

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОТОКОЛОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ OSPF И RIP НА КАЧЕСТВО ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ УСЛУГ СВЯЗИ В СЕТЯХ IPV4 И IPV6

Е. В. Самохина, В. А. Каганов

Истощение списка публичных IPv4-адресов является главной причиной разработки IPv6. Переход на IPv6 часто сопряжен с крупными организационными и инженерными затратами, а выигрыш для локальных организаций незначителен. Ключевой аспект IP-сети – маршрутизация трафика, в основе которой лежат протоколы динамической маршрутизации и их опции. При их выборе руководствуются такими параметрами, как задержка и время недоступности. Для выбора оптимального протокола и определения необходимости перехода на IPv6 в данном исследовании с помощью применения компьютерного моделирования сетевой топологии в среде Graphical Network Simulator-3 получены экспериментальные значения указанных параметров. В результате их анализа установлено, что протокол, версия IP и саммаризация на полную задержку не влияют. Для полносвязной сети выгодно использовать открытый протокол кратчайшего пути, разница от его версии, применения саммаризации и версии IP отсутствует. Для неполносвязной сети малого размера выгодно использовать протокол маршрутной информации версии 2, а для крупных сетей – открытый протокол кратчайшего пути версии 3 на IPv4. Для расширения критериев выбора в пользу протоколов маршрутизации и версий IP следует провести дальнейшие исследования, в том числе на реальном макете сети.

Ключевые слова: вычислительные сети, протоколы динамической маршрутизации, время сетевой недоступности, RIP, OSPF, IPv4, IPv6, GNS3.

Введение

Основной целью разработки интернет-протокола версии 6 (IPv6) было преодоление проблемы истощения списка глобальных IP-адресов в версии 4 (IPv4). Изменения в структуре протокола, необходимые для достижения этой и иных целей, таких как понижение производительности сети при использовании трансляции сетевых адресов и при наличии в сети широковещательного трафика, включают в себя расширение адреса до 128 бит, скорректированный формат заголовка, встроенную изначально поддержку аутентификации и шифрования, особенности выделения адресов и распространения трафика.

Препятствием к переходу на IPv6 является неуверенность в локально получаемых над IPv4 преимуществах с учетом необходимости в большом объеме инженерных трудозатрат и сложностей, связанных с реорганизацией сетевой инфраструктуры.

Ключевым аспектом любой IP-сети является маршрутизация трафика. В связи с изменениями в структуре IPv6 все существующие протоколы динамической маршрутизации также претерпели ряд изменений, позволяющих им работать на IPv6. Среди открытых для использования протоколов можно выделить протокол маршрутной информации (*Routing information protocol* – RIP) и открытый протокол кратчайшего пути (*Open shortest path first* – OSPF). RIP является дистанционно-векторным протоколом, при использовании которого соседним маршрутизаторам передаётся информация только о лучшем локальном пути. Обмен маршрутной информацией происходит регулярно по таймеру в полном объеме, в качестве

метрики используется количество прыжков до сети назначения. OSPF является протоколом состояния канала, при работе которого каждый маршрутизатор строит полную топологию и, применив к ней алгоритм поиска кратчайшего пути, добавляет лучшие пути в таблицу маршрутизации. Полный обмен информацией производится только при формировании соседства; при обрывах каналов передается только информация о произошедшем изменении. В качестве метрики OSPF использует стоимость-сумму пропускных способностей исходящих интерфейсов, через которые проходит трафик в сторону сети назначения. Стоимость считается как частное опорной полосы, конфигурируемой сетевым инженером, и полосы пропускания интерфейса, зависящей от его типа.

Работы по схожей тематике

В настоящее время существует ряд публикаций по рассматриваемой тематике.

В статье [1] производится сравнение задержки, числа прыжков, времени отклика приложений, потерь трафика, пропускной способности и утилизации трафика для экспериментальных сетей, использующих RIP для IPv4 и RIP нового поколения (RIPng) для IPv6. RIPng имеет меньшие потери трафика (0,29 пакетов/с) в сравнении с RIP (3,68 пакетов/с) и меньшее время сходимости (17 с), чем у сети с RIP (19,91 с). При этом сеть с RIP более масштабируема, использует меньшие задержки (40 и 400 мс, соответственно, для RIP и RIPng) и меньшее число прыжков (1,05 и 2,78).

Авторы статьи [2] фокусируются на сравнении аналогичных параметров работы протоколов

маршрутизации OSPF, улучшенного протокола маршрутизации внутреннего шлюза (*Enhanced interior gateway routing protocol* – EIGRP) и протокола пограничного шлюза (*Border gateway protocol* – BGP), но конкретно в рамках IPv6. Исследователи отмечают явные преимущества EIGRP над OSPF в контексте пакетных потерь (без аутентификации 5% потерь для EIGRP и 5,4% для OSPF и времени конвергенции без аутентификации 125 – 140 с и 150 – 170 с, с аутентификацией 13 – 15 с и 20 – 27 с для EIGRP и OSPF, соответственно) при работе в сети IPv6.

В статье [3] представлена оценка производительности протоколов RIP версии 2 (RIPv2) и EIGRP в рамках моделируемой полносвязной сети IPv4 и выявлено преимущество EIGRP над RIPv2 в контексте времени простоя при обрыве связи между маршрутизаторами: 0,01 – 0,02 мс для EIGRP и 0,05 – 0,19 мс для RIPv2.

В исследовании [4] рассмотрена работа протоколов RIP, OSPF и EIGRP на примере полносвязной беспроводной сенсорной сети IPv4. В рамках исследуемой модели было установлено преимущество OSPF над другими исследуемыми протоколами: он имеет наименьшие задержки (6, 8 и 12 мс для OSPF, EIGRP и RIP, соответственно) и наибольшую пропускную способность (16, 12 и 7 бит/с).

В статье [5] моделируется сетевая топология в среде сетевой симуляции OPNET с целью исследования времени отклика и задержек протоколов RIP, EIGRP, OSPF и протокола маршрутизации промежуточных систем (*Intermediate system to intermediate system* – IS-IS) в случае нормальной эксплуатации и в обстоятельствах падения нескольких каналов связи. В первом случае лучшие результаты дал протокол EIGRP (время сходимости 14,45 с, 5,05 с, 13,60 с, 10,50 с для RIP, EIGRP, OSPF и IS-IS, соответственно), а во втором – IS-IS (122 с, 120 с, 120 с и 115 с, соответственно). Авторы отмечают, что лучшим решением для сетей большого покрытия является IS-IS из-за низкого времени отклика (247,801 мс) и задержек трафика пакетов видео (8,831 мкс) и аудио (4,190 мкс) в ситуации сетевой нестабильности.

В [6] авторы фокусируются на рассмотрении протоколов RIP, OSPF и EIGRP для неполносвязной сети, моделируемой в среде *Cisco Packet Tracer*. Анализ производится путем сравнения метрик, полученных для сети маршрутов. Авторы отмечают, что лучшим проприетарным протоколом является EIGRP благодаря используемой композитной метрике, учитывающей пропускную способность и кумулятивную задержку, а открытым – OSPF.

В источнике [7] протокол OSPF версии 3 (OSPFv3) внедряется в глобальную вычислительную сеть, использующую IPv4 и IPv6. Авторы статьи отметили идентичность механизмов работы OSPFv3 для обеих версий IP, при этом указав на существующую проблему пакетных потерь для случая IPv6, которые составили порядка 12%, в то время как для IPv4 пакетных потерь не наблюдалось.

Влияние размера пакетов на производительность протоколов RIP и OSPF в гибридных сетях крупного размера изучено в [8]. Результаты показали отсутствие значительного различия в пропускной способности между двумя протоколами маршрутизации при изменении размера пакетов. При этом задержки приложений в сети OSPF оказались ниже, чем в сети RIP.

Статья [9] также сравнивает протоколы EIGRP и OSPF на примере сети IPv4. В качестве критериев используются время конвергенции, задержки, утилизация трафика и джиттер. Рассматривается передача трафика пакетов аудио, видео и гипертекста. Это исследование показало, что вопреки другим работам OSPF сошелся быстрее, чем EIGRP. Результаты по остальным параметрам в данной работе разошлись незначительно.

Авторы статьи [10] рассматривают использование протоколов RIP, OSPF, EIGRP на примере различных топологий сети с использованием интернета вещей (*Internet of Things* – IoT). Для наиболее крупных сетей лучшие результаты по конвергенции показал EIGRP (0,9 с), после него – OSPF (5 с). Протокол RIP (конвергенция заняла 7,5 с) авторы описали как очень ограниченный и предназначенный для сетей малого размера.

В качестве одного из механизмов перехода от IPv4 к IPv6 может применяться туннелирование между сетями IPv6 через сеть IPv4 (4to6). В такой топологии также применяются протоколы динамической маршрутизации. В статьях [11, 12] рассматриваются вопросы сходимости и производительности такой сети, задержки и потери трафика в случае разрыва и последующего восстановления каналов связи в ней. Исследования указывают на преимущество OSPF перед RIP в такой топологии, причем лучшие результаты в контексте конвергенции показывает модель, где применяется полностью ручная настройка туннелирования. Для OSPF с автонастройкой время конвергенции составляет порядка 1,2 с, для ручной – 0 с. Для RIP в обоих случаях время конвергенции составило 1,63 с.

Авторы статьи [13] исследуют IPv4, IPv6 и туннелирование 4to6 с точки зрения пропускной спо-

собности. Результаты показывают значительное превосходство IPv6 над IPv4, разница пропускной способности составила 42%. Туннелирование показывает себя несколько слабее IPv6, однако в сравнении с IPv4 пропускная способность остается значительно выше, разница пропускной способности составила 40%. Также авторы предлагают собственную методику туннелирования для IoT, позволяющую увеличить пропускную способность всех методов на величину от 18 до 61 %.

Иные результаты представлены в исследовании [14]. В нем авторы отметили, что IPv6 имеет меньшие пакетные потери и лучшее подключение, но при этом меньшую скорость подключения (разница 26%) и большие задержки (16%), чем IPv4. При этом исследователи отмечают, что за последние годы параметры IPv6 были значительно улучшены.

Методология имплементации и инструменты анализа работы IPv6, 4to6 и двойной стек (совместная работа IPv4 и IPv6) рассматриваются в статьях [15, 16]. Авторы [15] приводят подробное описание этих технологий в контексте сети, предоставляющей конечным клиентам услуги соединения сетей IPv6 через сеть IPv4 (IPv4aaS), при этом имея работающую основу на IPv6. В [16] производится общее исследование качественных параметров механизмов 4to6-туннелирования и двойного стека, в частности, задержек джиттера и пакетных потерь в среде моделирования графического сетевого симулятора (*Graphical Network Simulator-3 – GNS3*).

Исследование [17] рассматривает механизмы трансляции сетевых адресов IPv4 – IPv6, используемые при переходе с одной версии IP на другую или при их совместной работе. В контексте конвергенции методы трансляции через устройство *Bump-in-the-host* (BIH) и через приложение *Bump-in-the-application* (BIA) сходятся быстрее (0,5 с) метода трансляции *Bump-in-the-stack* (BIS) (1,9 с).

В статье [18] рассматривается среда сетевого моделирования GNS3 как один из ключевых инструментов сетевого анализа. Авторы показывают, как в данной среде можно провести исследование сети на примере собственных топологий, использующих EIGRP. Установлено, что GNS3 содержит достаточный набор инструментов для построения и настройки сетевых топологий, а также инструменты для мониторинга их параметров.

Исследование [19] рассматривает сжатие и фрагментацию в IPv6 в контексте сети IoT. Авторы отмечают громоздкость структуры пакетов IPv6, влекущую низкие нагрузочные возможности для устройств IoT. В качестве возможного решения предлагается сжимать IPv6-пакеты с фрагментацией

или без нее. Результаты симуляции показывают увеличение сетевой производительности в обоих случаях. При использовании сжатия растет и процент доставленных в сети пакетов. Этот эффект проявляется сильнее при больших количествах сетевых устройств топологии.

Статья [20] рассматривает общие парадигмы выделения и использования IPv6-адресов и преимущества сетей IPv6, такие как приватность, решение проблем сетевой безопасности, повышение производительности при использовании нескольких адресов одним устройством, особенности многоадресной рассылки и сетевую масштабируемость.

Многие из этих работ рассматривают сравнение виртуализированных сетей IPv4 и IPv6 в контексте маршрутизации, но не учитывают специфику выделения IP-адресов в этих стандартах, которая может значительно влиять на сходимость и производительность сетей в случае недоступности каналов передачи данных.

Цель и задачи исследования

В данном исследовании производится экспериментальное сравнение протоколов динамической маршрутизации RIP и OSPF между собой и между их версиями для IPv4 и IPv6 с целью выработки рекомендаций по их выбору. Основным исследуемым параметром является время конвергенции (сходимости) таблицы маршрутизации при происходящих в сети изменениях, которое будет измеряться в виде суммарного времени недоступности сетевого сервиса. Дополнительно измеряется полная путевая задержка (*Round Trip Time – RTT*), которая также является важным параметром оценки эффективности вычислительной сети.

Отличительным аспектом и научной новизной работы является фокусировка на встроенном в рассматриваемые протоколы методе оптимизации – саммаризации, поскольку в существующих актуальных источниках результаты ее применения именно в контексте сравнения IPv4 и IPv6 представлено неполно. С этой целью продумывается испытательная топология, адреса и подсети выделяются с учетом последующего включения методов оптимизации.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработана методика проведения испытаний рассматриваемых протоколов на конкретной сетевой топологии;
- проведена серия экспериментов, установленных в методике, и зафиксированы результаты;
- выполнен анализ полученных данных, сделаны выводы о наличии преимуществ одних протоколов маршрутизации над другими в контексте рассматриваемых параметров.

В результате исследования были получены данные для различных протоколов с саммаризацией и без для IPv4 и IPv6, на основе которых можно рекомендовать к использованию в крупных полносвязных сетях любой версии протокола OSPF, а в неполносвязных сетях – протокола RIPv2 или связки OSPFv3/IPv4. Поскольку даже минимальная недоступность критична для компаний, результаты исследования смогут служить аргументом для принятия решения о переходе корпоративной инфраструктуры на новый стандарт или протокол маршрутизации.

Методика проведения испытаний

В рамках исследования наиболее удобным методом построения и диагностики вычислительной сети является использование программных средств симуляции. В данной работе для получения экспериментальных данных используется свободно распространяемая среда GNS3 на основе виртуализации, способная поддерживать реальные версии программного обеспечения сетевых устройств и строить на их основе сетевые топологии.

В данной работе используется сетевая топология на основе трех маршрутизаторов с операционной системой серии Cisco 7200, а также виртуальной машины (ВМ) на основе *Linux Ubuntu 24.04*. Схема экспериментальной топологии представлена на рисунке.

Между маршрутизаторами R1 – R2 – R3 организованы соединения со скоростью 1 Гбит/с (gi). На самих маршрутизаторах создано по 30 виртуальных интерфейсов локального замыкания 1-30 (lo1-30), используемых для симуляции подключенных оконечных сетей. ВМ PC1 подключена собственным интерфейсом eth0 к порту gi3/0 маршрутизатора R1. На рисунке после обозначения портов указаны их номера.

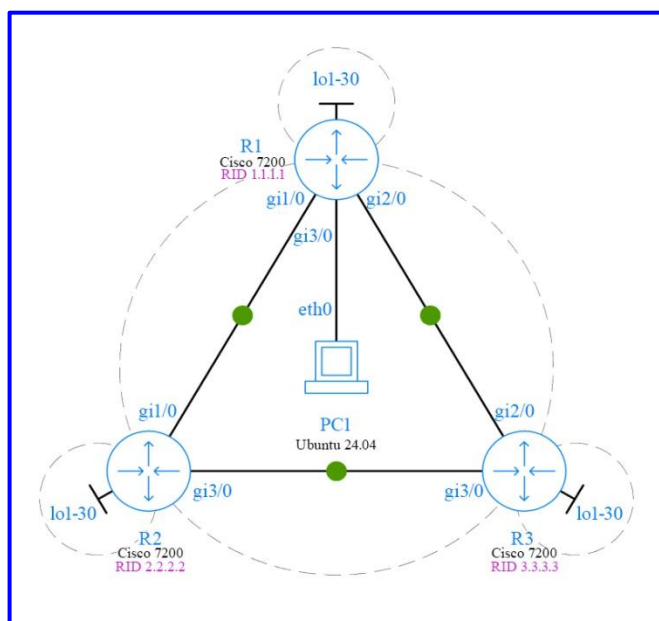


Рисунок. Схема организации экспериментальной сети

Адресация на интерфейсах устройств предусматривает иерархичность рассматриваемой топологии и произведена в формате, позволяющем выполнить саммаризацию (объединение группы маршрутов с большей длиной префикса в единый маршрут с меньшей длиной префикса, включающий все указанные маршруты из группы).

Каждому маршрутизатору в рамках тестирования протокола OSPF присваивается уникальный идентификатор маршрутизатора (*Router ID – RID*). «Физические» порты маршрутизаторов (gi-порты) в таком случае приписываются центральной зоне (зона 0), а виртуальные порты lo1-30 – отдельной зоне, уникальной для каждого маршрутизатора. При этом последние переводятся в пассивный режим для исключения лишнего служебного OSPF-трафика, поскольку активных OSPF-маршрутизаторов за этими портами нет.

Подробная информация о настройках портов приведена в табл. 1.

Информация о групповых адресах, настраиваемых при саммаризации, приведена в табл. 2.

Стоит отметить, что протокол RIPv2 предусматривает включенную по умолчанию саммаризацию, но применимую только по отношению к классовым сетям. Поэтому в данной работе используются сети класса B, содержащие в адресе 2 первых бита «10», 14 бит для указания сети и 16 бит для указания устройства. На работу других рассматриваемых протоколов данный аспект не влияет.

Для получения итоговых параметров – RTT и времени сходимости таблицы маршрутизации (в контексте работы означающее полное время недоступности сетевых сервисов), – производится проверка с помощью протокола межсетевых управляющих сообщений (*Internet Control Message Protocol – ICMP*), утилиты ping, путем периодической отправки запросов от PC1 до интерфейса lo1 на маршрутизаторе R3 (здесь симулируется соединение между двумя хостами в разных сетях). Сами тесты можно разделить на две группы:

1. Испытания для полносвязной топологии. В этом случае изначально трафик проходит по пути PC1 – R1 – R3 – lo1, изменение для определения времени недоступности – отключение со стороны R1 порта gi2/0. Тогда трафик должен изменить маршрут на PC1 – R1 – R2 – R3 – lo1.

2. Испытания для неполносвязной топологии. В этом случае канал R1 – R3 изначально отключен. Изменение производится посредством отключения, а затем возвращения в работу интерфейса gi1/0 маршрутизатора R1. В этом случае при фиксации времен восстановления порта gi1/0 и восстановления сетевой связности можно определить полное время, уходящее на получение маршрута до узла назначения.

Таблица 1

Настройки портов сетевой топологии

Устройство	R1			
RID	1.1.1.1			
Порты	IPv4 адрес	IPv6 адрес	Зона	Пассивный
gi1/0	150.0.12.1/30	2001:150:0:12::1/64	0	Нет
gi2/0	150.0.13.1/30	2001:150:0:13::1/64	0	Нет
gi3/0	150.0.101.1/24	2001:150:0:101::1/64	0	Нет
lo1-30	150.1.1-30.1/24	2001:150:1:1-30::1/64	1	Да
Устройство	R2			
RID	2.2.2.2			
Порты	IPv4 адрес	IPv6 адрес	Зона	Пассивный
gi1/0	150.0.12.2/30	2001:150:0:12::2/64	0	Нет
gi3/0	150.0.23.1/30	2001:150:0:23::1/64	0	Нет
lo1-30	150.2.1-30.1/24	2001:150:2:1-30::1/64	2	Да
Устройство	R3			
RID	3.3.3.3			
Порты	IPv4 адрес	IPv6 адрес	Зона	Пассивный
gi2/0	150.0.13.2/30	2001:150:0:12::2/64	0	Нет
gi3/0	150.0.23.2/30	2001:150:0:23::2/64	0	Нет
lo1-30	150.3.1-30.1/24	2001:150:3:1-30::1/64	3	Да
Устройство	PC1			
Порты	IPv4 адрес	IPv6 адрес		
fa0/0	150.0.101.2/24	2001:150:0:101::2/64		

Таблица 2

Групповые адреса для саммаризации

Зона OSPF		0	1	2	3
Адресное пространство	IPv4	150.0.0.0/16	150.2.0.0/16	150.2.0.0/16	150.3.0.0/16
	IPv6	2001:150::/48	2001:150:2::/48	2001:150:2::/48	2001:150:3::/48

В работе рассматриваются следующие комбинации протоколов маршрутизации, их опции и версии IP: OSPFv2 (OSPF версии 2) – для IPv4 с саммаризацией и без; OSPFv3 – для IPv4 и IPv6 с саммаризацией и без; RIPv2/RIPng – для IPv4/IPv6 с саммаризацией и без.

Непосредственно последовательность проведения испытаний можно охарактеризовать следующим алгоритмом:

1. Настроить адресацию интерфейсов в соответствии с версией IP.
2. Настроить текущий протокол маршрутизации без саммаризации.
3. Произвести измерение полной задержки RTT с помощью ping PC1-lo1(R3), повторяющегося 1000 раз. Зафиксировать результат.
4. Провести серию измерений для полносвязной топологии: запустить ping PC1-lo1(R3). Отключая

интерфейс gi2/0 маршрутизатора R1, по выводу консоли фиксировать полное время недоступности сетевого сервиса.

5. Провести серию измерения для неполносвязной топологии: отключить порты gi2/0 на R1 и R3. Запустить ping PC1-lo1(R3). Отключить порт gi1/0 маршрутизатора R1. Фиксируя время, вернуть порт gi1/0 в работу. Зафиксировать время возвращения связи, рассчитать разницу времен – полное время недоступности сетевого сервиса.

6. Настроить на схеме саммаризацию. Повторить пункты 3 – 5.

7. Перейти к следующему протоколу/версии IP, повторить алгоритм.

Результаты экспериментов

Результаты экспериментов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты экспериментов

Протокол маршрутизации	Версия IP	Саммаризация	Среднее RTT, мс	Среднее время недоступности для полносвязной сети, мс	Среднее время недоступности для неполносвязной сети, мс
RIPv2	IPv4	Нет	19	«Черная дыра»	3175
		Да	20	«Черная дыра»	3136
RIPng	IPv6	Нет	19	«Черная дыра»	17168
		Да	20	«Черная дыра»	18130
OSPFv2	IPv4	Нет	20	5524	14909
		Да	20	5459	14770
OSPFv3	IPv4	Нет	19	5564	6187
		Да	19	5777	6141
OSPFv3	IPv6	Нет	19	5531	14177
		Да	19	5521	14269

По результатам испытаний для рассматриваемой топологии можно сделать следующие выводы:

1. Версия IP и настроенный протокол маршрутизации не влияет на задержку, во всяком случае в рамках условий проведения текущих испытаний.

2. В случае полносвязной сети все рассмотренные конфигурации версий протокола OSPF имеют достаточно близкое полное время недоступности сетевых сервисов, порядка 5,5 с.

3. В случае полносвязной сети для обеих рассматриваемых версий протокола RIP при обрыве канала образуется так называемая черная дыра трафика. В связи с особенностями среды GNS3 при отключении порта с одной стороны, с другой стороны порт, с точки зрения операционной системы устройства, не отключается. Аналогично и в случае отключения кабеля из этих интерфейсов – оба порта остаются включенными. Из-за этого со стороны отключенного порта протокол меняет маршрут, но с другой стороны маршрут остается прежним, из-за чего трафик проходит только в одну сторону, а в обратном направлении сбрасывается. Данные тесты хорошо иллюстрируют ситуацию, когда между маршрутизаторами присутствует не единственный канал, а возможно присутствие еще каких-либо передающих устройств (работающих ниже сетевого уровня модели взаимодействия *Open systems interconnection* (OSI), например, оптических транспондеров, хабов и т.п.).

4. В случае неполносвязной сети лучшим оказался протокол RIPv2, имеющий минимальное время недоступности порядка 3 с. С RIPng ситуация иная – во время экспериментов итоговое время недоступности всегда получалось разным, что связано с тем, что данные протокола обновляются строго по таймеру. Для настроек рассматриваемой сети (все таймеры выставлены по умолчанию) это время варьировалось от 5,2 до 29,8 с (в табл. 3 даны средние значения). Это указывает на неста-

бильность и ненадежность данного протокола. Уменьшение таймера обновления поможет исправить ситуацию, однако это вызовет значительное увеличение частоты и объема служебного RIP-трафика, что скажется на итоговой полосе пропускания канала.

5. Среди рассмотренных версий OSPF для неполносвязной топологии наиболее выгодным оказался OSPFv3, настроенный на работу по IPv4, с полным временем недоступности порядка 6,1 с. OSPFv3 для IPv6 оказался немногим лучше OSPFv2 для IPv4 – выигрыш примерно 1 с, для обоих случаев недоступность составила 14 – 15 с.

6. Применение саммаризации не сказалось на времени недоступности и задержке RTT ни в одном из случаев в рамках данной топологии. Конкретно в случае этих параметров саммаризация преимуществ не дала.

Заключение

В данной работе была поставлена цель экспериментального сравнения протоколов динамической маршрутизации для разных версий IP. Была произведена симуляция полно- и неполносвязных вариантов сетевой топологии для различных версий протоколов маршрутизации OSPF и RIP, с включенной саммаризацией и без нее. Полученные результаты выявили отсутствие влияния протокола, версии IP и саммаризации на двунаправленную задержку RTT.

В контексте полного времени сетевой недоступности говорить о влиянии на него саммаризации нельзя. Для полносвязной сети и/или сети с резервными каналами не рекомендуется использовать версии протокола RIP из-за вероятности возникновения «черных дыр» трафика в аварийных случаях. Версия OSPF в полносвязной сети на время недоступности влияние не оказывает. Для неполносвязной сети лучшим решением оказался протокол RIPv2 для IPv4,

он показал наименьшее время недоступности; RIPng в аналогичном случае показал нестабильность данного параметра. При этом из-за указанных недостатков RIP организациям с крупными сложными сетями, в которых присутствуют резервные каналы, рекомендуется использовать протокол OSPF.

Значительной разницы во времени недоступности для OSPFv2/IPv4 и OSPFv3/IPv6 не выявлено, из-за чего в качестве аргумента для перехода сети на IPv6 данный параметр использовать не релевантно. При этом связка OSPFv3/IPv4 показала значительное преимущество по времени недоступности над другими опциями, из-за чего данную конфигурацию рекомендовать к имплементации в сети возможно. Для поиска аргументов перехода на IPv6 или решения в пользу использования других протоколов маршрутизации следует провести дальнейшие исследования других сетевых параметров и опций протоколов динамической маршрутизации.

Литература

1. Jain, N. Performance analysis of routing protocols on IPv4 and IPv6 addressing networks / N. Jain, A. Payal, A. Jain. – DOI : 10.13052/jwe1540-9589.2055 // Journal of web engineering. – 2021. – Vol. 20. – № 5. – P. 1389–1428.
2. Shahid, K. Optimizing Network Performance: A Comparative Analysis of EIGRP, OSPF, and BGP in IPv6-Based Load-Sharing and Link-Failover Systems / K. Shahid, S. N. Ahmad, S. T. H. Rizvi. – DOI : 10.3390/fi16090339 // Future Internet. – 2024. – Vol. 16. – Issue 9.
3. Prehanto, D. R. Performance analysis routing protocol between RIPv2 and EIGRP with termination test on full mesh topology / D. R. Prehanto, A. D. Indriyanti, G. S. Permadi. – DOI : 10.11591/ijeecs.v23.i1 // Indonesian journal of electrical engineering and computer science. – 2021. – Vol. 23. – № 1. – P. 354–361.
4. Performance Analysis of Mesh Based Enterprise Network Using RIP, EIGRP and OSPF Routing Protocols / M. H. Kabir, M. A. Kabir, M. S. Islam [et al.]. – DOI : 10.3390/ecsa-8-11285 // Engineering Proceedings. – 2021. – Vol. 10. – № 10 (1).
5. Hameed, A. N. Performance analysis and evaluation of distance vector and link state routing protocols over a large area networks / A. N. Hameed, S. A. Alabady, M. A. Thanoon. – DOI : 10.12928/telkomnika.v20i6.22211 // Telkomnika (Telecommunication computing electronics and control). – 2022. – Vol. 20. – № 6. – P. 1189–1199.
6. Simulate and compare routing protocols for smart green systems / V. Chang, A. Kamireddy, Q. Xu [et al.]. – DOI : 10.1504/IJBSR.2022.122530 // International journal of business and systems research. – 2022. – Vol. 16. – № 3.
7. Implementation of OSPFv3 in IPv4 and IPv6 for Establishing a Wide Area Network / F. Z. Sinthia, A. Nasir, B. Paul [et al.]. – DOI : 10.1007/978-981-15-8289-9_46 // ICT Systems and Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2021. – Vol. 1270. – P. 473–481.
8. Jain, N. Effect of data packet size on the performance of RIP and OSPF routing protocols in hybrid networks / N. Jain, A. Payal, A. Jain. – DOI : 10.1108/IJPC-02-2021-0036 // International journal of pervasive computing and communications. – 2021. – Vol. 17. – № 4. – P. 361–376.
9. Цочев, Г. Р. Сравнительное исследование моделированием протоколов маршрутизации OSPF и EIGRP / Г. Р. Цочев, К. К. Попова, И. С. Станков. – DOI : 10.15622/ia.21.6.6 // Информатика и автоматизация. – 2022. – Т. 21. – № 6. – С. 1240–1264.
10. Hameed, S. S. The impact of Routing Protocols and topologies on IOT Based Systems / S. S. Hameed, H. M. Saleh. – DOI : 10.1088/1742-6596/1804/1/012112 // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1804. – P. 012112.
11. Jain, N. Analysis of link failures and recoveries on 6to4 tunneling network with different routing protocol / N. Jain, A. Payal, A. Jain. – DOI : 10.1007/s10845-021-01835-7 // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2021. – Vol. 34. – P. 1037–1063.
12. Jain, N. Performance comparison between different tunneling techniques using different routing protocols / N. Jain, A. Payal. – DOI : 10.1007/s11277-021-09186-5 // Wireless Personal Communications. – 2021. – Vol. 123. – P. 1395–1441.
13. Jain, A. Performance evaluation of IPv4-IPv6 tunneling procedure using IoT / A. Jain, M. Singh, P. Bhambri. – DOI : 10.1088/1742-6596/1950/1/012010 // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1950 (1). – P. 012010.
14. Li, K-H. Empirical analysis of IPv4 and IPv6 networks through dual-stack sites / K-H. Li, K-Y. Wong. – DOI : 10.3390/info12060246 // Information. – 2021. – Vol. 12. – № 6. – P. 246.
15. D'yab, O. A Comprehensive survey on the most important IPv4aaS IPv6 transition technologies, their implementations and performance analysis / O. D'yab. – DOI : 10.36244/ICJ.2022.3.5 // Infocommunications Journal. – 2022. – Vol. 14. – № 3. – P. 35–44.
16. Performance and scalability of IPv4/IPv6 transition mechanisms for real-time applications / K. El Khadiri, N. El Kamoun, S. El Ouaham [et al.] // Journal of theoretical and applied information technology. – 2023. – Vol. 101. – № 23. – P. 7826–7836.
17. Comparative evaluation of host-based translator mechanisms for IPv4-IPv6 communication performance analysis with different routing protocols / A. Hamarsheh, A. Alqeerm, I. Akour [et al.]. – DOI : 10.4018/IJCAC.332765 // International journal of cloud applications and computing. – 2023. – Vol. 13. – № 1. – P. 1–26.
18. Nedyalkov, I. Benefits of using network modeling platforms when studying IP networks and traffic characterization / I. Nedyalkov. – DOI : 10.3390/computers12020041 // Computers. – 2023. – Vol. 12. – № 2. – P. 41.
19. Haggag, A. Implementation and evaluation of IPv6 with compression and fragmentation for throughput improvement of internet of things networks over IEEE 802.15.4 / A. Haggag. – DOI : 10.1007/s11277-023-10340-4 // Wireless personal communications. – 2023. – Vol. 130. – P. 1449–1477.
20. The multiple roles that IPv6 addresses can play in today's internet / M. Piroux, T. Barbette, N. Rybowski [et al.]. – DOI : 10.1145/3561954.3561957 // Computer communication review. – 2022. – Vol. 52. – № 3. – P. 10–18

Поступила в редакцию 15.12.2024

Елена Викторовна Самохина, кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникаций, т. +7 (909) 623-40-77, e-mail: samokhina@mirea.ru.
Владислав Александрович Казанов, магистрант кафедры телекоммуникаций, т. +7 (965) 103-89-09, e-mail: kaganov_v@mirea.ru.
(ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»).

ANALYSIS OF THE IMPACT OF OSPF AND RIP DYNAMIC ROUTING PROTOCOLS ON THE QUALITY OF COMMUNICATION SERVICES IN IPV4 AND IPV6 NETWORKS

E. V. Samokhina, V. A. Kaganov

The depletion of the public IPv4 addresses list is the main reason for the development of IPv6. Transition to IPv6 often comes with significant organizational and engineering costs, and the benefits for business organizations are negligible. A key aspect of an IP network is traffic routing, which is based on dynamic routing protocols and their options. When choosing a protocol, engineers are guided by parameters such as latency and downtime. To choose the best protocol and determine whether you need to migrate to IPv6 in this study, experimental values of these parameters were obtained via computer modelling of the network topology in a Graphical network simulator-3 environment. As the result of analysis, it was established that the protocol, IP version, and summarization do not affect the total latency. For a fully connected network, it is advantageous to use an Open Shortest Path First protocol, there is no difference between its version, usage of summarization and the IP version. For a small-scale not fully connected network, it is advantageous to use Routing Information Protocol version 2, and for large networks, – the IPv4 Open Shortest Path First version 3 protocol over IPv4. Further research should be conducted to expand the selection criteria in favour of routing protocols and IP versions, including tests on a real network.

Key words: computer networks, dynamic routing protocols, network downtime, RIP, OSPF, IPv4, IPv6, GNS3.

References

1. Jain, N. Performance analysis of routing protocols on IPv4 and IPv6 addressing networks / N. Jain, A. Payal, A. Jain. – DOI : 10.13052/jwe1540-9589.2055 // Journal of web engineering. – 2021. – Vol. 20. – № 5. – P. 1389–1428.
2. Shahid, K. Optimizing Network Performance: A Comparative Analysis of EIGRP, OSPF, and BGP in IPv6-Based Load-Sharing and Link-Failover Systems / K. Shahid, S. N. Ahmad, S. T. H. Rizvi. – DOI : 10.3390/fi16090339 // Future Internet. – 2024. – Vol. 16. – Issue 9.
3. Prehanto, D. R. Performance analysis routing protocol between RIPv2 and EIGRP with termination test on full mesh topology / D. R. Prehanto, A. D. Indriyanti, G. S. Permadi. – DOI : 10.11591/ijeecs.v23.i1 // Indonesian journal of electrical engineering and computer science. – 2021. – Vol. 23. – № 1. – P. 354–361.
4. Performance Analysis of Mesh Based Enterprise Network Using RIP, EIGRP and OSPF Routing Protocols / M. H. Kabir, M. A. Kabir, M. S. Islam [et al.]. – DOI : 10.3390/ecsa-8-11285 // Engineering Proceedings. – 2021. – Vol. 10. – № 10 (1).
5. Hameed, A. N. Performance analysis and evaluation of distance vector and link state routing protocols over a large area networks / A. N. Hameed, S. A. Alabady, M. A. Thanoon. – DOI : 10.12928/telkomnika.v20i6.22211 // Telkomnika (Telecommunication computing electronics and control). – 2022. – Vol. 20. – № 6. – P. 1189–1199.
6. Simulate and compare routing protocols for smart green systems / V. Chang, A. Kamireddy, Q. Xu [et al.]. – DOI : 10.1504/IJBSR.2022.122530 // International journal of business and systems research. – 2022. – Vol. 16. – № 3.
7. Implementation of OSPFv3 in IPv4 and IPv6 for Establishing a Wide Area Network / F. Z. Sinthia, A. Nasir, B. Paul [et al.]. – DOI : 10.1007/978-981-15-8289-9_46 // ICT Systems and Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2021. – Vol. 1270. – P. 473–481.
8. Jain, N. Effect of data packet size on the performance of RIP and OSPF routing protocols in hybrid networks / N. Jain, A. Payal, A. Jain. – DOI : 10.1108/IJPCC-02-2021-0036 // International journal of pervasive computing and communications. – 2021. – Vol. 17. – № 4. – P. 361–376.
9. Tsochev, G. R. A comparative study by simulation of OSPF and EIGRP routing protocols / G. R. Tsochev, K. K. Popova, I. S. Stankov. – DOI : 10.15622/ia.21.6.6 // Informatics and Automation. – 2022. – Vol. 21. – № 6. – P. 1240–1264.
10. Hameed, S. S. The impact of Routing Protocols and topologies on IOT Based Systems / S. S. Hameed, H. M. Saleh. – DOI : 10.1088/1742-6596/1804/1/012112 // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1804. – P. 012112.
11. Jain, N. Analysis of link failures and recoveries on 6to4 tunneling network with different routing protocol / N. Jain, A. Payal, A. Jain. – DOI : 10.1007/s10845-021-01835-7 // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2021. – Vol. 34. – P. 1037–1063.
12. Jain, N. Performance comparison between different tunneling techniques using different routing protocols / N. Jain, A. Payal. – DOI : 10.1007/s11277-021-09186-5 // Wireless Personal Communications. – 2021. – Vol. 123. – P. 1395–1441.
13. Jain, A. Performance evaluation of IPv4-IPv6 tunneling procedure using IoT / A. Jain, M. Singh, P. Bhambri. – DOI : 10.1088/1742-6596/1950/1/012010 // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1950 (1). – P. 012010.

14. Li, K-H. Empirical analysis of IPv4 and IPv6 networks through dual-stack sites / K-H. Li, K-Y. Wong. – DOI : 10.3390/info12060246 // Information. – 2021. – Vol. 12. – №. 6. – P. 246.
15. D'yab, O. A Comprehensive survey on the most important IPv4aaS IPv6 transition technologies, their implementations and performance analysis / O. D'yab. – DOI : 10.36244/ICJ.2022.3.5 // Infocommunications Journal. – 2022. – Vol. 14. – № 3. – P. 35–44.
16. Performance and scalability of IPv4/IPv6 transition mechanisms for real-time applications / K. El Khadiri, N. El Kamoun, S. El Ouaham [et al.] // Journal of theoretical and applied information technology. – 2023. – Vol. 101. – № 23. – P. 7826–7836.
17. Comparative evaluation of host-based translator mechanisms for IPv4-IPv6 communication performance analysis with different routing protocols / A. Hamarsheh, A. Alqeerm, I. Akour [et al.]. – DOI : 10.4018/IJCAC.332765 // International journal of cloud applications and computing. – 2023. – Vol. 13. – № 1. – P. 1–26.
18. Nedyalkov, I. Benefits of using network modeling platforms when studying IP networks and traffic characterization / I. Nedyalkov. – DOI : 10.3390/computers12020041 // Computers. – 2023. – Vol. 12. – № 2. – P. 41.
19. Haggag, A. Implementation and evaluation of IPv6 with compression and fragmentation for throughput improvement of internet of things networks over IEEE 802.15.4 / A. Haggag. – DOI : 10.1007/s11277-023-10340-4 // Wireless personal communications. – 2023. – Vol. 130. – P. 1449–1477.
20. The multiple roles that IPv6 addresses can play in today's internet / M. Piraux, T. Barbette, N. Rybowski [et al.]. – DOI : 10.1145/3561954.3561957 // Computer communication review. – 2022. – Vol. 52. – № 3. – P. 10–18.

Elena Viktorovna Samokhina, *Candidate of technical sciences (Ph. D.),
Associate professor at the Department of telecommunications,
t. +7 (909) 623-40-77, e-mail: samokhina@mirea.ru.*

Vladislav Aleksandrovich Kaganov, *master undergraduate at the Department of telecommunications,
t. +7 (965) 103-89-09, e-mail: kaganov_v@mirea.ru.
(MIREA – Russian Technological University).*