**ФЕДОРОВ В.А.**

*преподаватель кафедры защиты информации Военно-инженерного института радиоэлектроники и связи МО РК, города Алматы*

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТОКОЛОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В СЕТЯХ**

**СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

***Аннотация.*** *В данной статье рассмотрены два протокола динамической маршрутизации: IS-IS (Intermediate-System-toIntermediate-System) и OSPF (Open Shortest Path First). Выявлены сходства и различия между ними. Описана используемая протоколами терминология, различия в дизайне сети. Смоделирована инфокоммуникационная сеть для измерения объёма генерируемого служебного трафика протоколов. Ключевые слова: OSPF, IS-IS, сеть, топология, динамическая маршрутизация, архитектура сети, трафик, алгоритм Дейкстры.*

В настоящее время широко используются различные протоколы динамической маршрутизации: BGP (Border Gateway Protocol), OSPF, IS-IS и другие. Все они делятся на две большие группы: протоколы внешней маршрутизации EGP (Exterior Gateway Protocol) и внутренней маршрутизации IGP (Interior Gateway Protocol). Основная задача протоколов динамической маршрутизации – автоматический поиск лучшего маршрута на основании некоторых атрибутов для передачи трафика по сети [1].

Например, протоколы динамической маршрутизации помогают эффективно использовать резервные каналы связи, избегая петель маршрутизации. В статье рассматриваются несколько IGP, такие как OSPF и IS-IS, представлена их сравнительная характеристика, предложены рекомендации по выбору протокола. Оба протокола основаны на технологии отслеживания состояния канала и используют алгоритм Дейкстры для поиска кратчайшего пути. OSPF (Open Shortest Path First) – иерархический протокол, был разработан организацией IETF (Internet Engineering Task Force, инженерный совет Интернета). Разработка протокола OSPF началась в 1987 г., сегодня используются две версии: • OSPFv2: OSPF для сетей IPv4 (RFC 1247 и RFC 2328) [2]; • OSPFv3: OSPF для сетей IPv6 (RFC 2740) [2]. IS-IS (Intermediate-System-to-Intermediate-System) – иерархический протокол, был разработан в 1978 г. ISO в качестве протокола маршрутизации для собственного Connectionless Network Protocol (CLNP), являвшегося частью стека протоколов, призванного заменить TCP/IP. Протокол IS-IS описывается в ISO 10589. Имеет двухуровневую иерархическую архитектуру.

Несмотря на то, что OSPF и IS-IS – это различные протоколы, они имеют некоторые общие черты, например:

• являются IGP, распространяют маршрутную информацию между маршрутизаторами только внутри одной AS (Autonomous system);

• использован алгоритм Дейкстры для поиска кратчайшего пути на основе состояния каналов связи;

• поддержка Bidirectional Forwarding Detection (BFD) и возможность обеспечивать обнаружение потери связи с соседом за 50 мс в зависимости от аппаратной реализации оборудования. Время сходимости протоколов исследовалось в работах [3, 4];

• поддержка CIDR (Classless Inter-Domain-Routing) – бесклассовая маршрутизация; • поддержка VLSM (Variable Subnet Length Masking) – маски подсетей переменной длины;

• поддержка QoS (Quality of Service) – качество обслуживания;

• поддержка аутентификации В первую очередь, стоит рассмотреть возможности дизайна домена при создании сети. Правильно построенный домен является одним из ключевых моментов при выборе архитектуры сети, поскольку позволяет решить сразу несколько возможных проблем в будущем: • предусмотреть возможности масштабирования;

• снизить нагрузку на аппаратные ресурсы роутеров;

• уменьшить время восстановления сети при аварии;

• увеличить отказоустойчивость сети в целом. Протоколы OSPF и IS-IS идеологически по-разному относятся к вопросу дизайна домена. OSPF – протокол иерархический.

Это значит, что весь домен маршрутизации протокола OSPF можно разделить на отдельные области (area). Разделение на области не должно быть произвольным. Если топология действительно разбивается на области, в обязательном порядке должна присутствовать область с номером 0 (так называемая нулевая область), а все другие области подключаются к нулевой с помощью маршрутизаторов ABR (Area Border Router). Любое взаимодействие между периферийными областями будет обеспечиваться через нулевую область [5]. То есть протокол OSPF собирает топологию «звезда» с нулевой зоной в её центре. Такое построение логики сети обеспечивает защиту от петель маршрутизации на сетевом уровне. В нулевую область обычно выделяют ядро сети, в остальные области попадает периферия. При этом граница между областями проходит внутри маршрутизатора, т. е. фактически области принадлежит не маршрутизатор целиком, а его отдельный интерфейс, и области разграничиваются внутри роутера.

Протокол IS-IS также является иерархическим протоколом с возможностью разделения топологии на области. Но принципы этого разделения совершенно другие:

• маршрутизаторы IS-IS-домена целиком и полностью принадлежат какой-то одной зоне, т. е. граница между областями проходит по каналу связи между маршрутизаторами, а не внутри маршрутизатора;

• нет специального номера зоны (как нулевая зона в протоколе OSPF). То есть области, на которые разбита топология, могут иметь произвольные номера и объединяться между собой произвольным образом. В основе иерархичности протокола лежат уровни взаимодействия маршрутизаторов друг с другом. Пара IS-ISмаршрутизаторов, подключенных друг к другу, могут сформировать два уровня взаимодействий: Level 1 и Level 2 (L1 и L2). При этом соседство уровня 1 (L1) формируется только между маршрутизаторами одной области, а соседство уровня 2 (L2) может быть сформировано между маршрутизаторами как одной, так и разных областей [6].

Также существуют маршрутизаторы уровня L1/L2 для взаимодействия между маршрутизаторами различных уровней, обычно они находятся на границе области [7].

В данном случае маршрутизаторы в зоне 49.0001 будут владеть полным объемом маршрутной информации в сети, а маршрутизаторы в зоне 49.0002 и зоне 49.0003 не будут знать ничего друг о друге, все обязанности по маршрутизации между ними возьмет на себя зона 49.0001. Данная схема очень похожа на топологию протокола OSPF, и зона 49.0001 является аналогом нулевой области, таким образом обычно обосабливается ядро сети и разграничивается взаимодействие зон между собой. Транспорт Протокол OSPF изначально был ориентирован на IPсети, поэтому свои пакеты он инкапсулирует в пакеты протокола IP. Протокол IS-IS инкапсулирует служебные пакеты непосредственно во фреймы канального уровня, тем самым поддерживая сразу несколько протоколов сетевого уровня (например, IP, IPX и AppleTalk) [8]. Вдобавок это предоставляет дополнительную защиту от атак на сетевом уровне, направленных на этот протокол, что, несомненно, является большим плюсом в его пользу.

Служебный трафик, моделирование топологии и тестирование ещё одним критерием для сравнения является объём служебного трафика, генерируемый протоколами, поскольку это влияет на общую пропускную способность канала связи. В рамках статьи собран тестовый стенд с топологией из четырёх роутеров, изображённой на рис. 3. В качестве среды использовался программный продукт GNS3 (графический симулятор сети, который позволяет моделировать сложные сети [9]).

В качестве маршрутизаторов использованы образы платформ Cisco 2691. На каждом канале связи между маршрутизаторами установлено отношение соседства по протоколу OSPF в нулевой области, а также отношение соседства по протоколу IS-IS уровня L2 со стандартными таймерами для эмуляции одного домена с распространением всей маршрутной информации между всеми маршрутизаторами, что означает присутствие всех маршрутных данных на каждом из физических каналов связи. Цель эксперимента – измерить объём служебного трафика в стабильной сети, для этого используется утилита WireShark – программа-анализатор трафика для компьютерных сетей Ethernet и некоторых других [10]. Сам захват трафика всегда производится на канале связи между маршрутизаторами R1 и R2.

*Тест 1.* Результат его анализа показан на рис. 4. Как видно из рис. 4, протокол IS-IS шлёт 74,2 % всех пакетов на этом канале связи, но их объем занимает 96,1 % всего переданного трафика, на долю протокола OSPF приходится только 1,6 %. Анализируя статистику размеров пакетов, приведённую на рис. 5, можно заметить, что присутствуют 583 пакета объёмом 1514 байт.

*Тест 2.* На всех интерфейсах маршрутизаторов, где запущен процесс протокола IS-IS, прописывается команда ‘no isis hello padding’. Она предлагает не заполнять поле Padding в IS-IS Hello PDU при уже установившемся отношении соседства. Результат показан на рис. 6. Протокол IS-IS шлёт 74 % всех пакетов, но теперь их суммарный объём составляет 60,6 %, доля пакетов OSPF составляет только 16,4 %. Соотношение изменилось в 10 раз. Объём трафика протокола IS-IS без учета накладных расходов на транспорт – 897 579 байт в первом тесте и 56 838 байт во втором тесте – уменьшился в 15,8 раза. Поле padding в IS-IS PDU значительно влияет на объём служебного трафика протокола IS-IS.

*Тест 3.* Сеть увеличивается в два раза и состоит теперь из 8 маршрутизаторов, строящих топологию, как указано на рис. 7. По-прежнему на каждом канале связи установлено отношение соседства по протоколам OSPF и IS-IS. Настройки интерфейсов совпадают с настройками во втором тесте. Результат изображен на рис. 8. Процентное соотношение количества переданных пакетов прежнее. Процентное соотношение объёма переданного трафика изменилось: доля ISIS выросла с 60,6 % до 68,7 %, доля OSPF же, наоборот, уменьшилась с 16,4 % до 12,9 %. Передано 252 пакета протокола OSPF общей сложностью 15 120 байт, иными словами, объём трафика не изменился по сравнению с предыдущим тестом. На долю протокола IS-IS теперь вместо 56 838 байт приходится 80 342 байт, фигурирует прирост служебных данных на 41 %.

Результаты теста говорят о независимости объёма служебного трафика протокола OSPF от количества связей и маршрутизаторов в стабильной сети в рамках одного отношения соседства, это обусловлено тем, что при стабильной сети протокол OSPF производит только обмен Hello-пакетами. Количество данных протокола IS-IS, наоборот, увеличивается. Исходя из статистики, видно, что по сравнению со вторым тестом суммарный объем пакетов IS-IS CSNP (Complete Sequence Number PDU) вырос в 2 раза при их прежнем количестве. С помощью этих PDU IS-IS-маршрутизаторы синхронизируют известную им информацию о топологии, PDU содержат список всех LSP (Link-State PDU). Из этого следует, что объём пакета IS-IS CSNP напрямую зависит от количества роутеров в сети и от её связности, что подразумевает прямую зависимость объёма служебного трафика IS-IS от объёма пакета IS-IS CSNP. Также здесь применимо правило транзитивности, объём служебного трафика напрямую зависит от количества роутеров в сети и от её связности. В табл. 2 представлены обобщённые результаты тестов. Протокол OSPF показывает явную стабильность вне зависимости от количества роутеров и связей между ними. Объём служебного трафика протокола IS-IS меняется в зависимости от присутствия поля Padding в пакетах протокола, имеет прямую зависимость от количества роутеров и связей между ними. Даже после оптимизации (отключения поля Padding в Hello PDU для установленного соседства) этот протокол генерирует больший объём служебного трафика.

***ВЫВОДЫ***

1. Сравниваемые протоколы в некоторой мере схожи: являются IGP, используют один и тот же алгоритм расчета кратчайшего пути, в совокупности с протоколом BFD показывают практически одинаковое время сходимости.

2. Сравниваемые протоколы различаются подходом к дизайну. Протокол OSPF строит топологию типа «звезда» с нулевой областью в центре и не разрешает всем остальным областям взаимодействовать между собой в обход нулевой области, что, в свою очередь, является отличным защитным механизмом от петель маршрутизации. В настоящее время такой подход практикуется в большинстве сетей различных размеров. Архитектура дизайна домена протокола IS-IS иная. Области внутри AS могут быть связаны в каком угодно порядке, что затрудняет понимание топологии человеком при сети крупных размеров и создает дополнительные возможности для появления петель, также увеличивается вероятность человеческой ошибки при конфигурировании. С другой стороны, протокол IS-IS имеет гибкую двухуровневую архитектуру и позволяет из роутеров второго уровня создать аналог нулевой области протокола OSPF при правильном дизайне домена, но это вызывает дополнительные трудозатраты.

3. Сравниваемые протоколы используют транспорт для своих пакетов на разных уровнях по модели OSI. Пакеты протокола OSPF используют сетевой уровень и инкапсулируют свои данные в пакеты протокола IP. Протокол ISIS передает служебные данные на канальном уровне, это освобождает протокол от возможных атак на сетевом уровне, что говорит в пользу этого протокола.

4. Сравниваемые протоколы генерируют различный объём служебного трафика. При стандартных настройках протокол OSPF генерирует в разы меньше служебных данных на стабильной сети, чем протокол IS-IS. Малый объём служебного трафика протокола OSPF позволяет разворачивать маршрутизацию в крупных сетях с проблемой «бутылочного горлышка» (проблемой медленного обмена информацией из-за низкой пропускной способности одного из каналов связи в сети) без большой потери пропускной способности. Если данной проблемы нет, применение протокола IS-IS не повредит сети. При современных скоростях передачи данных генерируемый протоколом объём служебной информации ничтожно мал и не влияет на работоспособность канала.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учеб. для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. 4-е изд. СПб.: Питер, 2010. 944 с. 2. База данных RFC-документов. URL: http://www.rfceditor.org (дата обращения 26.01.2021).

3. Макаренко С. И. Время сходимости протоколов маршрутизации при отказах в сети / С. И. Макаренко // Системы управления, связи и безопасности, 2015, № 2. С. 45-98.

4. Tsegaye Y. OSPF Convergence Times. Master of Science Thesis in the Programme Networks and Distributed Systems / Y. Tsegaye, T. Geberehana. Göteborg (Sweden): Chalmers Univ. Technol., 2012. 77 с. URL: http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/184363/184363.pdf (дата обращения 27.01.2021).

5. Odom W., Hogg S. CCNA Routing and Switching ICND2 200-105 Offi cial Cert Guide / W. Odom, S. Hogg. Indianapolis: Cisco Press, 2016. 2557 с.

6. Официальный сайт компании Cisco Systems. URL: http:// cisco.com (дата обращения 27.01.2021).

7. Martey A. IS-IS Network Design Solutions / A. Martey. Indianapolis: Cisco Press, 2002. 405 с.

8. Таненбаум Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. 5-е изд. СПб.: Питер, 2012. 960 с.

9. Документация к GNS3. URL: http://docs.gns3.com (дата обращения 28.01.2021).

10. Документация к Wireshark. URL: https://www.wireshark. org/docs (дата обращения 28.01.2021).