, под которые достаточно небольшого узла связи. На таких станциях организуются периферийные узлы первого типа (ПУ1).

В схеме организации СПД КрасЖД на рисунке 2 насчитывается 10 ТПУ, служащих для объединения нескольких направлений магистрали и 178 узлов уровня ПУ.

1.1.1 Классификация узлов СПД

Классификация узлов в СПД РЖД идет по значимости узла в сети. Железная дорога организована таким образом, что после каждой крупной станции идет несколько мелких. Небольшие станции выполняют ограниченное

число функций, под которые достаточно небольшого узла связи. На таких станциях организуются периферийные узлы первого типа.

1.1.2 Региональный узел (РУ)

РУ связи является центральным узлом СПД. Данный узел имеет подключения к каналам связи других сегментов сети РЖД, РУ подключен к центру обработки данных (ЦОД) и главному вычислительному центру (ГВЦ). Обслуживают РУ маршрутизаторы Cisco серии 7609X2.

Одними из обслуживающих РУ маршрутизаторов являются маршрутизаторы Cisco серии 7600.

Маршрутизатор серии Cisco 7600 обеспечивает производительность коммутации на уровне 480 Гбит/с и пропускную способность 40 Гбит/с на слот. При этом указанный маршрутизатор соответствует требованиям NEBS и обеспечивает достаточную производительность для организации граничных сегментов сетей IP/MPLS. 6-слотовая компактная (занимающая 1/6 стойки) система централизованно обрабатывает 30 млн. пакетов/с, а также оснащена распределенной системой обработки, позволяющей обеспечить работу сетей Gigabit Ethernet и 10 Gigabit Ethernet.

Маршрутизатор Cisco серии 7609-S, имеет 56 портов 10GE(X2), 7 модулей WS-X6708-10G-3CXL, два управляющих модуля Cisco RSP720-3CXL-GE и два блока питания AC по 6000W [4].

1.1.3 Транзитно-периферийный узел (ТПУ)

ТПУ представляет собой крупный узел связи служащий для объединения нескольких направлений магистрали. Такие узлы организуются на ключевых станциях, где необходимо объединение нескольких сегментов СПД. Оборудование, устанавливаемое на узлах ТПУ должно соответствовать высоким требованиям, прилагаемым к узлу. На ТПУ для работы транспортных соединений установлены маршрутизаторы Cisco 7606 (Sup32), который обеспечивает передачу данных по потокам E1, и Cisco 7606 (RSP720), обеспечивающий передачу данных по каналам Gigabit Ethernet [4].

Для организации точки межсетевое взаимодействия между различными подсистемами узла установлены два коммутатора Cisco Catalyst 2960G-24.

1.1.4 Периферийный узел первого типа (ПУ1)

ПУ1 – обычная станция, имеющая 2 подключения к магистральному сегменту СПД. Узлы ПУ1 организуются таким образом, чтобы связать данный узел станции с другими станциями в обоих направлениях. Основными функциями ПУ1 является обеспечение работы систем автоматизации управленческих функций диспетчерского аппарата. Сегодня узлы ПУ1 функционируют на основе маршрутизирующего оборудования Cisco серии

2600 и коммутаторов Cisco 2950-12. Обеспечение передачи данных между узлами сети на станциях типа ПУ1 реализуется по каналам XDSL.

1.1.5 Периферийный узел второго типа (ПУ2)

ПУ2 – это крупная станция, имеющая 3 и более подключения к магистральному сегменту СПД. Крупными являются погрузочные или узловые станции с большим количеством предприятий и, соответственно, большим количеством информационных систем и АРМов обслуживающих технологические процессы. Большинство систем используемых в ОАО «РЖД» работают непосредственно по сети передачи данных, что в свою очередь определяет высокие требования к оборудованию и каналам связи. Данный узел обслуживает маршрутизатор Cisco серии 3550.

1.2 Текущее состояние СПД КрасЖД

По состоянию на начало 2016 года СПД КрасЖД насчитывает более 188 узлов. Из них 10 крупных ТПУ, остальные - ПУ. Топологическая схема организации сетей передачи данных Красноярской железной дороги представлена в приложении А.

На ТПУ для работы транспортных соединений установлены маршрутизатор Cisco 7606 (Sup32), который обеспечивает передачу данных по потокам E1, и Cisco 7606 (RSP720), обеспечивающий передачу данных по каналам Gigabit Ethernet.

Для организации точки межсетевого взаимодействия между различными подсистемами узла установлены два коммутатора Cisco Catalyst 2960G-24. С целью обеспечения консольного способа управления оборудованием ТПУ установлен терминальный сервер Cisco 2801.

Обеспечение передачи данных между узлами сети на станциях типа ПУ реализуется по каналам XDSL. На узлах ПУ доступ к среде передачи данных осуществляется посредством маршрутизатора Cisco серии c2600 и коммутатора второго уровня Cisco 2950-12.

В настоящее время система маршрутизации в СПД КрасЖД работает под управлением протокола OSPF, но в 2003 году, когда потребовалось выделение автоматизированных систем управления (далее – АСУ) Экспресс в виртуальную сеть, необходимо было применение технологии Virtual Routing and Forwarding (далее – VRF). На тот момент использовался протокол EIGRP, который не поддерживал данную технологию.

Для развертывания виртуальной таблицы маршрутизации для АСУ Экспресс было принято решение о переводе маршрутизации на протокол OSPF. В дальнейшем после полного перехода на маршрутизацию OSPF было развернуто еще некоторое количество VRF под различные нужды. Применение данной технологии позволило логически разделить сети, что повысило безопасность и надежность СПД.

С помощью протокола OSPF маршрутизаторы обмениваются информацией о топологии сети. Потом, на основании этой информации с помощью алгоритма Дейкстры рассчитывают таблицу маршрутизации. Таким образом, в СПД строится система маршрутизации.

1.2.1 Протокол маршрутизации OSPF

OSPF (англ. Open Shortest Path First) — протокол динамической маршрутизации, основанный на технологии отслеживания состояния канала (link-state technology) и использующий для нахождения кратчайшего пути Алгоритм Дейкстры (Dijkstra's algorithm). OSPF инкапсулируется в IP. Номер протокола 89.

Все маршрутизаторы OSPF должны создавать и поддерживать в актуальном состоянии таблицу топологии. Эта таблица представляет собой топологическую карту зоны OSPF, в которой находится маршрутизатор. Процесс создания и поддержки в актуальном состоянии таблицы топологии является результатом обмена информацией об элементах топологии. В качестве элементов топологии выступают маршрутизаторы, сети получатели, суммарные маршруты и другая топологическая информация. Обмен топологической информацией начинается после завершения установки соседских отношений между смежными OSPF маршрутизаторами [5].

Протокол OSPF обладает следующими свойствами:

- Групповая рассылка обновлений. В протоколе OSPF рассылка топологической информации о состоянии каналов связи осуществляется по групповому адресу 224.0.0.5 для всех маршрутизаторов OSPF и по адресу 224.0.0.6 для назначенного и резервного маршрутизатора.

- Бесклассовая маршрутизация. Протоколом OSPF поддерживается технология VLSM[5, с 163].

- Аутентификация. Маршрутизаторы OSPF имеют возможность использовать несколько методов аутентификации, таких как аутентификация по паролю или с помощью MD5.

- Быстрота распространения изменений в топологии. Благодаря отсутствию периодической рассылки обновлений маршрутной информации маршрутизатор, обнаруживший изменения в топологии сети, незамедлительно оповещает об этом все соседние маршрутизаторы

- Экономия пропускной способности каналов связи. Протокол OSPF производит периодическую рассылку информации базы данных топологии сети передачи данных через длительные промежутки времени, 30 минут.

- Иерархическое разделение сети передачи данных. Протокол OSPF позволяет произвести иерархическое разделение сети передачи данных на несколько зон, с целью уменьшения нагрузки на маршрутизаторы внутри каждой зоны [6].

1.2.2 Типы маршрутизаторов OSPF

Протокол OSPF разграничивает функции маршрутизаторов в зависимости от того, какое место в домене маршрутизации они занимают и к какому числу зон принадлежат. На рисунке 3 показаны типы маршрутизаторов OSPF.

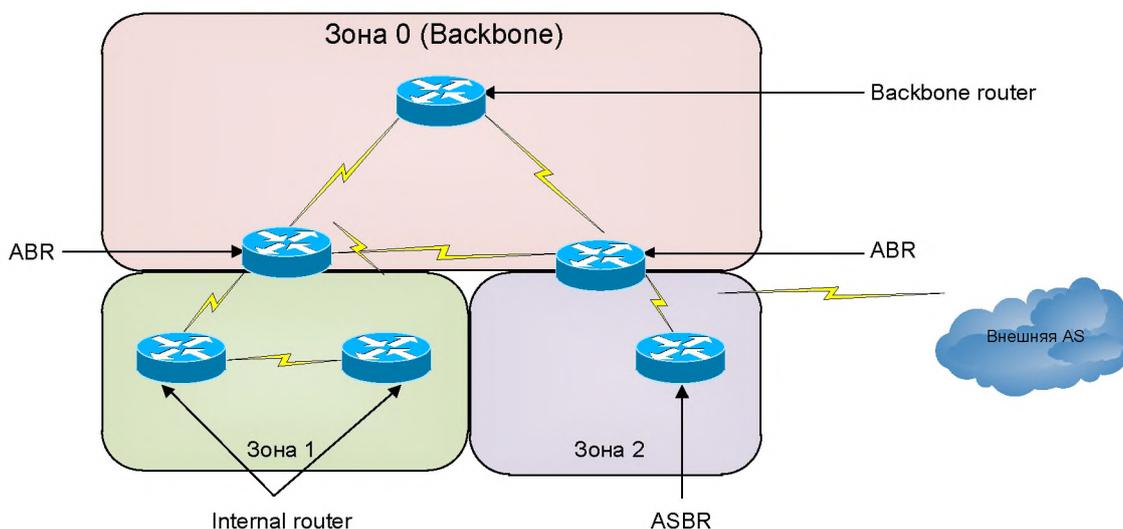


Рисунок 3 – Типы маршрутизаторов OSPF

Маршрутизаторы в OSPF могут выполнять разные роли в зависимости от их типа, основные типы маршрутизаторов в OSPF:

- Внутizonальные маршрутизаторы;
- Магистральные маршрутизаторы;
- Пограничные маршрутизаторы зоны;
- Пограничные маршрутизаторы автономной системы.

Внутizonальные маршрутизаторы (Internal router (далее – IR)) – это маршрутизаторы, все интерфейсы которых находятся в одной зоне протокола OSPF. Внутренние маршрутизаторы, принадлежащие одной зоне, имеют идентичные таблицы топологии.

Магистральные маршрутизаторы (Backbone router (далее – BR)) – маршрутизаторы, которые находятся в магистральной зоне и имеют, по крайней мере, один интерфейс, подключенный к зоне 0.

Пограничные маршрутизаторы (Area border router (далее – ABR)) - это устройства, интерфейсы которых подключены как минимум к двум разным зонам, одна из которых обязательно должна быть магистральной зоной. Маршрутизаторы ABR могут суммировать маршруты зон подключенных, к ним и передавать их в соседнюю зону в виде суммарной топологической информации. Зона может иметь один или более маршрутизаторов ABR.

Пограничные маршрутизаторы автономной системы (Autonomous system boundary router (далее – ASBR)) - OSPF-маршрутизатор, который инжектирует маршрутную информацию из другого протокола динамической маршрутизации

в домен OSPF. Обычно находится в backbone области, но может находиться и в другой области [7, с. 111-113].

1.2.3 Разделение СПД на зоны OSPF

В больших доменах маршрутизации протокола OSPF, производится разбиение на зоны. Это позволяет решить ряд следующих проблем: большой размер таблицы топологии, периодические перерасчеты по алгоритму SPF, большой размер таблицы маршрутизации. Пример разделения домена маршрутизации на зоны показан на рисунке 4.

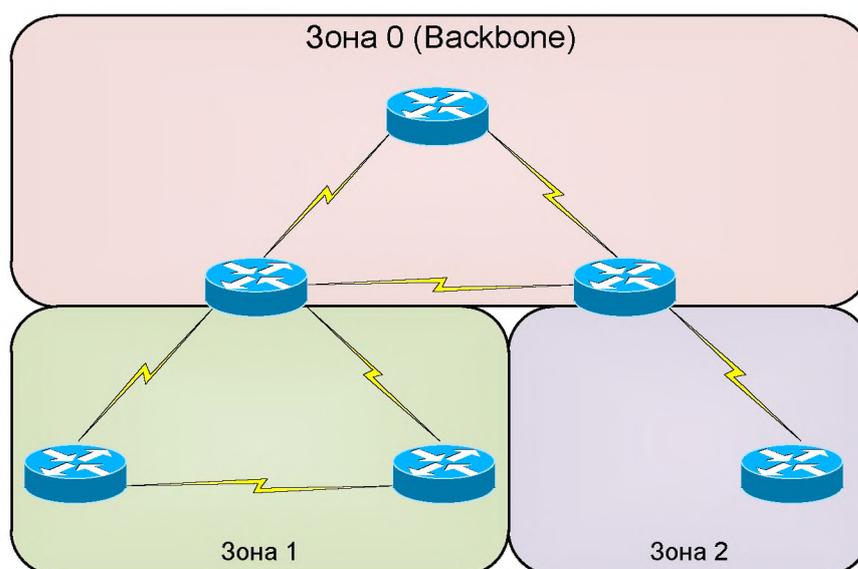


Рисунок 4 – Разделение домена маршрутизации на зоны

Иерархическое разделение домена маршрутизации OSPF на множество зон позволяет:

- Снизить нагрузку на ЦПУ маршрутизаторов за счет уменьшения количества перерасчетов по алгоритму SPF;
- Уменьшить размер таблиц маршрутизации;
- Уменьшить количество пакетов обновлений состояния канала.

Каждой зоне присваивается идентификатор зоны (area ID). Идентификатор может быть указан в десятичном формате или в формате записи IP-адреса. Однако идентификаторы зон не являются IP-адресами, и могут совпадать с любым назначенным IP-адресом [7].

1.2.4 Типы зон

Зоны представляют собой смежные логические сегменты сети, сгруппированные в одну сетевую структуру. Разделение сети на зоны, способствует улучшению управляемости сетью. Эти преимущества

достигаются благодаря тому, что топология области становится невидимой для других маршрутизаторов, находящихся за пределами этой области.

Области позволяют маршрутизаторам обрабатывать свою базу данных о состоянии каналов и применять алгоритм SPF. В любом маршрутизаторе находится по одной копии базы данных о состоянии каналов для каждой области, к которой он подключен.

Тип зоны протокола OSPF это характеристика, которая устанавливается для управления процессом объявления и получения топологической информации. В протоколе OSPF определены следующие типы зон:

- Магистральная зона;
- Стандартная зона;
- Тупиковая зона;
- Полностью тупиковая зона;
- Не полностью тупиковая зона;
- Полностью NSSA зона.

Магистральная зона (Backbone area) – это зона, которая известна также как нулевая зона или зона 0.0.0.0, данная зона формирует ядро сети OSPF. Все остальные зоны присоединяются к ней. Межзональная маршрутизация проходит через маршрутизатор, присоединенный к магистральной зоне.

Стандартная зона (Standard area) – это обычная зона, которая создается по умолчанию. Эта зона принимает обновления каналов, суммарные маршруты и внешние маршруты.

Тупиковая зона (Stub area) – Тупиковая зона не принимает информацию о внешних маршрутах для автономной системы, но принимает маршруты из других зон. Если маршрутизаторам из тупиковой зоны необходимо передавать информацию за границу автономной системы, то они используют маршрут по умолчанию. Обязательным критерием выступает правило: на всех маршрутизаторах зоны должна быть указана «тупиковость», и в тупиковой зоне не может находиться ASBR.

Полностью тупиковая зона (Totally stubby area) – это тупиковая зона, которая блокирует внешние LSA типа 5, а также суммарные LSA типов 3 и 4 от введения в зону. Поэтому полностью тупиковая зона определяет в таблице маршрутизации только внутризонные маршруты и маршрут по умолчанию. ABR вводят в полностью тупиковую зону маршрут по умолчанию. Каждый маршрутизатор подключается к ближайшему ABR как шлюзу для всего, что находится за пределами зоны. Полностью тупиковые зоны минимизируют маршрутную информацию сильнее, чем тупиковые зоны, и увеличивают стабильность и масштабируемость OSPF сетей. Использование полностью тупиковых зон является лучшим решением, чем тупиковые зоны, если в качестве ABR используется маршрутизатор Cisco.

Не полностью тупиковая зона (Not-so-stubby area (далее - NSSA)) – зона, которая содержит только маршрутную информацию зоны и внешнюю информацию. Не содержит внутреннюю информацию автономной системы.

Полностью NSSA зона (Totally NSSA) – в этой зоне разрешено передавать внешние маршруты плюс маршрут по умолчанию. Единственное отличие от не полностью тупиковой зоны в том, что в totally NSSA зоне все маршруты из других зон и внешние маршруты для AS, заменяются на маршрут по умолчанию [7].

1.2.5 Применение протокола OSPF в СПД КрасноярЖД

СПД КрасноярЖД разбита на несколько сегментов, объединённых в зоны OSPF. Использование зон (Area) в протоколе OSPF позволяет решить часть проблем. Зоны протокола маршрутизации OSPF разбивают сеть на меньшие логические участки, в которых топологическая база информации о подсетях будет меньшего размера.

Маршрутизаторы в какой-либо зоне знают о сетях и устройствах своей зоны, но могут абсолютно ничего не знать о топологии остальных зон. Поскольку база топологической информации становится намного меньше при таком подходе, процессоры устройств загружены меньше, меньше времени требуется на выполнение алгоритма SPF и меньший объем оперативной памяти будет занят.

Схема разбиения СПД КрасноярЖД на зоны представлена на рисунке 5.

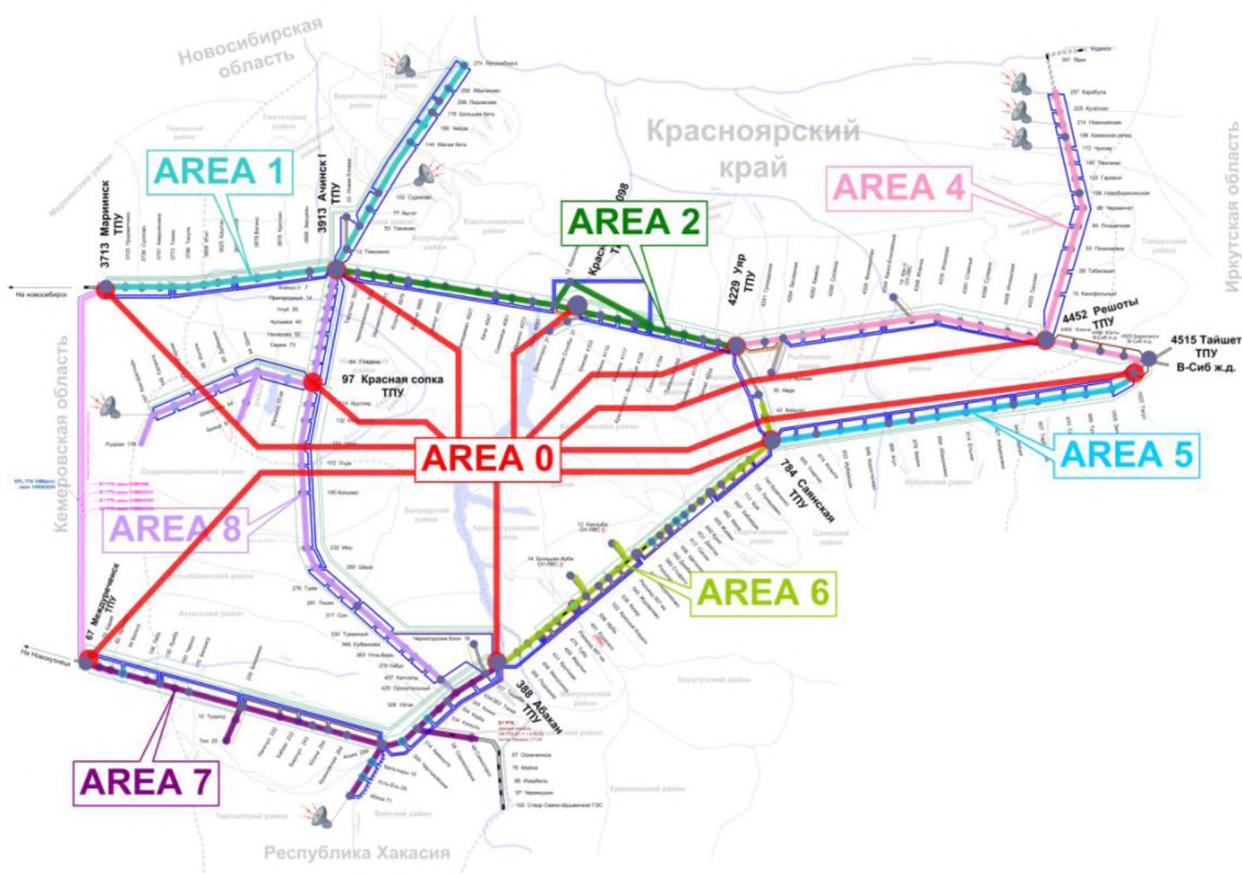


Рисунок 5 – Зоны OSPF в СПД Красноярской железной дороги

Как видно из рисунка 5, СПД КрасЖД состоит из 8 зон. Area 0 является магистральной зоной, она представляет собой центральную часть СПД. Для этой зоны характерно использование самых мощных коммутаторов и наибольшее количество физических интерфейсов, для создания надежной транспортной структуры.

Area 0 включает в себя все центральные узлы ТПУ, которые объединяют несколько направлений магистрали Красноярской железной дороги. Остальные зоны определяются как стандартные зоны.

1.2.6 Описание VRF

Технология Multi-VRF (другое название - VRF-Lite) дает возможность конфигурировать и поддерживать несколько таблиц маршрутизации и пересылки на одном физическом маршрутизаторе.

В сочетании с технологиями Ethernet VLAN и технологиями WAN VPN, например, Frame Relay, помогает обеспечить возможность для создания нескольких логических сервисов с использованием одной физической сети. При этом область безопасности и конфиденциальности расширяется и охватывает до границы клиентской зоны [8].

Один маршрутизатор Cisco с Multi-VRF может обеспечить поддержку нескольких компаний с частично пересекающимися IP-адресами, сохраняя при этом разграничение данных, маршрутизации и физических интерфейсов.

Маршрутизаторы в СПД КрасЖД имеют данную функцию, что позволяет им использовать несколько процессов одновременно, соответственно поддерживают несколько таблиц маршрутизации, пример Process ID относящиеся к VRF и их описание внесены в таблицу 1.

Таблица 1 - Описание VRF

Process ID	VRF	Описание
1	VPN Legacy	Управление СПД
2	VPN Express	Система Экспресс-3
3	VPN Other	Прочие пользователи
4	VPN Com	Коммерческие абоненты (Этран)
5	VPN Vpn5	Видеонаблюдение и IP-телефония

Данная таблица показывает, наличие как минимум 5 процессов VRF на маршрутизаторах в СПД КрасЖД. Из таблицы видно функциональное разделение VRF для различных уровней доступа.

Разделение VRF подразумевает разделение адресного пространства на несколько сегментов. При этом область безопасности и конфиденциальности расширяется и охватывает до границы клиентской зоны.

1.3 Адресный план СПД КрасЖД

СПД КрасЖД имеет сложное функциональное разделение адресного пространства. Функциональное распределение адресного пространства подразумевает первоначальное разделение корпоративного адресного пространства на функциональные блоки и дальнейшее выделение каждому подразделению меньших блоков адресов из каждого функционального блока.

Внутри функционального блока происходит иерархическое разделение адресов. При таком разделении указывается функциональное назначение выделяемых диапазонов. В СПД КрасЖД выделяются пользовательские, транспортные и сети управления оборудованием. Каждый диапазон сетей разделен на области OSPF, а так же адресное пространство выделено для процессов VRF. Основные процессы VRF записаны в таблице 1.

Функциональное распределение адресного пространства несколько увеличивает таблицы маршрутизации, поскольку для каждого подразделения будет создан не один, а несколько суммарных адресов. Количество суммарных адресов не будет менее количества функциональных блоков. Тем не менее, при таком распределении адресного пространства управление сетью значительно упростится.

Например, при описании списков доступа на управляющие интерфейсы оборудования будет достаточно описать один суммарный маршрут на весь блок сетей управления оборудованием.

Кроме этого во внештатных ситуациях уже по виду IP адреса администраторы будут знать, к какому функциональному блоку относится адрес, и им не нужно будет тратить время на поиск соответствующей информации.

Адресный план СПД КрасЖД представлен в таблицах 2, 3 и 4.

Таблица 2 - Технологический пул

OSFP Zone	Legacy Управление СПД	Express Система Экспресс-3	VPN2 Прочие	COM Абоненты Этран	VPN5 Видеонаблюдение и IP-телефония
0	10.95.184.0/21	10.95.254.0/23	10.95.56.0/21	10.95.238.0/23	10.95.120.0/21
1	10.95.128.0/21	10.95.240.0/23	10.95.0.0/21	10.95.224.0/23	10.95.64.0/21
2	10.95.136.0/22	10.95.242.0/24	10.95.8.0/22	10.95.226.0/24	10.95.72.0/22
	10.95.144.0/21	10.95.244.0/23	10.95.16.0/21	10.95.228.0/23	10.95.80.0/21
4	10.95.152.0/21	10.95.246.0/23	10.95.24.0/21	10.95.230.0/23	10.95.88.0/21
5	10.95.140.0/22	10.95.243.0/24	10.95.12.0/22	10.95.227.0/24	10.95.76.0/22
6	10.95.160.0/21	10.95.248.0/23	10.95.32.0/21	10.95.232.0/23	10.95.96.0/21
7	10.95.168.0/21	10.95.250.0/23	10.95.40.0/21	10.95.234.0/23	10.95.104.0/21
8	10.95.176.0/21	10.95.252.0/23	10.95.48.0/21	10.95.236.0/23	10.95.112.0/21
9	10.95.192.0/22	-	10.95.196.0/24	-	10.95.197.0/24

Таблица 3 - Транспортный пул

OSFP Zone	Legacy Управление СПД	Express Система Экспресс-3	VPN2 Прочие	COM Абоненты Этран	VPN5 Видеонаблюдение и IP-телефония
0	10.93.184.0/21	10.93.254.0/23	10.93.56.0/21	10.93.238.0/23	10.93.120.0/21
1	10.93.128.0/21	10.93.240.0/23	10.93.0.0/21	10.93.224.0/23	10.93.64.0/21
2	10.93.136.0/22	10.93.242.0/24	10.93.8.0/22	10.93.226.0/24	10.93.72.0/22
	10.93.144.0/21	10.93.244.0/23	10.93.16.0/21	10.93.228.0/23	10.93.80.0/21
4	10.93.152.0/21	10.93.246.0/23	10.93.24.0/21	10.93.230.0/23	10.93.88.0/21
5	10.93.140.0/22	10.93.243.0/24	10.93.12.0/22	10.93.227.0/24	10.93.76.0/22
6	10.93.160.0/21	10.93.248.0/23	10.93.32.0/21	10.93.232.0/23	10.93.96.0/21
7	10.93.168.0/21	10.93.250.0/23	10.93.40.0/21	10.93.234.0/23	10.93.104.0/21
8	10.93.176.0/21	10.93.252.0/23	10.93.48.0/21	10.93.236.0/23	10.93.112.0/21
9	10.93.192.0/22	-	10.93.196.0/23	-	10.93.198.0/23

Таблица 4 - Абонентский пул

OSFP Zone	Legacy Управление СПД	Express Система Экспресс-3	VPN2 Прочие	COM Абоненты Этран	VPN5 Видеонаблюдение и IP-телефония
0		10.91.112.0/20	10.89.224.0/19	10.90.112.0/20	10.91.240.0/20
1		10.91.0.0/20	10.89.0.0/19	10.90.0.0/20	10.91.128.0/20
2		10.91.16.0/21	10.89.32.0/20	10.90.16.0/21	10.91.144.0/21
		10.91.32.0/20	10.89.64.0/19	10.90.32.0/20	10.91.160.0/20
4		10.91.48.0/20	10.89.96.0/19	10.90.48.0/20	10.91.176.0/20
5		10.91.24.0/21	10.89.48.0/20	10.90.24.0/21	10.91.152.0/21
6		10.91.64.0/20	10.89.128.0/19	10.90.84.0/20	10.91.192.0/20
7		10.91.80.0/20	10.89.160.0/19	10.90.80.0/20	10.91.208.0/20
8		10.91.96.0/20	10.89.192.0/19	10.90.96.0/20	10.91.224.0/20
9		-	10.89.160.0/20	-	-

1.4 Проверка таблицы маршрутизации и VRF

Для проведения проверки общего состояния таблиц маршрутизации и маршрутизации VRF были взяты данные с маршрутизатора Cisco c7606, расположенного на станции Уяр.

Исходя из рисунка 2 видно, что станция Уяр является узлом ТПУ. ТПУ представляет собой крупный узел связи служащий для объединения нескольких направлений магистрали. Такие узлы организуются на ключевых станциях, где необходимо объединение нескольких сегментов СПД. Маршрутизатор Cisco c7606 со станции Уяр имеет кодовое имя (hostname) - "c7606-1.uyar".

Таблицы маршрутизации выводятся на экран командой show ip route [9]. Наименования VRF взяты из таблицы 1. В примерах 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 и 1.4.4 показаны записи в таблицах маршрутизации процессов VRF и количество сетей.

Пример 1.4.1 – Таблица маршрутизации

```
c7606-1.uyar#show ip route
.. .. .
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 624 subnets, 18 masks
O E2    10.0.0.0/8
        [110/20] via 10.93.211.26, 00:47:34, GigabitEthernet1/0/1.1360
        [110/20] via 10.93.211.27, 00:47:34, GigabitEthernet1/0/1.1340
O E2    10.0.0.0/9
        [110/20] via 10.93.211.25, 00:47:34, GigabitEthernet1/0/1.1360
        [110/20] via 10.93.211.17, 00:47:34, GigabitEthernet1/0/1.1340
.. .. .
```

Пример 1.4.2 – Таблица маршрутизации vrf express

```
c7606-1.uyar#show ip route vrf express
.. .. .
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 875 subnets, 10 masks
B       10.16.10.129/32 [200/0] via 10.95.184.45, 1w1b
B       10.32.1.0/24 [200/0] via 10.95.184.45, 1w1d
B       10.38.106.51/32 [200/0] via 10.95.184.45, 1w1a
B       10.88.42.64/26 [200/200] via 10.95.184.45, 6d06h
B       10.0.0.0/8 [200/0] via 10.95.184.45, 6d06h
.. .. .
```

Пример 1.4.3 – Таблица маршрутизации vrf other

```
c7606-1.uyar#show ip route vrf other
.. .. .
B*     0.0.0.0/0 [200/0] via 10.95.184.45, 6d06h
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3730 subnets, 9 masks
B       10.0.0.0/8 [200/0] via 10.95.184.45, 6d06h
B       10.88.0.0/24 [200/300] via 10.95.208.16, 2w0d
B       10.88.18.128/25 [200/0] via 10.95.184.35, 7w0d
B       10.88.42.64/26 [200/200] via 10.95.184.45, 6d06h
B       10.0.0.0/8 [200/0] via 10.95.184.45, 6d06h
B       10.88.0.0/24 [200/300] via 10.95.208.16, 2w0d
B       10.88.18.128/25 [200/0] via 10.95.184.36, 7w0d
.. .. .
```

Пример 1.4.4 – Таблица маршрутизации vrf vpn5

```
c7606-1.uyar#show ip route vrf vpn5
.. .. .
B*     0.0.0.0/0 [200/0] via 10.95.184.45, 6d06h
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 757 subnets, 8 masks
B       10.0.0.0/8 [200/0] via 10.95.184.45, 6d06h
B       10.90.33.48/28 [200/0] via 10.95.186.197, 7w0d
B       10.91.128.0/27 [200/200] via 10.95.208.19, 1w5d
B       10.90.33.48/28 [200/0] via 10.95.186.197, 6d06h
B       10.91.128.0/27 [200/200] via 10.95.208.19, 1w5d
B       10.90.33.48/28 [200/0] via 10.95.186.197, 6d06h
B       10.91.128.0/27 [200/200] via 10.95.208.19, 1w5d
B       10.91.128.32/27 [200/0] via 10.95.129.168, 06:32:47
.. .. .
```

Для наглядного представления данных о таблицах маршрутизации из примеров 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 и 1.4.4, сведем полученные результаты в таблицу 5.

Таблица 5 - Количество записей subnets в таблице маршрутизации до оптимизации

№	Таблица маршрутизации	Количество записей, subnets
1	Глобальная	624
2	VPN VRF express	875
3	VPN VRF other	3730
4	VPN VRF vpn5	757

В данной таблице видно, что суммарное количество записей subnets составляет - 5986, учитывая тот факт, что в таблице не учтено количество записей о VRF Legacy и VRF Com, в соответствии с политикой безопасности СПД КрасЖД, можно предположить, что количество записей, включая VRF Legacy и VRF Com, будет больше.

Структура OSPF спроектирована таким образом, что на всех маршрутизаторах храниться идентичная таблица маршрутизации, которая постоянно обновляется, т.е каждый маршрутизатор OSPF ведет таблицу топологии – LSDB, которая содержит всю необходимую информацию о состоянии всех сетей, подсетей и маршрутизаторов в пределах зоны OSPF.

Протокол OSPF используют лавинную рассылку для обмена данными о состоянии каналов между маршрутизаторами. Любые изменения в данных маршрутизации распространяются по всем маршрутизаторам в сети с помощью лавинной рассылки [9].

В сетях с большим количеством маршрутизаторов (более 50), требуется проводить оптимизацию сети, путем суммирования маршрутов. Использование механизма суммирования маршрутов существенно уменьшает величину требуемых вычислительных ресурсов, таких как оперативная память и ЦП, для процесса маршрутизации OSPF.

К преимуществам суммирования относят:

- Сокращение таблицы маршрутизации. Использование суммирования позволяет сократить количество записей с данными о маршрутах в таблице маршрутизации. Маршрутизатор быстрее отыщет суммарный маршрут в таблице;

- Улучшение функционирования маршрутизатора. Использование суммирования приводит к уменьшению количества маршрутов в таблице маршрутизации, благодаря этому база данных о состоянии каналов становится меньше, что в свою очередь приводит к значительному ускорению работы маршрутизатора;

- Сокращение количества маршрутных обновлений. Другим маршрутизаторам не передается информация о маршрутных обновлениях, поскольку суммарный маршрут, по сути, скрывает изменения в просуммированных в нем маршрутах, что способствует сокращению количества маршрутных обновлений;

– Упрощение процедуры поиска неисправностей. Процедура поиска неисправностей значительно упрощается в результате применения средств суммирования.

К недостаткам суммирования относят:

– Потери информации. При неоптимальной маршрутизации в процессе суммирования маршрутов могут возникать ситуации, когда пакеты проходят почти до самого получателя и только после этого обнаруживается, что он недоступен;

– Выбор длинного маршрута. В результате неоптимальной маршрутизации выбирается более длинный маршрут к достижимому получателю, чем требуется.

При проведении процедуры суммирования маршрутов необходимо учитывать как преимуществам суммирования, так и его недостатки.

В конечном итоге требуется добиться того, чтобы в таблицы маршрутизации вошло минимально возможное количество маршрутов и сократился объем обновлений маршрутов.

1.5 Суммирование маршрутов OSPF в СПД КрасЖД

Использование механизма суммирования маршрутов существенно уменьшает объемы таблиц маршрутизации, снижает загрузку маршрутизаторов, а также снижает загрузку каналов передачи данных, за счет уменьшения объемов передаваемой информации между маршрутизаторами об известных им маршрутах.

Типы суммирования маршрутов в протоколе OSPF:

- Суммирование внешних маршрутов;
- Суммирование межзональных маршрутов.

Под суммированием внешних маршрутов для домена маршрутизации OSPF понимаются маршруты, которые были импортированы в домен маршрутизации OSPF из других автономных систем.

Одной из проблем связанных с импортом маршрутов из других автономных систем, является то, что при процедуре импорта в домен OSPF объявляются частные маршруты внешней автономной системы[9].

Суммирование межзональных маршрутов можно производить только на ABR маршрутизаторах. По умолчанию протокол OSPF не производит суммирование маршрутов.

В настоящее время на участке Красноярской железной дороге, согласно рисунку 5, каждая зона OSPF имеет 2 точки вхождения в зону 0. Если клиент, из зоны 2 захочет попасть на узел расположенный в зоне 4, то он должен воспользоваться суммарным маршрутом из 4 зоны. Такой суммарный маршрут распространяется двумя ABR маршрутизаторами.

По правилам динамической маршрутизации будет выбран суммарный маршрут от того ABR маршрутизатора, который находится ближе к

отправителю информации, т.к. у него будет меньшая метрика. Из рисунка 6 видно, что для прохождения маршрута был выбран маршрутизатор ABR2.

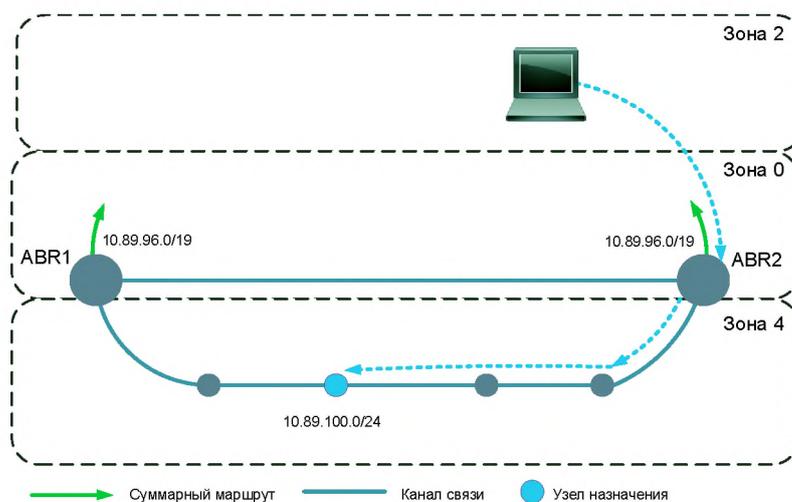


Рисунок 6 – Распространение суммарного маршрута при двух точках суммирования

При связности регулярной зоны выбор ABR маршрутизатора не влияет на достижимость сети получателя. Однако, в случае, если на линии связи произойдет разрыв, клиент из зоны 2, не сможет попасть на необходимый ему узел.

Поскольку при выборе в качестве точки входа в зону 4 маршрутизатора ABR2 пользователь не может знать о достижимости через ABR2 частного маршрута до сети получателя. Это связано с тем, что распространение ABR маршрутизаторами суммарных маршрутов, не предполагает проверки достижимости частных маршрутов.

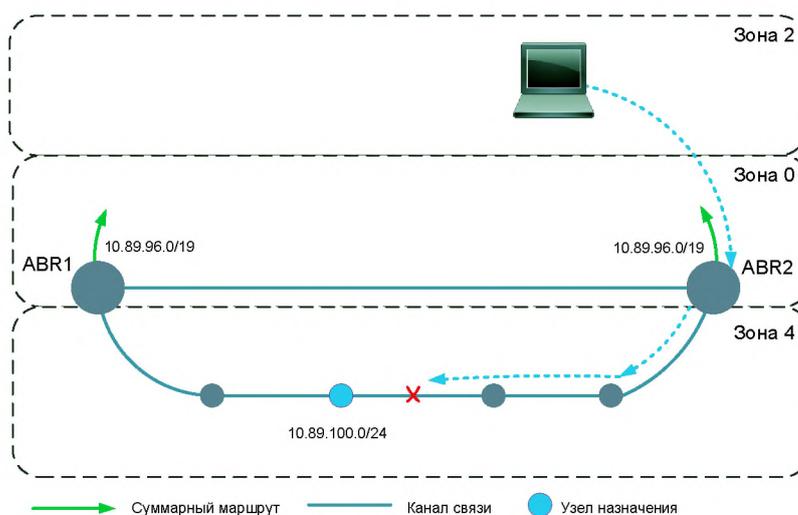


Рисунок 7 – Проблема достижимости сети получателя при двух точках суммирования

На рисунке 7 изображен пример проблемы достижимости сети получателя при двух точках суммирования.

Можно сделать вывод, что использование суммирования межзональных маршрутов для оптимизации распределения маршрутной информации в топологической схеме СПД КрасЖД не представляется возможным. Это связано с тем, что каждая зона имеет от двух точек вхождений в зону 0, а при обрыве канала связи происходит разрыв зоны и, как следствие, недоступность частных сетей.

1.6 Обоснование и цели модернизации

В ходе проверки текущего состояния СПД Красноярской железной дороги было выявлено, что при использовании динамического протокола маршрутизации OSPF, не представляется возможным провести суммирование маршрутов на пограничных ABR маршрутизаторах (рисунок 7).

В связи с чем, возникает несколько проблем:

- На маршрутизаторах и коммутаторах LSDB таблицы имеют значительный размер, связанный с большим числом записей в таблице маршрутизации. Данные приведены в таблице 5;

- Увеличение нагрузки на ЦПУ, связано в первую очередь с необходимостью постоянного обновления топологической информации, путем перерасчетов различных маршрутов и постоянного вычисления таблицы маршрутизации;

- Увеличение нагрузки на оперативную память, хранение и обработка несуммируемой таблицы маршрутизации OSPF требует больше памяти.

Невозможность суммирования межзональных маршрутов в СПД КрасЖД, определяет необходимость проведения оптимизации системы маршрутизации СПД, путем разработки вариантов, которые позволят уменьшить объем служебного трафика, вызванного обновлениями, сократить вычисления по алгоритму SPF, выполняемые маршрутизаторами и снизить нагрузку на вычислительные ресурсы маршрутизаторов.

Поскольку, как указывалось выше, протестировать или внести какие-либо изменения в СПД КрасЖД в реальных условиях не представляется возможным, в качестве основного программного обеспечения для проектирования и проведения анализа методов по оптимизации системы маршрутизации в топологии СПД КрасЖД будет использоваться эмулятор сети - GNS3.

2 Краткое описание программы GNS3

GNS3 (Graphical Network Simulator) – это кроссплатформенное программное обеспечение. Графический симулятор сети, с открытым исходным кодом. Данная программа позволяет смоделировать сложную виртуальную сеть из маршрутизаторов и виртуальных машин. Она дает возможность создать макет сети, максимально приближенный к реальному аналогу, не требуя при этом наличия дорогостоящего специфического оборудования, такого как роутеры и маршрутизаторы.

Программа обладает гибким и интуитивно понятным интерфейсом. С ее помощью возможно построение комплексных проектов, состоящих из маршрутизаторов Cisco, Juniper, а также серверов под управлением сетевых операционных систем.

GNS3 обеспечивает прямое взаимодействие с реальными образами, и легко интегрируется с анализаторами трафика, такими как Wireshark. Программа позволяет соединять эмулируемую сеть и сетевые интерфейсы на реальной машине.

С целью обеспечения полного и точного моделирования, приложение фактически использует соответствующие эмуляторы для работы таких же операционных систем как в реальной сети (Dynamips, VirtualBox, Juniper и Qemu), каждый из которых выполняет свой набор задач.

GNS3 может быть применена для создания и тестирования модели сети, которую планируется развернуть в будущем. Поддерживаемые типы образов операционных систем эмулируемого оборудования — IOS/IPS/PIX/ASA/JunOS. Одним из важнейших плюсов является, свободное распространение данного программного обеспечения, которое можно абсолютно бесплатно скачать с официального сайта GNS3.

GNS3 это графический интерфейс для таких программ, как dynamips и dynagen, позволяющих с легкостью эмулировать целый ряд устройств Cisco. На текущий момент GNS3 поддерживает следующие платформы: Cisco 7200, 3600 серии (3620, 3640 и 3660), 3700 (3725, 3745) и 2600 (2610 для 2650XM, 2691), а также некоторые коммутаторы L2 и L3 уровня серии Cisco Catalyst.

В состав пакета GNS3, равно как и в состав Dynamips/Dynagen, не входят образы операционных систем Cisco IOS. Они приобретаются отдельно у официальных представителей Cisco.

2.1 Моделирование СПД в GNS3

На момент написания данной работы используется последняя версия программы GNS3 - 1.4.6.

Для нормального функционирования программы, необходимо соблюдать выставленные разработчиками рекомендуемые требования к ПК. Данные требования представлены в таблице 6 [10].

Таблица 6 - Рекомендуемые требования GNS3

Наименование	Значение
ОС	Windows 7 (64 bit) and later, Mavericks (10.9) and later, Any Linux Distro - Debian/Ubuntu are provided and supported
Процессор	4 or more Logical cores - AMD-V / RVI Series or Intel VT-X / EPT - virtualization extensions present and enabled in the BIOS. More resources allows for larger simulation
ОЗУ	8 GB RAM
Дисковое пространство	SSD - 35 GB available space

Создание модели СПД Красноярской железной дороги и проведение тестов в GNS3 проводились на ПК с параметрами, представленными в таблице 7.

Таблица 7 - Системные параметры ПК

Наименование	Значение
ОС	Windows 7 Pro, 64 bit
Процессор	Intel Core i5-2450M, 4 core
ОЗУ	6 GB RAM
Дисковое пространство	SSD 60Gb

После установки программы GNS3 и дополнительных компонентов (WinPCap, Dynamips, Qemu, VirtualBox), необходимо подключить и настроить виртуальное оборудование [11]. В данной работе СПД Красноярской железной дороги моделируется из маршрутизаторов серии Cisco c2600.

Каждый маршрутизатор серии Cisco c2600 содержит один слот для модуля глобальной сети высокой плотности или модуля ЛВС, два слота для модулей глобальной сети низкой плотности и одно посадочное место на системной плате для установки сервисного модуля AIM.

Необходимые настройки для запуска и стабильной работы маршрутизатора Cisco c2600 представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Настройки для маршрутизатора серии Cisco c2600

Наименование	Значение
RAM	192MB
NVRAM	256KiB
I/O memory	10%
Proposed idle-PC	0x80628094

Для моделирования сети используется образ сетевой операционной системы IOS версии 12.4.25d, платформа c2600, шасси 2611XM. Все необходимые параметры для функционирования маршрутизатора серии Cisco c2600 отображены на рисунке 8.

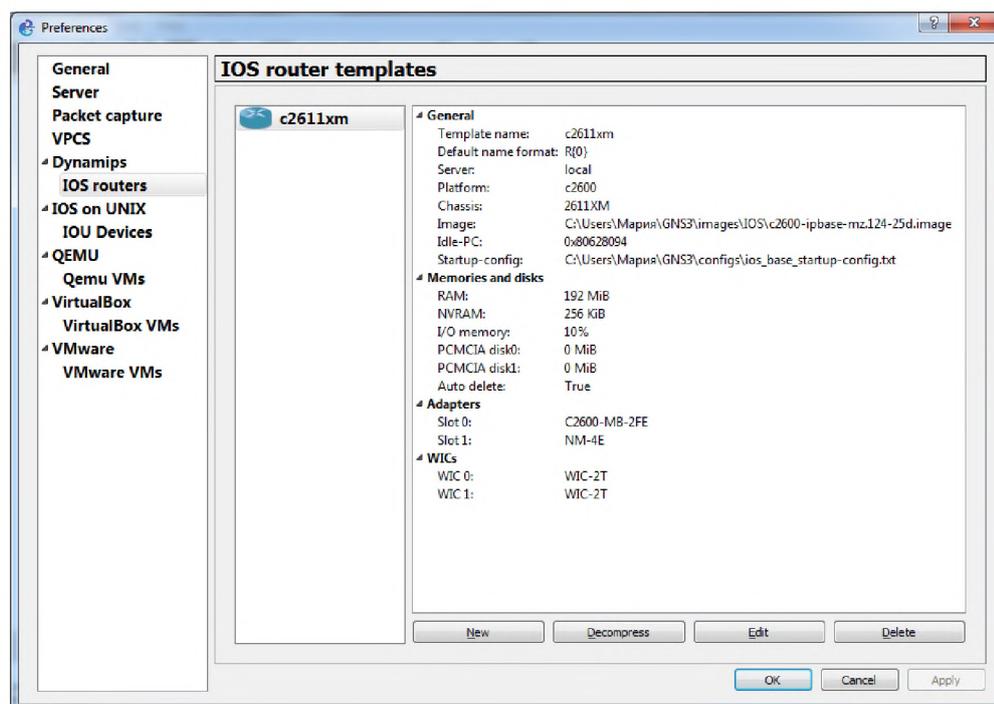


Рисунок 8 – Настойки образа IOS Cisco c2600 в GNS3

Основываясь на данных рисунка 2 - маршрутизаторы ТПУ имеют более 7 связей. При создании проектируемой СПД КрасЖД был выбран маршрутизатор c2611xm серии Cisco c2600.

Маршрутизатор c2611xm имеет два встроенных порта - 2FE, скорость портов 10/100Мбит/с, используемый протокол - 10/100BaseTX или 100BaseFX Ethernet [12]. В конфигурацию маршрутизатора c2611xm были добавлены следующие модули:

- NM-4E – сетевой модуль для создания 4 локальных соединений использует протокол - 10BaseT Ethernet.
- WIC-2T – дополнительный модуль двухпортового последовательного интерфейса, который рассчитан на подключение двух последовательных портов с единым разъемом Smart Serial [13].

2.2 Построение СПД в среде GNS3

СПД КрасЖД по состоянию на начало 2016 года насчитывает 188 узлов. Из них 10 ТПУ и остальные - ПУ.

Для проведения анализа проектируемой СПД и тестирования вариантов оптимизации таблицы маршрутизации в среде симулятора GNS3 взяты основные точки ТПУ и ПУ, записанные в таблицах 9 и 10. Полный перенос всех точек в проектируемую сеть нецелесообразен, т.к. таблицы маршрутизации на всех пограничных и внутризональных маршрутизаторах будут идентичны.

Таблица 9 - Узлы ТПУ, включенные в схему СПД

№	Наименование	Hostname в GNS3
1.	Мариинск	R1
2.	Ачинск I	R2
3.	Уяр	R3
4.	Решоты	R4
5.	Саянская	R5
6.	Абакан	R6
7.	Междуреченск	R7
8.	Красная сопка	R8

Таблица 10 - Узлы ПУ, включенные в схему СПД

№	Наименование	Hostname в GNS3
1.	Тяжин	R9
2.	Боготол	R10
3.	Зерцалы	R11
4.	Малая Кеть	R12
5.	Лесосибирск	R13
6.	Козулька	R14
7.	Кача	R15
8.	Бугач	R16
9.	Канск-Енисейский	R17
10.	Иланская	R18
11.	Табагашет	R19
12.	Кварцит	R20
13.	Агул	R21
14.	Авда	R22
15.	Чулымка	R23
16.	Шира	R24
17.	Курагино	R25
18.	Мана	R26
19.	Бискамба	R27
20.	Аскиз	R28
21.	Абаза	R29
22.	Карабула	R30
23.	Шушь	R31
24.	Базыр	R32
25.	Рудная	R33

Исходя из данных таблиц 9 и 10, проектируется измененная схема СПД КрасЖД. Полученная схема СПД КрасЖД изображена на рисунке 9.

На рисунке 9 видно, что спроектированная СПД КрасЖД состоит из основных 8 узлов ТПУ и ключевых 25 узлов ПУ. Общее количество узлов составляет - 33. Связь между узлами ТПУ осуществляется через интерфейсы Smart Serial. Связь между ПУ узлами обеспечивается за счет дополнительного сетевого модуля NM-4E. Подписи маршрутизаторов соответствуют таблицам 9 и 10.

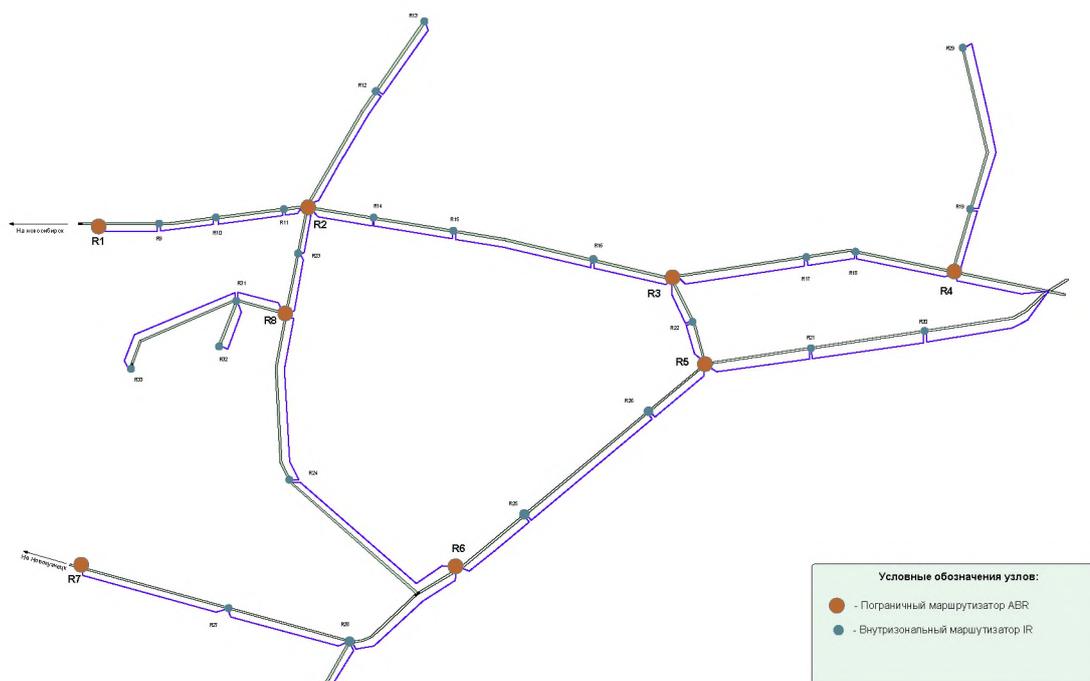


Рисунок 9 – Спроектированная СПД Красноярской железной дороги

2.3 Настройка маршрутизаторов в GNS3

Настройка и задание необходимых параметров в GNS3 осуществляется с помощью консоли управления. Маршрутизатор конфигурируется в командной строке операционной системы Cisco IOS.

В симуляторе управление маршрутизатором доступно как через Telnet, так и через SSH. Для управления используется программа Putty.

В GNS3 поддерживает практически все команды выполняемые маршрутизаторами Cisco. При запуске любого маршрутизатора в среде GNS3, маршрутизатор работает в режиме глобальной конфигурации, далее вводятся команды для настройки сетевого оборудования.

Для запуска и настройки протокола OSPF используется команда `router ospf process-id`. Параметр *process-id* представляет собой номер локального процесса маршрутизации OSPF запущенного на маршрутизаторе.

Для корректной работы протокола OSPF, в настройках процесса OSPF необходимо задавать параметр `router-id`. В качестве данного параметра в схеме задается значение логического интерфейса `loopback 0`.

Для описания сетей участвующих в процессе маршрутизации используется команда `network area`.

2.3.1 Зоны OSPF в проектируемой СПД

В реальной схеме СПД КрасЖД по техническим причинам отсутствует 3 зона, она находится в стадии разработки. По этой причине, в проектируемой СПД исключили зону 3. Формирование зон, в проектируемой СПД, представлено в таблице 11.

Таблица 11 - Описание зон и маршрутизаторов в проектируемой СПД

OSPF Зона	Тип зоны	Интерфейс подключения	Количество маршрутизаторов	Тип маршрутизаторов
0	backbone area	Smart Serial	8	ABR
1	Standard area	Ethernet	5	IR
2	Standard area	Ethernet	3	IR
4	Standard area	Ethernet </tr		

Разделение на зоны OSPF в проектируемой СПД КрасЖД, представлено на рисунке 10.

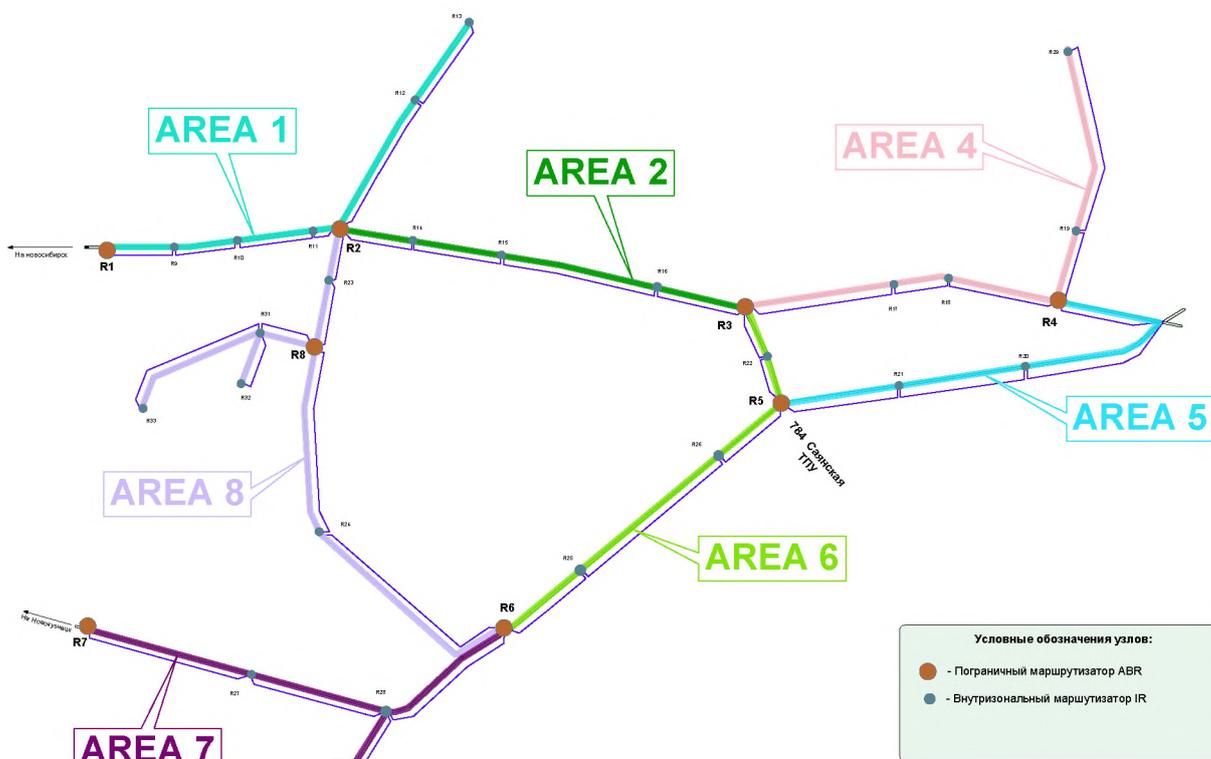


Рисунок 10 – Разделение на зоны OSPF в проектируемой СПД КрасЖД

2.3.2 Адресное пространство проектируемой СПД

Для моделирования и тестирования сети не требуется переноса реального адресного пространства, поэтому адресный план видоизменен, но за основу взяты пулы реального адресного пространства СПД КрасЖД, а именно из VRF Other таблицы 2, 3 и 4, включая зоны OSPF.

Разделение адресного пространства необходимо в первую очередь для обеспечения безопасности сетей и передаваемых по ним данных, а так же для удобства администрирования СПД и сетевого оборудования.

В проектируемой СПД КрасЖД выделено три пула IP-адресов: технологический пул, транспортный пул и абонентский пул.

Адресное пространство неотъемлемо связано с зонами OSPF. Для каждой зоны выделен свой пул IP-адресов. Поэтому при создании адресного плана необходимо учитывать не только наличие трех различных пулов, но и разделение сети на 8 отдельных зон OSPF.

Адресный план для проектируемой СПД КрасЖД представлен в таблицах 11, 12 и 13.

Таблица 12 - Технологический пул

OSPF Zone	Адресное пространство
0.	10.95.56.0/24
1.	10.95.0.0/24
2.	10.95.8.0/24
4.	10.95.24.0/24
5.	10.95.12.0/24
6.	10.95.32.0/24
7.	10.95.40.0/24
8.	10.95.48.0/24

Таблица 13 - Транспортный пул

OSPF Zone	Адресное пространство
0.	10.93.56.0/24
1.	10.93.0.0/24
2.	10.93.8.0/24
4.	10.93.24.0/24
5.	10.93.12.0/24
6.	10.93.32.0/24
7.	10.93.40.0/24
8.	10.93.48.0/24

Таблица 14 - Абонентский пул

OSPF Zone	Адресное пространство
0.	-
1.	10.89.0.0/24
2.	10.89.32.0/24
4.	10.89.96.0/24
5.	10.89.48.0/24
6.	10.89.128.0/24
7.	10.89.160.0/24
8.	10.89.192.0/24

В таблице 14 отсутствует адресное пространство для зоны 0. Так как эта зона предназначена для управления оборудованием. В целях обеспечения высокого уровня защиты и безопасности, передаваемых через сети СПД данных, обычные пользователи не имеют доступа к контролю над управляемым сетевым оборудованием, соответственно адресное пространство для данного пула в зоне 0 – отсутствует.

Для запуска процесса OSPF на выбранном интерфейсе используется команда `ip ospf area` [14]. Синтаксис приводится в примере 2.3.1.

Пример 2.3.1 – Синтаксис команды `ip ospf area`

```
R2#ip ospf process-id area area-id
```

Спроектированная в GNS3 СПД КрасЖД имеет следующий вид, отображенный на рисунке 11. Подробная схема показана в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

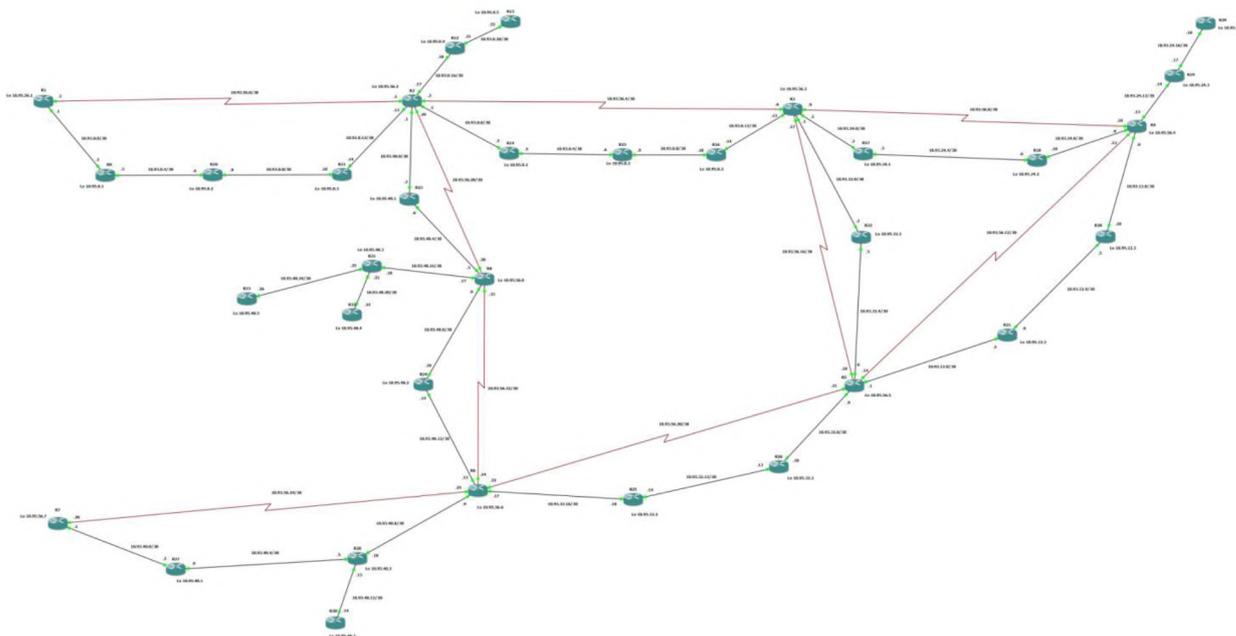


Рисунок 11 – Схема спроектированной СПД КрасЖД в GNS3

2.4 Проверка результатов

Проверка таблицы маршрутизации до применения оптимизации производится на пограничном маршрутизаторе R2 и внутризональном - R26. Маршрутизаторы расположены в разных зонах. R2 – является ABR маршрутизатором, который принадлежит зоне 2, а R26 – IR маршрутизатором, который размещается в зоне 6.

Так как данная СПД имеет более двух точек вхождения в зону 0, суммирование маршрутов не проводится. Суммирование маршрутов повлияет на прохождение маршрутов из одной зоны в другую. Если включить функцию суммирования, часть частных сетей, при обрыве канала, будет недоступна, что показано на рисунке 7. В протоколе OSPF по умолчанию отключена функция автоматического суммирования маршрутов.

После выполнения настройки СПД необходимо провести проверку таблицы маршрутизации, которая покажет текущее количество записей в таблице. Данные проверки таблицы маршрутизации на ABR маршрутизаторах до применения оптимизации отображены в примерах 2.4.1 и 2.4.2.

Пример 2.4.1 - Проверка таблицы маршрутизации на пограничном маршрутизаторе R2 до применения оптимизации:

```
R2#show ip route
.. ..
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 75 subnets, 2 masks
O IA 10.93.24.12/30 [110/104] via 10.93.56.6, 00:00:55, Serial0/1
O    10.93.0.20/30 [110/20] via 10.93.0.18, 00:01:00, Ethernet1/1
O IA 10.93.24.8/30 [110/94] via 10.93.56.6, 00:01:00, Serial0/1
C    10.93.0.16/30 is directly connected, Ethernet1/1
O IA 10.93.24.4/30 [110/84] via 10.93.56.6, 00:01:00, Serial0/1
O IA 10.95.24.1/32 [110/75] via 10.93.56.6, 00:01:00, Serial0/1
O IA 10.95.24.2/32 [110/85] via 10.93.56.6, 00:01:01, Serial0/1
O    10.93.56.32/30 [110/128] via 10.93.56.30, 00:01:32, Serial0/2
O IA 10.93.24.0/30 [110/74] via 10.93.56.6, 00:01:01, Serial0/1
O IA 10.93.8.12/30 [110/74] via 10.93.56.6, 00:01:01, Serial0/1
O    10.93.0.4/30 [110/30] via 10.93.0.14, 00:01:02, Ethernet1/0
O    10.95.0.1/32 [110/31] via 10.93.0.14, 00:01:02, Ethernet1/0
O    10.95.0.3/32 [110/11] via 10.93.0.14, 00:01:03, Ethernet1/0
O    10.95.0.2/32 [110/21] via 10.93.0.14, 00:01:03, Ethernet1/0
O IA 10.93.8.8/30 [110/84] via 10.93.56.6, 00:01:03, Serial0/1
O    10.93.0.0/30 [110/40] via 10.93.0.14, 00:01:03, Ethernet1/0
O IA 10.95.12.2/32 [110/139] via 10.93.56.6, 00:00:58, Serial0/1
O IA 10.93.12.0/30 [110/138] via 10.93.56.6, 00:01:03, Serial0/1
O    10.93.8.4/30 [110/20] via 10.93.8.2, 00:01:03, Ethernet1/2
C    10.93.0.12/30 is directly connected, Ethernet1/0
O IA 10.95.8.3/32 [110/75] via 10.93.56.6, 00:01:03, Serial0/1
O    10.95.8.2/32 [110/21] via 10.93.8.2, 00:01:03, Ethernet1/2
O IA 10.93.12.4/30 [110/148] via 10.93.56.6, 00:00:58, Serial0/1
C    10.93.8.0/30 is directly connected, Ethernet1/2
O    10.93.0.8/30 [110/20] via 10.93.0.14, 00:01:03, Ethernet1/0
O    10.93.56.12/30 [110/192] via 10.93.56.6, 00:01:33, Serial0/1
O    10.93.48.4/30 [110/20] via 10.93.48.2, 00:01:03, Ethernet1/3
O    10.95.48.1/32 [110/11] via 10.93.48.2, 00:01:05, Ethernet1/3
O    10.95.56.8/32 [110/65] via 10.93.56.30, 00:01:35, Serial0/2
C    10.93.0.12/30 is directly connected, Ethernet1/0
.. ..
```

Пример 2.4.2 - Проверка таблицы маршрутизации на внутризональном маршрутизаторе R26 до применения оптимизации:

```
R2#show ip route
.. .. .
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 75 subnets, 2 masks
O IA 10.95.56.5/32 [110/11] via 10.93.32.9, 00:00:01, Ethernet1/0
O IA 10.95.56.4/32 [110/75] via 10.93.32.9, 00:00:01, Ethernet1/0
O IA 10.95.56.7/32 [110/85] via 10.93.32.14, 00:00:01, Ethernet1/1
O IA 10.93.56.28/30 [110/148] via 10.93.32.14, 00:00:01, Ethernet1/1
O IA 10.93.48.20/30 [110/60] via 10.93.32.14, 00:00:01, Ethernet1/1
O IA 10.93.40.12/30 [110/40] via 10.93.32.14, 00:00:01, Ethernet1/1
O 10.93.32.4/30 [110/20] via 10.93.32.9, 00:00:03, Ethernet1/0
O 10.95.32.1/32 [110/21] via 10.93.32.9, 00:00:03, Ethernet1/0
C 10.95.32.3/32 is directly connected, Loopback0
O 10.95.32.2/32 [110/11] via 10.93.32.14, 00:00:03, Ethernet1/1
O IA 10.93.56.24/30 [110/84] via 10.93.32.14, 00:00:03, Ethernet1/1
O IA 10.93.48.16/30 [110/50] via 10.93.32.14, 00:00:03, Ethernet1/1
O IA 10.93.40.8/30 [110/30] via 10.93.32.14, 00:00:03, Ethernet1/1
O 10.93.32.0/30 [110/30] via 10.93.32.9, 00:00:03, Ethernet1/0
O IA 10.93.56.20/30 [110/74] via 10.93.32.9, 00:00:03, Ethernet1/0
O IA 10.93.40.4/30 [110/40] via 10.93.32.14, 00:00:03, Ethernet1/1
C 10.93.32.12/30 is directly connected, Ethernet1/1
O IA 10.95.40.1/32 [110/41] via 10.93.32.14, 00:00:03, Ethernet1/1
O IA 10.93.56.16/30 [110/74] via 10.93.32.9, 00:00:03, Ethernet1/0
O IA 10.93.48.24/30 [110/60] via 10.93.32.14, 00:00:03, Ethernet1/1
O IA 10.93.40.0/30 [110/50] via 10.93.32.14, 00:00:05, Ethernet1/1
C 10.93.32.8/30 is directly connected, Ethernet1/0
.. .. .
```

Для наглядного представления данных в примерах 2.4.1 и 2.4.4, сведем полученные результаты в таблицу 15.

Таблица 15 - Количество записей subnets в таблице маршрутизации

Наименование маршрутизатора	Количество записей, <i>subnets</i>
R2	75
R26	75

Данные из таблицы 15 показывают, что число записей в LSDB на маршрутизаторах R2 и R26 соответствуют друг другу.

Отсюда можно сделать вывод - внутризональные маршрутизаторы обрабатывают равный объем данных наряду с пограничными маршрутизаторами. Это значит, что на внутризональные маршрутизаторы приходится колоссальная нагрузка, как на ЦПУ, так и на ОЗУ. Так как данные маршрутизаторы менее мощные. Что в свою очередь приводит к медленной и нестабильной работе маршрутизаторов, за счет того, что большая часть ресурсов отдана на обработку, хранение и постоянное обновление состояния каналов, а не на прохождение трафика.

Так как суммирование таблицы маршрутизации в данной СПД невозможно, для уменьшения таблицы маршрутизации нужно применить другие варианты оптимизации.

3 Варианты оптимизации системы маршрутизации

При условии, что суммирование маршрутов в СПД КрасЖД не предусматривается, необходимо провести оптимизацию системы маршрутизации СПД другими способами.

Основной проблемой СПД КрасЖД является наличие одной большой таблицы маршрутизации, содержащей несколько тысяч записей, на всех маршрутизаторах сети, как на граничных, так и на внутризональных, вследствие использования протокола OSPF, который ее рассылает.

В процессе работы СПД КрасЖД внутризональным маршрутизаторам находящимся, например, в зоне 2 не обязательно знать топологическую информацию, внутризональных маршрутизаторов, например зоны 6. Также, в силу специфики всех link-state протоколов динамической маршрутизации, в OSPF каждый роутер узнает о падении любого канала в сети. Это, конечно, повышает качество выбора оптимального маршрута, но и заметно повышает нагрузку.

Ограничить таблицу маршрутизации на внутризональных маршрутизаторах без использования суммирования маршрутов можно несколькими способами:

- Сделать перераспределение маршрутной информации;
- Создать полностью тупиковые зоны;
- Создать полностью тупиковые NSSA зоны.

3.1 Перераспределение маршрутной информации

3.1.1 Краткие теоретические сведения по перераспределению

В спроектированной СПД КрасЖД для динамической маршрутизации используется протокол OSPF. На всех маршрутизаторах настроен один процесс OSPF (router ospf 1), поэтому данный процесс знает всю топологическую информацию о сети и рассылает ее на все маршрутизаторы. Следовательно, на всех маршрутизаторах хранится и обрабатывается одна большая таблица маршрутизации.

В связи с этим можно разделить один процесс OSPF на несколько процессов и сделать перераспределение маршрутной информации. Преимущества такого подхода в том, что топологическая информация участка будет распространяться только в его пределах. Создание нескольких процессов OSPF приведет к тому, что на маршрутизаторах ABR будет храниться и обрабатываться вместо одной большой таблицы LSDB несколько таблиц маршрутизации.

Введение новых процессов OSPF повлияет на внутризональные маршрутизаторы, т.к. внутри одной области, например зоны 2, на внутризональных маршрутизаторах будет храниться топология сети только тех маршрутизаторов, которые входят в зону 2. Так как внутризональным маршрутизаторам зоны 2 не надо будет обрабатывать информацию о состоянии

внутризональных маршрутизаторах из других зон - это приведет к тому, что таблица LSDB на этих маршрутизаторах станет меньше.

OSPF 1 содержится на всех ABR маршрутизаторах, на IR маршрутизаторах OSPF 1 будет заменен на новый процесс OSPF. Допустим, что номер нового процесса OSPF формируется по следующей схеме: первое число – номер зоны, второе – номер участка в зоне, тогда новый процесс будет записан как OSPF XY, где X – номер зоны, а Y – номер участка.

Например: маршрутизатор R18 находится в 4 зоне, на 1 участке сети, поэтому номер процесса OSPF будет сформирован как ospf 41.

Аналогично производится формирование новых зон OSPF XY на остальных маршрутизаторах.

Все пограничные маршрутизаторы (ABR) будут обрабатывать как процесс OSPF 1, так и процесс OSPF XY.

Для того чтобы процесс OSPF 1 узнал обо всех частных сетях процесса OSPF XY, необходимо провести перераспределение маршрутной информации между этими процессами. На рисунке 12 отображена общая схема перераспределения маршрутной информации и показано прохождение частных маршрутов.

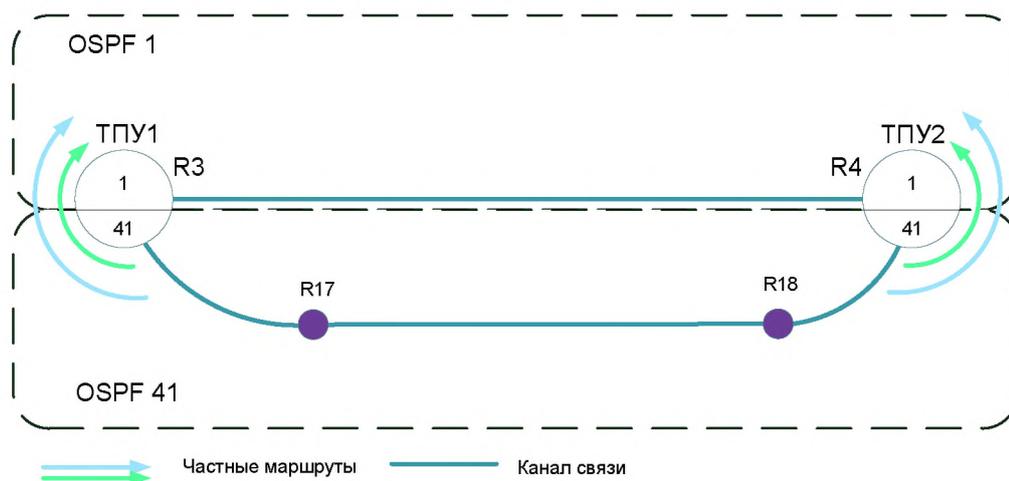


Рисунок 12 – Перераспределение маршрутной информации

3.1.2 Практическое применение перераспределения в схеме СПД

Используя метод перераспределения маршрутной информации, оптимизация спроектированной СПД КрасЖД проводится по следующему алгоритму, представленному на рисунке 13. Процесс перераспределения проводится только на ABR маршрутизаторах. На IR маршрутизатора проводится замена протокола OSPF 1 на протокол OSPF XY. После настройки конфигурации СПД на ABR маршрутизаторах включается функция redistribute, командой *redistribute ospf XY subnets*.



Рисунок 13 – Алгоритм оптимизации перераспределения информации

3.1.3 Результаты оптимизации

После применения метода перераспределения маршрутной информации, таблицы маршрутизации внутризональных маршрутизаторов значительно сократились. Данные приведены в примерах 3.1.1 и 3.1.2.

Пример 3.1.1 - Проверка таблицы маршрутизации на маршрутизаторе R2 после применения оптимизации

```

R2#show ip route
... ..
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 75 subnets, 2 masks
O E2 10.93.24.12/30 [110/10] via 10.93.56.6, 00:04:22, Serial0/1
O 10.93.0.20/30 [110/20] via 10.93.0.18, 00:54:55, Ethernet1/1
O E2 10.93.24.8/30 [110/10] via 10.93.56.6, 00:04:22, Serial0/1
C 10.93.0.16/30 is directly connected, Ethernet1/1
O E2 10.95.24.4/32 [110/21] via 10.93.56.6, 00:04:22, Serial0/1
O E2 10.93.24.4/30 [110/20] via 10.93.56.6, 00:04:22, Serial0/1
O E2 10.95.24.1/32 [110/21] via 10.93.56.6, 00:04:24, Serial0/1
O E2 10.95.24.3/32 [110/11] via 10.93.56.6, 00:04:24, Serial0/1
O E2 10.95.24.2/32 [110/11] via 10.93.56.6, 00:04:24, Serial0/1
O 10.93.56.32/30 [110/128] via 10.93.56.30, 00:04:24, Serial0/2
O E2 10.93.24.0/30 [110/30] via 10.93.56.6, 00:04:24, Serial0/1
O 10.95.0.5/32 [110/21] via 10.93.0.18, 00:54:57, Ethernet1/1
O 10.95.0.4/32 [110/11] via 10.93.0.18, 00:54:59, Ethernet1/1
O E2 10.93.12.8/30 [110/10] via 10.93.56.6, 00:04:26, Serial0/1
O 10.93.8.12/30 [110/40] via 10.93.8.2, 00:46:01, Ethernet1/2
O E2 10.93.0.4/30 [110/20] via 10.93.56.1, 00:04:26, Serial0/0
O E2 10.95.0.1/32 [110/11] via 10.93.56.1, 00:04:26, Serial0/0
  
```

```

O E2 10.95.0.3/32 [110/31] via 10.93.56.1, 00:04:26, Serial0/0
O E2 10.95.0.2/32 [110/21] via 10.93.56.1, 00:04:26, Serial0/0
O 10.93.8.8/30 [110/30] via 10.93.8.2, 00:46:01, Ethernet1/2
O E2 10.93.0.0/30 [110/10] via 10.93.56.1, 00:04:26, Serial0/0
O E2 10.95.12.3/32 [110/11] via 10.93.56.6, 00:04:26, Serial0/1
O E2 10.95.12.2/32 [110/21] via 10.93.56.6, 00:04:26, Serial0/1
O E2 10.93.12.0/30 [110/10] via 10.93.56.6, 00:04:26, Serial0/1
O 10.93.8.4/30 [110/20] via 10.93.8.2, 00:46:01, Ethernet1/2
C 10.93.0.12/30 is directly connected, Ethernet1/0
O 10.95.8.1/32 [110/11] via 10.93.8.2, 00:46:01, Ethernet1/2
O 10.95.8.3/32 [110/31] via 10.93.8.2, 00:46:03, Ethernet1/2
O 10.95.8.2/32 [110/21] via 10.93.8.2, 00:46:03, Ethernet1/2
O E2 10.93.24.16/30 [110/20] via 10.93.56.6, 00:04:28, Serial0/1
O E2 10.93.12.4/30 [110/20] via 10.93.56.6, 00:04:28, Serial0/1
C 10.93.8.0/30 is directly connected, Ethernet1/2
O E2 10.93.0.8/30 [110/30] via 10.93.56.1, 00:04:28, Serial0/0
O E2 10.95.48.5/32 [110/21] via 10.93.56.30, 00:01:25, Serial0/2
O E2 10.95.48.4/32 [110/21] via 10.93.56.30, 00:01:15, Serial0/2
O 10.93.56.12/30 [110/192] via 10.93.56.6, 00:04:28, Serial0/1
O 10.93.48.4/30 [110/20] via 10.93.48.2, 00:04:20, Ethernet1/3
O 10.95.48.1/32 [110/11] via 10.93.48.2, 00:04:20, Ethernet1/3
O 10.95.56.8/32 [110/65] via 10.93.56.30, 00:04:28, Serial0/2
O E2 10.95.48.3/32 [110/11] via 10.93.56.30, 00:02:09, Serial0/2
O E2 10.95.48.2/32 [110/11] via 10.93.56.30, 00:04:28, Serial0/2
O 10.93.56.8/30 [110/128] via 10.93.56.6, 00:04:30, Serial0/1
C 10.93.48.0/30 is directly connected, Ethernet1/3
O E2 10.93.32.16/30 [110/10] via 10.93.56.30, 00:04:30, Serial0/2
O 10.95.56.5/32 [110/129] via 10.93.56.6, 00:04:30, Serial0/1
O 10.95.56.4/32 [110/129] via 10.93.56.6, 00:04:30, Serial0/1
O 10.95.56.7/32 [110/193] via 10.93.56.30, 00:04:30, Serial0/2
O 10.95.56.6/32 [110/129] via 10.93.56.30, 00:04:30, Serial0/2
C 10.93.56.4/30 is directly connected, Serial0/1
O E2 10.93.48.12/30 [110/10] via 10.93.56.30, 00:04:30, Serial0/2
O 10.95.56.1/32 [110/65] via 10.93.56.1, 00:04:30, Serial0/0
O 10.95.56.3/32 [110/65] via 10.93.56.6, 00:04:30, Serial0/1
C 10.95.56.2/32 is directly connected, Loopback0
C 10.93.56.0/30 is directly connected, Serial0/0
O E2 10.93.48.8/30 [110/10] via 10.93.56.30, 00:04:29, Serial0/2
C 10.93.56.28/30 is directly connected, Serial0/2
O E2 10.93.48.20/30 [110/20] via 10.93.56.30, 00:02:13, Serial0/2
O E2 10.93.40.12/30 [110/30] via 10.93.56.30, 00:04:32, Serial0/2
O E2 10.93.32.4/30 [110/10] via 10.93.56.6, 00:04:32, Serial0/1
O E2 10.93.40.12/30 [110/30] via 10.93.56.30, 00:04:32, Serial0/2
O E2 10.93.32.4/30 [110/10] via 10.93.56.6, 00:04:32, Serial0/1
O E2 10.95.32.1/32 [110/11] via 10.93.56.6, 00:04:32, Serial0/1
O E2 10.95.32.3/32 [110/11] via 10.93.56.6, 00:04:32, Serial0/1
O E2 10.95.32.2/32 [110/21] via 10.93.56.6, 00:04:32, Serial0/1
O 10.93.56.24/30 [110/192] via 10.93.56.30, 00:04:32, Serial0/2
O E2 10.93.48.16/30 [110/10] via 10.93.56.30, 00:04:31, Serial0/2
O E2 10.93.40.8/30 [110/10] via 10.93.56.30, 00:04:32, Serial0/2
O E2 10.93.32.0/30 [110/20] via 10.93.56.6, 00:04:32, Serial0/1
O 10.93.56.20/30 [110/192] via 10.93.56.30, 00:04:32, Serial0/2
O E2 10.93.40.4/30 [110/20] via 10.93.56.30, 00:04:32, Serial0/2
O E2 10.95.24.1/32 [110/21] via 10.93.56.6, 00:04:24, Serial0/1
O E2 10.95.24.3/32 [110/11] via 10.93.56.6, 00:04:24, Serial0/1
O E2 10.95.24.2/32 [110/11] via 10.93.56.6, 00:04:24, Serial0/1
O 10.93.56.32/30 [110/128] via 10.93.56.30, 00:04:24, Serial0/2
O E2 10.93.24.0/30 [110/30] via 10.93.56.6, 00:04:24, Serial0/1
O 10.95.0.5/32 [110/21] via 10.93.0.18, 00:54:57, Ethernet1/1
O 10.95.0.4/32 [110/11] via 10.93.0.18, 00:54:59, Ethernet1/1
. . .

```

Пример 3.1.2 - Проверка таблицы маршрутизации на маршрутизаторе R26 после применения оптимизации

```
R26#show ip route
.. .. .
 10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
O   10.93.32.16/30 [110/20] via 10.93.32.14, 00:13:18, Ethernet1/1
C   10.95.32.3/32 is directly connected, Loopback0
O   10.95.32.2/32 [110/11] via 10.93.32.14, 00:13:18, Ethernet1/1
C   10.93.32.12/30 is directly connected, Ethernet1/1
C   10.93.32.8/30 is directly connected, Ethernet1/0
O*E2 0.0.0.0/0 [110/1] via 10.93.32.9, 00:13:18, Ethernet1/0
```

Для наглядного представления данных из таблицы маршрутизации, сведем полученные результаты в таблицу 16.

Таблица 16 - Количество записей subnets в таблице маршрутизации

Наименование маршрутизатора	Количество записей, <i>subnets</i>
R2	75
R26	5

Сравнивая таблицы 15 и 16 можно заметить, что таблица маршрутизации после перераспределения маршрутной информации путем создания новых процессов OSPF, значительно сократилась. В таблице 16 об этом свидетельствуют меньшее количество записей на маршрутизаторах.

3.2 Организация полностью тупиковых зон

Полностью тупиковая зона (Totally stubby area) – это тупиковая зона, которая определяет в таблице маршрутизации только внутризональные маршруты и маршруты по умолчанию. Все внешние и межзональные маршруты заменяются ABR маршрутизатором на маршрут по умолчанию, указывающий на ABR маршрутизатор. Каждый внутризональный маршрутизатор подключается к ближайшему ABR как шлюзу для всего, что находится за пределами зоны.

Зону протокола OSPF можно настроить как тупиковую или полностью тупиковую, если она удовлетворяет следующим критериям:

- Зона не является магистральной зоной;
- Зона имеет единственную точку выхода в магистральную зону;
- Зона не имеет ASBR маршрутизаторов;
- Зона не содержит виртуальных каналов.

Полностью тупиковые зоны позволяют сократить количество записей в таблице топологии внутренних маршрутизаторов зоны. Полностью тупиковые зоны не принимают рассылку не только внешних, но и межзональных сообщений LSA. Все внешние и межзональные маршруты заменяются пограничным маршрутизатором зоны на маршрут по умолчанию [15].

3.2.1 Практическое применение в схеме СПД КрасЖД

Для практического применения организации полностью тупиковых зон в схеме СПД КрасЖД, необходимо настроить зону как полностью тупиковую, для чего необходимо воспользоваться командой `area stub` на всех внутренних маршрутизаторах зоны. На ABR маршрутизаторе к команде `area stub` нужно добавить ключевое слово `no-summary`. Данное ключевое слово применяется только на ABR маршрутизаторе.

Далее необходимо разделить зоны OSPF еще на несколько сегментов и на этих сегментах задать тупиковость. Перераспределение адресного пространства в этом случае не потребуется.

Преимущества такого подхода в том, что включение полностью тупиковых зон в протокол OSPF позволит уменьшить нагрузки на внутренние маршрутизаторы зон, вызванной необходимостью обработки большого количества топологической информации, для расчета таблицы маршрутизации, путем создания маршрута по умолчанию на ABR маршрутизаторах.

В процессе оптимизации в схеме СПД КрасЖД были перераспределены зоны OSPF, по следующему принципу: 1 номер – номер зоны, 2 номер – номер участка СПД в зоне. В этом случае новая зона будет записана как AREA XY, где X – номер зоны, а Y – номер участка в зоне.

Например: в зоне 1 находится два сегмента СПД, после разбиения зоны 1 на меньшие сегменты, будут сформированы Area 11 и Area 12. Подробное разбиение на зоны, после оптимизации показаны на рисунке 14. Общее количество зон OSPF, после разбиения равно 12.

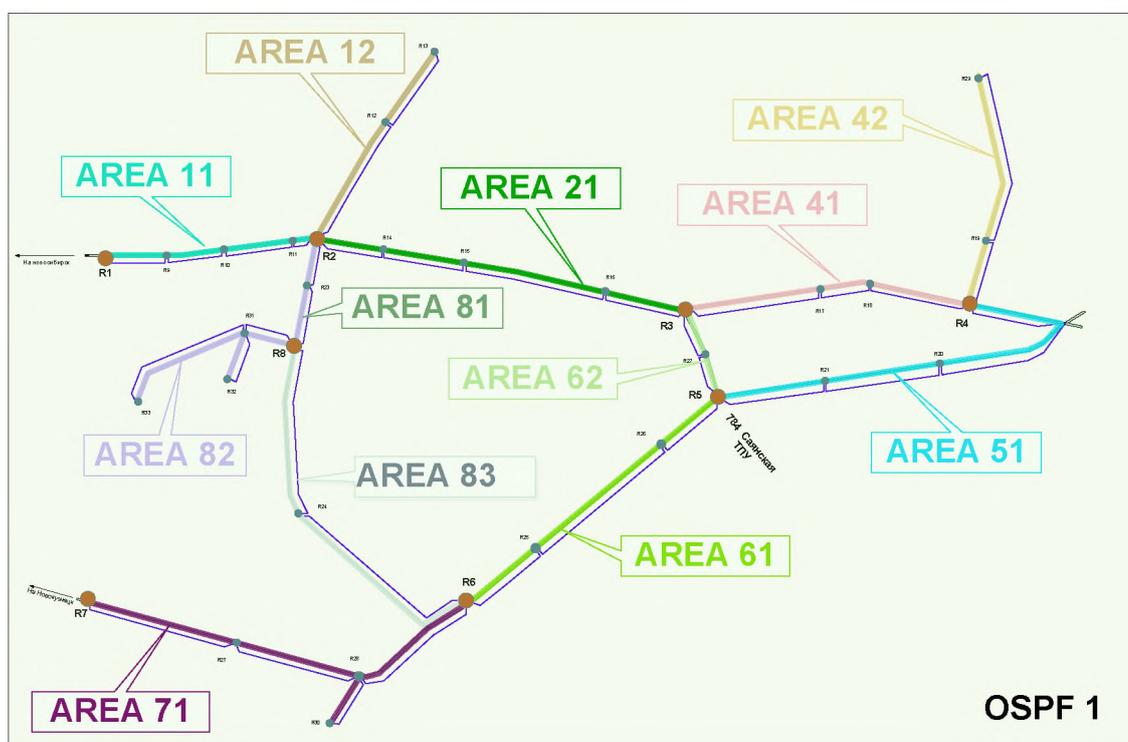


Рисунок 14 – Разбиение зон OSPF после оптимизации

В данном случае протокол OSPF 1 остается без изменений на всех маршрутизаторах.

Зона 0 является магистральной зоной, связывающей остальные, поэтому она не подлежит дроблению. Зона 0 включена на всех ABR маршрутизаторах.

Для настройки полностью тупиковой зоны необходимо выполнить несколько шагов:

- настроить все маршрутизаторы зоны как тупиковые командой `area stub`;
- настроить ABR как полностью тупиковый маршрутизатор командой `area stub no-summary`;

Убедиться в преимуществах применения полностью тупиковых зон, можно на примере таблицы маршрутизации одного из маршрутизаторов находящегося внутри зоны OSPF, данные записаны в таблице 17.

Пример 3.2.1 - Проверка таблицы маршрутизации на маршрутизаторе R2 после применения оптимизации

```
R2#show ip route
.. ..
  10.0.0.0/8 is variably subnetted, 75 subnets, 2 masks
O IA   10.93.24.12/30 [110/138] via 10.93.56.6, 00:08:37, Serial0/1
O      10.93.0.20/30 [110/20] via 10.93.0.18, 01:17:55, Ethernet1/1
O IA   10.93.24.8/30 [110/94] via 10.93.56.6, 00:08:37, Serial0/1
C      10.93.0.16/30 is directly connected, Ethernet1/1
O IA   10.95.24.4/32 [110/149] via 10.93.56.6, 00:08:37, Serial0/1
O IA   10.93.24.4/30 [110/84] via 10.93.56.6, 00:08:37, Serial0/1
O IA   10.95.24.1/32 [110/75] via 10.93.56.6, 00:08:39, Serial0/1
O IA   10.95.24.3/32 [110/139] via 10.93.56.6, 00:08:39, Serial0/1
O IA   10.95.24.2/32 [110/85] via 10.93.56.6, 00:08:39, Serial0/1
O      10.93.56.32/30 [110/128] via 10.93.56.30, 00:08:39, Serial0/2
O IA   10.93.24.0/30 [110/74] via 10.93.56.6, 00:08:39, Serial0/1
O      10.95.0.5/32 [110/21] via 10.93.0.18, 01:17:57, Ethernet1/1
O      10.95.0.4/32 [110/11] via 10.93.0.18, 01:17:58, Ethernet1/1
O IA   10.93.12.8/30 [110/138] via 10.93.56.6, 00:08:40, Serial0/1
O      10.93.8.12/30 [110/40] via 10.93.8.2, 01:07:16, Ethernet1/2
O      10.93.0.4/30 [110/30] via 10.93.0.14, 01:22:49, Ethernet1/0
O      10.95.0.1/32 [110/31] via 10.93.0.14, 01:22:49, Ethernet1/0
O      10.93.8.8/30 [110/30] via 10.93.8.2, 01:07:16, Ethernet1/2
O      10.93.0.0/30 [110/40] via 10.93.0.14, 01:22:49, Ethernet1/0
O IA   10.95.12.3/32 [110/139] via 10.93.56.6, 00:08:40, Serial0/1
O IA   10.95.12.2/32 [110/139] via 10.93.56.6, 00:08:40, Serial0/1
O IA   10.93.12.0/30 [110/138] via 10.93.56.6, 00:08:40, Serial0/1
.. ..
```

Пример 3.2.2 - Проверка таблицы маршрутизации на маршрутизаторе R26 после применения оптимизации

```
R26#show ip route
.. ..
  10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
O      10.93.32.16/30 [110/20] via 10.93.32.14, 00:44:44, Ethernet1/1
C      10.95.32.3/32 is directly connected, Loopback0
O      10.95.32.2/32 [110/11] via 10.93.32.14, 00:44:44, Ethernet1/1
C      10.93.32.12/30 is directly connected, Ethernet1/1
C      10.93.32.8/30 is directly connected, Ethernet1/0
O*IA  0.0.0.0/0 [110/11] via 10.93.32.9, 00:44:44, Ethernet1/0
```

Для наглядного представления данных таблицы маршрутизации в примерах 3.2.1 и 3.2.2, сведем полученные результаты в таблицу 17.

Таблица 17 - Количество записей subnets в таблице маршрутизации

Наименование маршрутизатора	Количество записей, <i>subnets</i>
R2	75
R26	5

Проверка таблиц маршрутизации после применения оптимизации на внутризональных маршрутизаторах значительно сократилась. Например, на маршрутизаторе R26 до оптимизации было 75 записей, после снизилось до 5, данные представлены в таблице 17. Количество записей на ABR маршрутизаторе не изменилось.

По данным таблицы маршрутизации в примере 3.2.2 видно, что на внутризональных маршрутизаторах удалились все внешние маршруты, добавился один маршрут по умолчанию на вышестоящее устройство и остались основные внутризональные маршруты.

Таким образом, внутризональные маршрутизаторы знают топологию маршрутизации только внутри своей зоны.

Данный вариант оптимизации позволяет сократить таблицы маршрутизации, ограничив внутризональные маршруты, не прибегая к перераспределению информации, путем добавления процессов OSPF.

3.3 Организация полностью NSSA зон

Полностью NSSA зона (Totally NSSA) – в этой зоне разрешено передавать внешние маршруты плюс маршрут по умолчанию. Единственное отличие от не полностью тупиковой зоны в том, что в totally NSSA зоне все маршруты из других зон и внешние маршруты для AS, заменяются на маршрут по умолчанию.

Полностью тупиковые зоны NSSA обладают всеми свойствами зон NSSA, а также свойством полностью тупиковых зон - не пропускать межзональные маршруты.

3.3.1 Практическое применение в схеме СПД КрасЖД

Объявить зону NSSA как полностью тупиковую можно добавив команду `area nssa`, на все маршрутизаторы входящих в зону, а на ABR маршрутизаторе добавить к команде ключевое слово `no-summary`. Данное ключевое слово применяется только на ABR маршрутизаторе. Другие маршрутизаторы NSSA зоны не требуют указания ключевого слова `no-summary`. Разделение

В процессе оптимизации в схеме СПД КрасЖД были перераспределены зоны OSPF, по следующему принципу: 1 номер – номер зоны, 2 номер – номер участка СПД в зоне. В этом случае новая зона будет записана как AREA XY,

где X – номер зоны, а Y – номер участка в зоне. Разделение зон отображено на рисунке 14.

Пример конфигурации устройств для создания полностью тупиковой NSSA зоны приведен в примере 3.3.1

Пример 3.3.1 - Конфигурация устройств R2 и R26 для создания полностью тупиковой NSSA зоны

Маршрутизатор R2

```
OSPF 1
Network 10.93.x.x area 10.95.x.y
Area 10.95.x.y nssa no-summary
```

Маршрутизатор R26

```
OSPF 1
area 61 nssa
Network 10.93.x.x area 10.95.x.y
Network 10.95.x.x area 10.95.x.y
Network 10.89.x.x area 10.95.x.y
```

Данные проверки маршрутизации после создания полностью тупиковой NSSA зоны представлены в примерах 3.3.2 и 3.3.3.

Пример 3.3.2 - Проверка таблицы маршрутизации на маршрутизаторе R2 после применения оптимизации

R2#show ip route

```
.. .. .
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 72 subnets, 2 masks
O IA 10.93.24.12/30 [110/138] via 10.93.56.6, 00:00:52, Serial0/1
O 10.93.0.20/30 [110/20] via 10.93.0.18, 00:42:33, Ethernet1/1
O IA 10.93.24.8/30 [110/94] via 10.93.56.6, 00:00:52, Serial0/1
C 10.93.0.16/30 is directly connected, Ethernet1/1
O IA 10.93.24.4/30 [110/84] via 10.93.56.6, 00:00:52, Serial0/1
O IA 10.95.24.1/32 [110/75] via 10.93.56.6, 00:00:52, Serial0/1
O IA 10.95.24.2/32 [110/85] via 10.93.56.6, 00:00:54, Serial0/1
O 10.93.56.32/30 [110/128] via 10.93.56.30, 00:01:04, Serial0/2
O IA 10.93.24.0/30 [110/74] via 10.93.56.6, 00:00:54, Serial0/1
O 10.95.0.5/32 [110/21] via 10.93.0.18, 00:42:35, Ethernet1/1
O 10.95.0.4/32 [110/11] via 10.93.0.18, 00:42:35, Ethernet1/1
O IA 10.93.12.8/30 [110/138] via 10.93.56.6, 00:00:54, Serial0/1
O 10.93.8.12/30 [110/40] via 10.93.8.2, 00:08:15, Ethernet1/2
O 10.93.0.4/30 [110/30] via 10.93.0.14, 00:49:25, Ethernet1/0
O 10.95.0.1/32 [110/31] via 10.93.0.14, 00:49:25, Ethernet1/0
O 10.95.0.3/32 [110/11] via 10.93.0.14, 00:49:25, Ethernet1/0
O 10.95.0.2/32 [110/21] via 10.93.0.14, 00:49:25, Ethernet1/0
O 10.93.8.8/30 [110/30] via 10.93.8.2, 00:08:15, Ethernet1/2
O 10.93.0.0/30 [110/40] via 10.93.0.14, 00:49:25, Ethernet1/0
O IA 10.95.12.3/32 [110/139] via 10.93.56.6, 00:00:54, Serial0/1
O IA 10.95.12.2/32 [110/139] via 10.93.56.6, 00:00:56, Serial0/1
O IA 10.93.12.0/30 [110/138] via 10.93.56.6, 00:00:56, Serial0/1
O 10.93.8.4/30 [110/20] via 10.93.8.2, 00:08:17, Ethernet1/2
C 10.93.0.12/30 is directly connected, Ethernet1/0
O 10.95.8.1/32 [110/11] via 10.93.8.2, 00:08:17, Ethernet1/2
O 10.95.8.3/32 [110/31] via 10.93.8.2, 00:08:17, Ethernet1/2
O 10.95.8.2/32 [110/21] via 10.93.8.2, 00:08:17, Ethernet1/2
O IA 10.93.12.4/30 [110/148] via 10.93.56.6, 00:00:56, Serial0/1
```

```

C      10.93.8.0/30 is directly connected, Ethernet1/2
O      10.93.0.8/30 [110/20] via 10.93.0.14, 00:49:27, Ethernet1/0
O IA   10.95.48.5/32 [110/85] via 10.93.56.30, 00:00:56, Serial0/2
O IA   10.95.48.4/32 [110/85] via 10.93.56.30, 00:00:56, Serial0/2
O      10.93.56.12/30 [110/192] via 10.93.56.6, 00:01:06, Serial0/1
O      10.93.48.4/30 [110/20] via 10.93.48.2, 00:00:56, Ethernet1/3
O      10.95.48.1/32 [110/11] via 10.93.48.2, 00:00:56, Ethernet1/3
O      10.95.56.8/32 [110/65] via 10.93.56.30, 00:01:08, Serial0/2
O IA   10.95.48.3/32 [110/75] via 10.93.56.30, 00:00:58, Serial0/2
O IA   10.95.48.2/32 [110/75] via 10.93.56.30, 00:00:58, Serial0/2
O      10.93.56.8/30 [110/128] via 10.93.56.6, 00:01:08, Serial0/1
C      10.93.48.0/30 is directly connected, Ethernet1/3
O IA   10.93.32.16/30 [110/138] via 10.93.56.30, 00:00:58, Serial0/2
C      10.93.56.4/30 is directly connected, Serial0/1
O IA   10.93.48.12/30 [110/84] via 10.93.56.30, 00:00:58, Serial0/2
O      10.95.56.1/32 [110/65] via 10.93.56.1, 00:01:08, Serial0/0
O      10.95.56.3/32 [110/65] via 10.93.56.6, 00:01:08, Serial0/1
C      10.95.56.2/32 is directly connected, Loopback0
C      10.93.56.0/30 is directly connected, Serial0/0
O IA   10.93.48.8/30 [110/74] via 10.93.56.30, 00:01:00, Serial0/2
C      10.93.56.28/30 is directly connected, Serial0/2
O IA   10.93.48.20/30 [110/84] via 10.93.56.30, 00:01:00, Serial0/2
O IA   10.93.40.12/30 [110/148] via 10.93.56.30, 00:01:00, Serial0/2
O IA   10.93.32.4/30 [110/138] via 10.93.56.6, 00:01:00, Serial0/1
O IA   10.95.32.1/32 [110/139] via 10.93.56.6, 00:01:00, Serial0/1
O IA   10.95.32.3/32 [110/139] via 10.93.56.6, 00:01:00, Serial0/1
O IA   10.95.32.2/32 [110/139] via 10.93.56.30, 00:01:00, Serial0/2
O      10.93.56.24/30 [110/192] via 10.93.56.30, 00:01:10, Serial0/2
.. .. .

```

Пример 3.3.3 - Проверка таблицы маршрутизации на маршрутизаторе R26 после применения оптимизации

```

R26#show ip route
.. .. .
    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
O      10.93.32.16/30 [110/20] via 10.93.32.14, 00:05:51, Ethernet1/1
C      10.95.32.3/32 is directly connected, Loopback0
O      10.95.32.2/32 [110/11] via 10.93.32.14, 00:05:51, Ethernet1/1
C      10.93.32.12/30 is directly connected, Ethernet1/1
C      10.93.32.8/30 is directly connected, Ethernet1/0
O*IA 0.0.0.0/0 [110/11] via 10.93.32.9, 00:05:51, Ethernet1/0

```

Таблица 18 - Количество записей subnets в таблице маршрутизации

Наименование маршрутизатора	Количество записей, <i>subnets</i>
R2	75
R26	5

Данная таблица показывает уменьшение количества записей на внутризональном маршрутизаторе R26, следовательно, снижение нагрузки на вычислительные процессы.

Внешние межзональные маршруты были заменены одним маршрутом по умолчанию, который перенаправляет трафик к ближайшему ABR маршрутизатору.

3.4 Сравнение вариантов оптимизации

Сравнение вариантов оптимизации системы маршрутизации сведены в таблицу 18. В указанной таблице сравниваются следующие данные:

Исходный вариант – схема, полученная при создании СПД КрасЖД в симуляторе GNS3. В данной схеме включен протокол OSPF, настроены основные схемы соответствующие рисунку 10. Адресный план в схеме задан по таблицам 12,13 и 14;

1 вариант – схема, полученная после применение оптимизации системы маршрутизации к исходному варианту, путем перераспределение маршрутной информации в зонах OSPF;

2 вариант – схема, полученная после создания тупиковых зон в исходном варианте. Схема разбиения создания тупиковых зон представлена на рисунке 14;

3 вариант – схема, полученная в ходе создания полностью тупиковых NSSA зон.

Таблица 19 - Общие выводы применения оптимизации

Описание	Исходный вариант	1 вариант	2 вариант	3 вариант
Зоны OSPF	8	8	12	12
Процессы OSPF	1	12	1	1
Количество записей на ABR маршрутизаторе R2	75	75	75	75
Количество записей на IR маршрутизаторе R26	75	5	5	5
Поддержка ASBR маршрутизаторов	Да	Да	Нет	Да

Проанализировав данные из таблицы 18, можно сделать следующие выводы: при применении любого из вариантов оптимизации, количество записей в таблице маршрутизации на внутризональных маршрутизаторах значительно уменьшается по сравнению с исходным вариантом; следовательно, снизится нагрузка и на вычислительные ресурсы данных маршрутизаторов после применения оптимизации.

Для выявления наилучшего варианта необходимо проанализировать плюсы и минусы каждого.

3.4.1 – Выводы по 1 варианту

С технической точки, данный вариант самый труднореализуемый в настройке конфигурации, минусом данного варианта является наличие большого количества процессов OSPF на ABR маршрутизаторах, что в свою

очередь повлияет на время поиска необходимого маршрута и увеличит время обновления всех таблиц маршрутизации.

Так же могут возникнуть проблемы при поиске и устранении ошибок в СПД, связанные с тем, что большинство ABR маршрутизаторов имеют подключения к двум и более зонам, отсюда следует, что маршрутизаторы должны вести дополнительно таблицу топологии для каждой из зон OSPF.

Проверка таблиц маршрутизации на внутризональных маршрутизаторах показала, что все межзональные маршруты были заменены одним внешним маршрутом по умолчанию. Например, на маршрутизаторе R26, вместо записи всех межзональных маршрутов появилась один внешний маршрут - E2. Данные отображены в примере 3.1.2. По этой причине данный вариант не рекомендуется использовать для текущей топологии СПД КрасЖД. Пример конфигурации граничного маршрутизатора R2 представлен в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

3.4.2 – Выводы по 2 варианту

В отличие от 1 варианта, создание полностью тупиковых зон не вызывает каких-либо сложностей при конфигурировании оборудования. Плюсом данного варианта, является возможность, сохранить один процесс OSPF на всех маршрутизаторах, минимизировав потери по производительности, поиску и устранению неполадок в сети.

Из примера 3.2.2 видно, что на внутризональных маршрутизаторах вместо всех межзональных маршрутов, остался только один межзональный маршрут по умолчанию IA, который задает ближайший ABR маршрутизатор, после установки соседских отношений между маршрутизаторами.

Минусом данного варианта является наличие определенных критериев, которым должна следовать полностью тупиковая зона. Чтобы зона относилась к типу полностью тупиковая, она не должна является магистральной зоной, не может иметь в сети ASBR маршрутизаторы, не должна содержать виртуальных каналов. Отсюда идет ограниченность в масштабируемости сети. Это может негативно отразиться на развитии топологической схемы СПД. Данный вариант так же не подходит для СПД КрасЖД.

3.4.3 – Выводы по 3 варианту

Так как тупиковые зоны и полностью тупиковых NSSA зоны схожи в конфигурировании, сложностей в настройке данного варианта, так же не возникало. Создание полностью тупиковых NSSA зон, в отличие от 2 варианта, позволяет добавлять ASBR маршрутизаторы.

Количество процессов OSPF на всем маршрутизаторах равно 1. Из этого следует, что поиск и устранение неполадок в сети займут намного меньше времени, чем вариант 1. После применения данного варианта, на внутризональных маршрутизаторах, все межзональные маршруты заменяются

одним межзональным маршрутом по умолчанию, который выдает ABR маршрутизатор. Данный вариант, в отличие от 1 и 2, подходит для оптимизации системы маршрутизации топологии СПД КрасЖД. Пример конфигурации пограничного маршрутизатора R2 представлен в ПРИЛОЖЕНИИ Г.

3.4.4 - Общие выводы

Проведя анализ положительных и отрицательных сторон предложенных вариантов, можно сделать вывод: наилучшим вариантом для оптимизации системы маршрутизации СПД КрасЖД, учитывая все необходимые условия, топологию сети, наличие протокола OSPF, невозможность суммирования маршрутов, дальнейшее развитие сети и масштабируемость, является организация полностью тупиковых NSSA зон. Данный вариант позволит провести оптимизацию сети без каких либо затрат на смену оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был рассмотрен вопрос оптимизации участка сети передачи данных Красноярской железной дороги. Целью работы являлась оптимизация системы маршрутизации в СПД КрасЖД.

В ходе работы произведено изучение текущего состояния сети, функционирующего оборудования, протокола маршрутизации OSPF.

В связи с невозможностью проведения тестов в реальной СПД КрасЖД, для анализа и проведения экспериментов была разработана модель СПД КрасЖД в эмуляторе GNS3. На спроектированной модели СПД были проведены различные методы оптимизации системы маршрутизации. Работа в GNS3 позволила проанализировать предложенные варианты оптимизации и выбрать наилучший.

Результаты работы показывают, что при применении любого из предложенных вариантов оптимизации системы маршрутизации в СПД динамика функционирования маршрутизаторов значительно увеличится, за счет снижения нагрузки на вычислительные процессы, вызванной большим количеством записей в таблицах LSDB. Но наилучшим вариантом для оптимизации СПД КрасЖД является создание полностью тупиковых NSSA зон.

Итогом работы являются разработанные и проанализированные варианты оптимизации системы маршрутизации. Полученные результаты отражают эффективность предложенных вариантов.

Тема данной работы является актуальной и имеет стратегическое значение для дальнейшего функционирования и развития СПД КрасЖД.

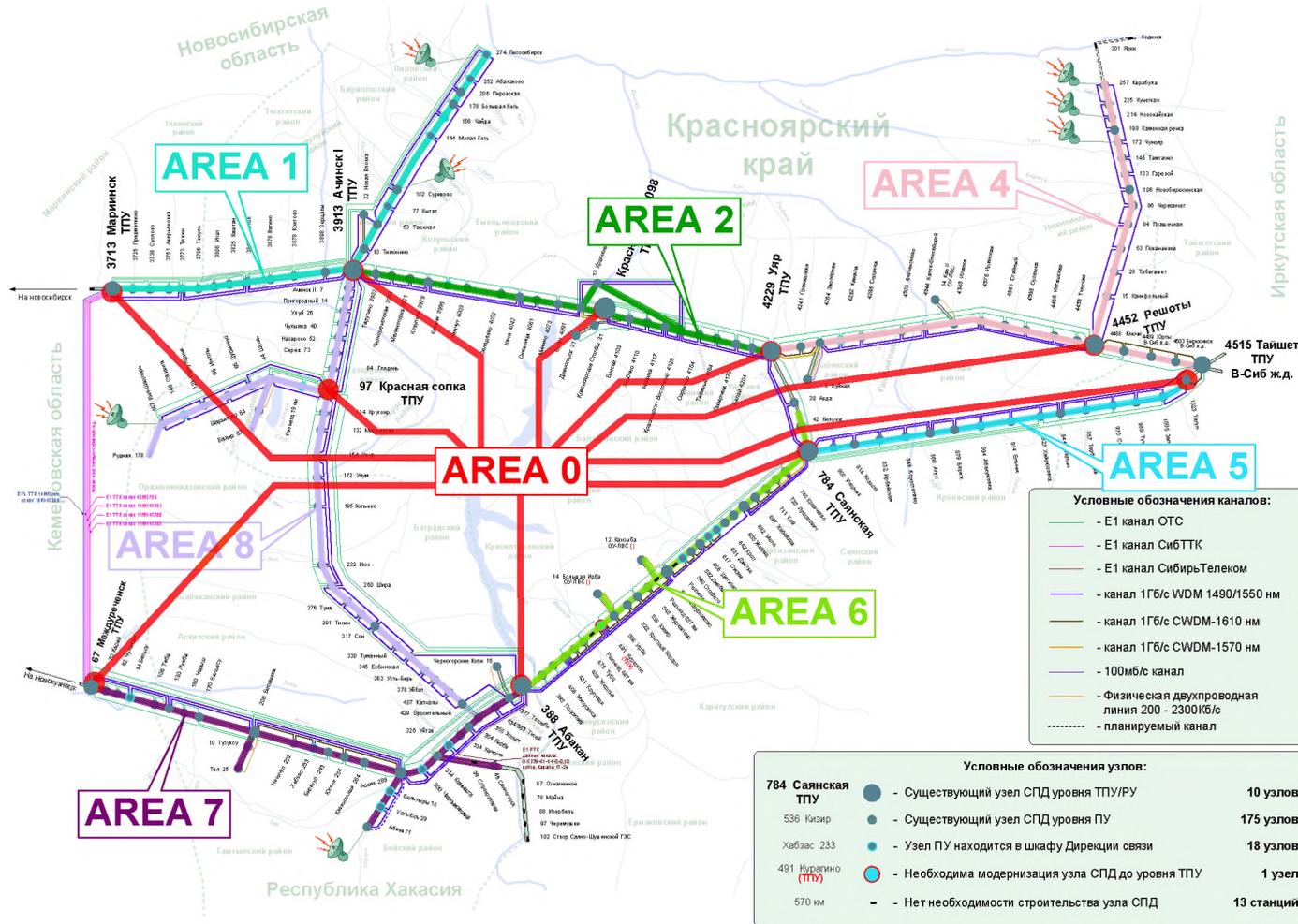
Цель, поставленная в работе, полностью достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 РЖД [электронный ресурс] : ОАО "РЖД" сегодня – режим доступа: http://rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=628
- 2 РЖД [электронный ресурс] : Деятельность. Итоги. I полугодие 2015 г. – режим доступа: http://rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=5186
- 3 Красноярская железная дорога. [электронный ресурс]: Справочная информация о дороге – режим доступа: http://kras.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=1&layer_id=3290&refererLayerId=3290&id=2129
- 4 Cisco systems [электронный ресурс] : Описание Cisco 7600 Series - режим доступа: <http://www.cisco.com/web/RU/products/hw/routers/ps368/ps371/index.html>
- 5 Дибров, М.В. Построение масштабируемых сетей: Учебное пособие / М.В. Дибров. – Красноярск: 2012. – 340с.
- 6 НОУ «ИНТУИТ» [электронный ресурс] : Лекция 4: Протоколы и функции, применяемые в межсетевых экранах и интернет-маршрутизаторах – режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/17834/1300/lecture/25507>
- 7 Томас, М. Структура и реализация сетей на основе протокола OSPF, 2-е изд. : Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. — 816 с.
- 8 Multi-VRF Support [электронный ресурс] : Описание технологии Multi-VRF – режим доступа: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_2sb/feature/guide/vrflitsb.html
- 9 IP-маршрутизация. Руководство по проектированию OSPF [электронный ресурс] – режим доступа: http://www.cisco.com/cisco/web/support/RU/9/92/92027_1.html
- 10 GNS3. Docs/Cisco IOS images [электронный ресурс] : Официальный сайт GNS3. – режим доступа: <https://www.gns3.com/support/docs/virtual-machines-supported-2>
- 11 GNS3. Software [электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.gns3.com/software>
- 12 Cisco systems [электронный ресурс] : Описание Cisco c2600 Series - режим доступа: <http://www.cisco.com/web/RU/products/hw/routers/ps259/index.html>
- 13 Cisco systems [электронный ресурс] : Описание дополнительных модулей для Cisco c2600 - режим доступа: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/2600-series-multiservice-platforms/product_data_sheet0900aecd800fa5be.html
- 14 Конфигурация и команды управления IOS [электронный ресурс] : Базовая настройка маршрутизаторов Cisco – режим доступа: http://network.xsp.ru/4_10.php
- 15 Дибров, М.В. Маршрутизаторы: Учебное пособие / М.В. Дибров. – Красноярск: 2008. – 389с.

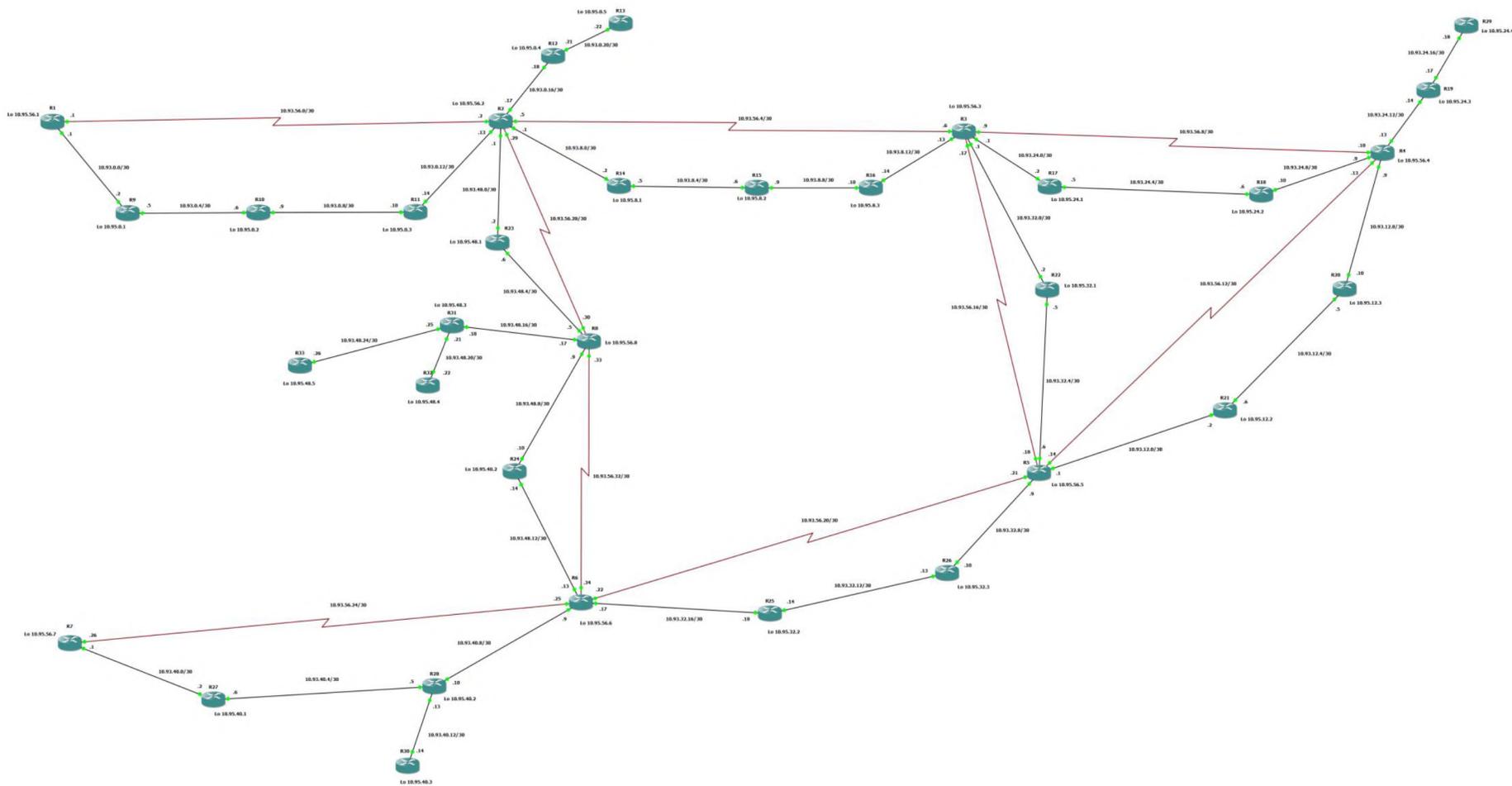
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Топологическая схема сетей передачи данных Красноярской железной дороги



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Спроектированная схема СПД Красноярской железной дороги в GNS3



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Конфигурационный файл маршрутизатора R2 после настройки перераспределения маршрутной информации

```
R2#show run
Building configuration...

Current configuration : 2290 bytes
!
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
!
hostname R2
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
no aaa new-model
memory-size iomem 10
no network-clock-participate slot 1
no network-clock-participate wic 0
no ip icmp rate-limit unreachable
!
no ip domain lookup
!
ip tcp synwait-time 5
!
interface Loopback0
 ip address 10.95.56.2 255.255.255.255
!
interface FastEthernet0/0
 no ip address
 shutdown
 duplex auto
 speed auto
!
interface Serial0/0
 ip address 10.93.56.2 255.255.255.252
!
interface FastEthernet0/1
 no ip address
 shutdown
 duplex auto
 speed auto
!
interface Serial0/1
 ip address 10.93.56.5 255.255.255.252
!
interface Serial0/2
 ip address 10.93.56.29 255.255.255.252
!
interface Serial0/3
 no ip address
 shutdown
!
interface Ethernet1/0
 ip address 10.93.0.13 255.255.255.252
 half-duplex
!
```

```

interface Ethernet1/1
 ip address 10.93.0.17 255.255.255.252
 half-duplex
!
interface Ethernet1/2
 ip address 10.93.8.1 255.255.255.252
 half-duplex
!
interface Ethernet1/3
 ip address 10.93.48.1 255.255.255.252
 half-duplex
!
router ospf 1
 redistribute ospf 11 subnets
 redistribute ospf 12 subnets
 redistribute ospf 21 subnets
 redistribute ospf 81 subnets
 network 10.93.56.2 0.0.0.0 area 0
 network 10.93.56.5 0.0.0.0 area 0
 network 10.93.56.29 0.0.0.0 area 0
 network 10.95.56.2 0.0.0.0 area 0
!
router ospf 11
 network 10.89.0.13 0.0.0.0 area 1
 network 10.93.0.13 0.0.0.0 area 1
 default-information originate always
!
router ospf 12
 network 10.89.0.17 0.0.0.0 area 1
 network 10.93.0.17 0.0.0.0 area 1
 default-information originate always
!
router ospf 21
 log-adjacency-changes
 network 10.89.8.1 0.0.0.0 area 2
 network 10.93.8.1 0.0.0.0 area 2
 default-information originate always
!
router ospf 81
 log-adjacency-changes
 network 10.89.48.1 0.0.0.0 area 8
 network 10.93.48.1 0.0.0.0 area 8
 default-information originate always
!
no ip http server
!
no cdp log mismatch duplex
!
control-plane
!
line con 0
 exec-timeout 0 0
 privilege level 15
 logging synchronous
line aux 0
 exec-timeout 0 0
 privilege level 15
 logging synchronous
line vty 0 4
 login
!
end

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Конфигурационный файл маршрутизатора R2 после настройки полностью тупиковой NSSA зоны

```
R2#show run
Building configuration...

Current configuration : 1966 bytes
!
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname R2
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
no aaa new-model
memory-size iomem 10
no network-clock-participate slot 1
no network-clock-participate wic 0
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
!
no ip domain lookup
!
ip tcp synwait-time 5
!
interface Loopback0
 ip address 10.95.56.2 255.255.255.255
!
interface FastEthernet0/0
 no ip address
 shutdown
 duplex auto
 speed auto
!
interface Serial0/0
 ip address 10.93.56.2 255.255.255.252
!
interface FastEthernet0/1
 no ip address
 shutdown
 duplex auto
 speed auto
!
interface Serial0/1
 ip address 10.93.56.5 255.255.255.252
!
interface Serial0/2
 ip address 10.93.56.29 255.255.255.252
!
interface Serial0/3
 no ip address
 shutdown
!
interface Ethernet1/0
 ip address 10.93.0.13 255.255.255.252
```

```

half-duplex
!
interface Ethernet1/1
ip address 10.93.0.17 255.255.255.252
half-duplex
!
interface Ethernet1/2
ip address 10.93.8.1 255.255.255.252
half-duplex
!
interface Ethernet1/3
ip address 10.93.48.1 255.255.255.252
half-duplex
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
area 11 nssa no-summary
area 12 nssa no-summary
area 21 nssa no-summary
area 81 nssa no-summary
network 10.89.0.13 0.0.0.0 area 11
network 10.89.0.17 0.0.0.0 area 12
network 10.89.8.1 0.0.0.0 area 21
network 10.89.48.1 0.0.0.0 area 81
network 10.93.0.13 0.0.0.0 area 11
network 10.93.0.17 0.0.0.0 area 12
network 10.93.8.1 0.0.0.0 area 21
network 10.93.48.1 0.0.0.0 area 81
network 10.93.56.2 0.0.0.0 area 0
network 10.93.56.5 0.0.0.0 area 0
network 10.93.56.29 0.0.0.0 area 0
network 10.95.56.2 0.0.0.0 area 0
!
ip forward-protocol nd
!
no ip http server
!
no cdp log mismatch duplex
!
control-plane
!
!
line con 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
logging synchronous
line aux 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
logging synchronous
line vty 0 4
login
!
!
End

```