

ВЫБОР ПРОТОКОЛА ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В КОРПОРАТИВНОЙ IP-СЕТИ

В.А. БАЧИНСКИЙ, В.Ш. ГИОРГИЗОВА-ГАЙ

Представлен краткий обзор и сравнительная характеристика протоколов динамической маршрутизации, наиболее распространенных в корпоративных IP-сетях. Предложены некоторые рекомендации по выбору протокола в зависимости от размеров и требований корпоративной сети.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня трудно найти компанию или учебное заведение, которое не имело бы сетевой инфраструктуры. Практически все современные сети являются маршрутизируемыми. С ростом размеров сети компании для поддержания ее нормальной работоспособности сетевому администратору приходится переходить от статической маршрутизации к динамической и, следовательно, к использованию одного из протоколов динамической маршрутизации. Поскольку выбор протокола оказывает существенное влияние на эффективность и надежность работы сети организации в целом, то он должен быть хорошо обоснован. В настоящее время доступны спецификации [5] и существует много литературных и Internet-ресурсов, посвященных данной теме (например [1–7]). Однако в них, как правило, достаточно подробно описывают сами протоколы и их настройки. Тогда как для первоначального выбора желательно иметь краткую сравнительную характеристику протоколов. Аналогичная задача возникает и при изучении данной темы студентами ВУЗов.

Цель работы — выделить наиболее существенные критерии сравнения протоколов и факторы, влияющие на их выбор в корпоративной сети, а также привести краткую сравнительную характеристику протоколов и некоторые общие рекомендации по их применению.

ТРЕБОВАНИЯ СЕТИ К ПРОТОКОЛУ МАРШРУТИЗАЦИИ

Как известно, протоколы динамической маршрутизации позволяют маршрутизаторам IP-сетей автоматически создавать таблицы оптимальных (по выбранному критерию) маршрутов и динамически модифицировать их в соответствии с изменениями, происходящими в топологии сети.

Выбор протокола маршрутизации в значительной степени зависит от следующих факторов.

- Топология и сложность сети.

Необходимо предусмотреть наличие резервных линий связи в сети, обеспечивающих ее надежное функционирование (доступность серверов и сетевых сегментов) в случае отказов сетевого оборудования и основных линий связи. Например, при древовидной топологии сети с так называемым

«корневым маршрутизатором», возможности динамической маршрутизации сводятся к минимуму.

- Размеры сети и необходимость в ее дальнейшем масштабировании.

Возможности некоторых протоколов в этом смысле ограничены.

- Загруженность сети.

Для сетей с высоким коэффициентом загруженности линий связи имеет значение способность протокола к перераспределению потоков данных.

- Требования к надежности сети.

Допустимое время простоев или нестабильности в работе сети из-за отказа ее узлов зависит от рода деятельности организации, и определяется возможными финансовыми убытками или опасностью нарушения производственного цикла.

- Требования к защите информации в сети.

Эти требования определяются степенью риска, связанного с попаданием информации об адресах и маршрутах в сети в руки злоумышленников, что особенно важно для сетей, имеющих внешние каналы связи.

- Необходимость подключения маршрутизируемого сегмента к уже существующей сети.

В этом случае следует обратить внимание на совместимость протоколов маршрутизации и средств их реализации.

- Возможность организации программных маршрутизаторов.

При небольшом трафике в сети или на отдельных ее участках от маршрутизаторов не требуется высокая производительность. В таких случаях с экономической точки зрения бывает выгоднее использовать вместо аппаратного маршрутизатора универсальный компьютер с несколькими сетевыми картами и программным обеспечением (ПО) с функциями протоколов маршрутизации. Однако не для всех протоколов маршрутизации есть соответствующее ПО, а от сложности протоколов зависит количество потребляемых вычислительных ресурсов компьютера.

- Квалификация и субъективные предпочтения обслуживающего персонала.

Сложность настройки маршрутизаторов и администрирования сети при использовании разных протоколов существенно отличаются. При наличии необходимых возможностей в нескольких протоколах немаловажно учесть удобство и наличие опыта работы с одним из протоколов в администратора сети.

КРИТЕРИИ СРАВНЕНИЯ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

Для определения эффективного протокола маршрутизации, который бы удовлетворял требованиям конкретной сети, необходимо провести сравнительный анализ наиболее известных протоколов динамической маршрутизации.

Протоколы маршрутизации делятся на два основных класса: протоколы внутренних шлюзов (Interior Gateway Protocols — IGP) и протоколы внешних шлюзов (Exterior Gateway Protocols — EGP). Протоколы класса IGP проектировались для обмена информацией о сетях и подсетях между внутренними маршрутизаторами одной автономной системы (Autonomous System — AS), т.е. между маршрутизаторами, находящимися под единым ад-

министративным управлением, и использующими один протокол маршрутизации. Такими сетями могут быть сети провайдеров услуг Internet, крупных правительственных и научно-исследовательских организаций, частных коммерческих концернов. Протоколы EGP проектировались для обмена маршрутной информацией между пограничными маршрутизаторами различных автономных систем. Доминирующим EGP-протоколом сегодня является протокол граничной маршрутизации версии 4 (Border Gateway Protocol version 4 — BGP-4). Это протокол используется для обмена маршрутной информацией между AS сети Internet.

По методу распространения маршрутной информации протоколы IGP делятся на дистанционно-векторные и состояния каналов связи. В методе вектора расстояний каждый маршрутизатор через равные промежутки времени посылает соседним маршрутизаторам обновления всей или части своей таблицы маршрутизации. По мере распространения маршрутной информации в сети каждый маршрутизатор может вычислить расстояния от него до всех сетей и подсетей в пределах внутрикорпоративной сети. Наиболее распространенными протоколами данного типа являются RIP (Routing Information Protocol) и IGRP (Interior Gateway Routing Protocol). В методе учета состояния каналов связи каждый маршрутизатор корпоративной сети посылает остальным маршрутизаторам информацию о своих непосредственных соединениях с сетями и маршрутизаторами. На основе полученной информации обо всех локальных соединениях в сети, каждый маршрутизатор способен построить ее полный топологический граф, а затем заполнить свою таблицу, используя сложный алгоритм выбора первого кратчайшего пути (Shortest Path First — SPF). Наиболее известными протоколами данного типа являются OSPF (Open Shortest Path First) и IS-IS (Intermediate System to Intermediate System). Существуют также гибридные протоколы, сочетающие в себе преимущества обоих методов распространения маршрутной информации. Примером гибридного протокола является EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol).

Протоколы, основанные на методе вектора расстояния, требуют меньше вычислительных ресурсов маршрутизатора, чем протоколы с выбором по состоянию каналов связи с их сложными SPF-алгоритмами. С другой стороны, протоколы с выбором по состоянию каналов связи занимают меньшую часть полосы пропускания сети (кроме начального этапа изучения топологии сети) так, как они распространяют только информацию об изменениях, а не всю таблицу маршрутизации, что особенно важно для больших сетей.

В качестве других критериев сравнения протоколов динамической маршрутизации можно выделить следующие.

- Скорость сходимости.

Эта характеристика протокола определяет длительность временного интервала возможной нестабильной работы сети, в течении которого протокол выявляет недоступный маршрут, выбирает новый маршрут и распространяет новую информацию по сети. Быстрота реакции на изменения в сетевой топологии особенно важна при поддержке важных приложений, требующих высокой степени готовности сети. Протоколы, основанные на методе вектора расстояния, требуют большего времени для сходимости, чем протоколы с выбором по состоянию канала связи, так как информация о но-

вом пути передается от одного маршрутизатора к другому косвенно без указания источника ее происхождения в процессе периодических рассылок.

- Возможность учета в метрике (критерии) выбора наиболее рационального маршрута различных характеристик маршрута.

Метрики могут рассчитываться на основе одной или нескольких характеристик пути. К наиболее употребительным характеристикам пути относятся: количество переходов (промежуточных маршрутизаторов в пути); пропускная способность каналов связи; задержка пакета в пути; надежность (частота возникновения ошибок каналах связи); нагрузка (загруженность маршрутизаторов и каналов связи); стоимость (произвольное значение, назначаемое администратором на основании как перечисленных выше, так и других соображений, например финансовых). Метрики, вычисляемые на основе нескольких показателей, обеспечивают большую гибкость при выборе маршрута. Возможности протокола поддерживать одновременно несколько метрик позволяют удовлетворять требования QoS-трафика (Quality of Service) разных приложений.

- Возможность балансировки нагрузки между несколькими маршрутами.

Возможность хранения в таблицах маршрутизации нескольких маршрутов к одной сети (с равными или даже отличающимися метриками) дает возможность маршрутизатору снижать загрузку линий связи, путем попеременной отсылки пакетов по каждому из маршрутов. Следует обратить внимание на то, что балансировка нагрузки может вызвать проблемы в тех случаях, когда приложение использует дейтаграммные протоколы канального и транспортного уровней, которые не нумеруют и, следовательно, не восстанавливают порядок следования пакетов, как это делает, например, транспортный протокол с установлением соединения ТСР.

- Возможность объединения маршрутов на совпадающих участках.

Наличие данной функции способствует снижению относительной сложности большой сети, сокращению количества записей в таблицах маршрутизаторов и ускорению поиска в них. Объединение маршрутов требует, чтобы протокол маршрутизации поддерживал маски подсетей переменной длины и был способен распространять информацию о сетевых масках вместе с информацией о сетевых маршрутах.

- Максимальное количество маршрутизаторов в сети определяет возможности ее масштабирования.

Это ограничение косвенно связано с другими характеристиками протокола маршрутизации, влияющими на его способность работать в большой сети (например, скоростью сходимости, долей полосы пропускания сети, требуемой для передачи служебных сообщений протокола).

- Необходимость предварительной логической подготовки сети.

Некоторые протоколы маршрутизации для достижения соответствующего уровня масштабирования (уменьшения потребления вычислительных ресурсов маршрутизаторов и полосы пропускания сети) подразумевают выделение в сети логических областей и связей между ними. Внедрение таких протоколов может потребовать серьезной инженерной проработки проекта сети (ее топологии и схемы адресации).

- Обеспечение безопасности при обмене маршрутной информацией.

Если сеть поддерживает обмен маршрутной информацией между подсетями, соединенными глобальными связями, то попадание такой информации в руки злоумышленников может представлять угрозу безопасности сети. В таких случаях поддержка протоколом маршрутизации методов аутентификации источника и шифрования маршрутной информации приобретает важное значение.

- Доступность программного обеспечения (ПО) реализации протокола маршрутизации.

Проколы могут быть открытыми и поддерживаться различными производителями аппаратных маршрутизаторов и ПО для универсальных компьютеров, а могут быть закрытыми и реализоваться только определенными компаниями.

- Перспективность — реализация в протоколе перспективных возможностей (например, протокола IPv6, поддержка трафик инжиниринга).

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРОСТРАНЕННЫХ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

Рассмотрим наиболее распространенные протоколы подробнее [1–7].

RIP. Протокол RIP основан на дистанционно-векторном алгоритме и в большинстве реализаций использует самую простую метрику — количество промежуточных маршрутизаторов до сети назначения. Главным достоинством протокола является легкость конфигурирования, не требующая высокой квалификации обслуживающего персонала. Протокол является открытым и поддерживается практически всеми производителями сетевого оборудования. Также имеются реализации протокола в ПО (например, для Unix-подобных ОС — пакеты Zebra, Quagga и др.) и поддержка в ряде ОС (например, в Windows, начиная с Windows NT Server, в Unix-подобных, Cisco IOS). Основными недостатками протокола являются: медленная сходимость и большой объем служебного трафика (для адаптации к изменениям в топологии сети маршрутизаторы периодически рассылают полные копии своих таблиц). Это ограничило область применения протокола сетями с количеством маршрутизаторов не более пятнадцати. В протокол RIP версии 2 добавлена поддержка маски переменной длины, мультикастинговая (многоадресная) рассылка вместо широковещательной и средства защиты при обмене маршрутной информацией в виде аутентификации по ключу MD5 и открытого (нешифрованного) текста. Протокол достаточно распространен в небольших не стремящихся к расширению локальных сетях с невысокими требованиями к надежности сети и отсутствием квалифицированного персонала сетевых администраторов. В новой версии протокола Ripping организована поддержка протокола IPv6.

IGRP. Закрытый дистанционно-векторный протокол IGRP компании Cisco Systems был спроектирован для устранения ряда недостатков протокола RIP, и имел цель обеспечить лучшую поддержку крупных сетей (до 255 маршрутизаторов), которые содержат каналы связи с отличающимися характеристиками полосы пропускания и величины задержки. Протокол использует комбинированную метрику, которая включает задержку, полосу пропускания, надежность и загруженность маршрута. Весовые коэффициен-

ты, определяющие вклад этих характеристик в результирующую метрику, задаются пользователем, обеспечивая гибкую адаптацию к его конкретным задачам. Показатели задержки и полосы пропускания конфигурируются для каждой линии связи предварительно, а показатели надежности и загруженности могут вычисляться в процессе обработки реального трафика в сети. Для поддержания требований QoS разных приложений можно подготовить несколько маршрутных таблиц, построенных на основе метрик с разными значениями весовых коэффициентов.

Протокол IGRP обеспечивает более быструю сходимость, чем RIP благодаря применению пакетов обновления с мгновенной рассылкой (информация об изменениях в сети отправляется сразу, как только становится доступной, не дожидаясь очередного времени обновления). Протокол поддерживает балансировку нагрузки между несколькими маршрутами даже в том случае, если их метрики не равны, но находятся в пределах определенного диапазона показателей наилучшего маршрута. При этом соотношение объемов отправляемых по каждому пути данных будет пропорционально соотношению их метрик.

К недостаткам протокола можно отнести отсутствие поддержки масок подсетей переменной длины и возможности объединения маршрутов. Периодические рассылки маршрутной информации соседним маршрутизаторам остаются ширококестельными. Средства обеспечения безопасности ограничены. Отсутствуют средства аутентификации при обмене маршрутной информацией. Косвенным средством защиты является возможность приема сообщений об обновлениях маршрутов только от тех маршрутизаторов, которые данный определяет как «соседние», а также возможность внесения изменений в конфигурацию маршрутизатора только на основании пароля, который хранится в зашифрованном виде.

Протокол совместим с RIP.

EIGRP. Протокол EIGRP компании Cisco Systems представляет собой улучшенную версию исходного протокола IGRP. Протокол является гибридным и основан на алгоритме обновления Diffusing-Update Algorithm (DUAL). Он совмещает в себе лучшие стороны дистанционно-векторных протоколов (простота алгоритма выбора оптимального маршрута) и протоколов состояния каналов связи (быстрая сходимость и экономия полосы пропускания сети за счет сообщений только о состоянии связей и об их изменении). Все рассылки протокола являются мультикастными или индивидуальными. Таким образом, информация рассылается только при изменениях и только тем маршрутизаторам, которых она касается. С целью повышения масштабируемости протокола в него добавлена поддержка масок подсетей переменной длины и возможность объединения маршрутов. Маршруты делятся на внутренние и внешние — полученные от других протоколов маршрутизации или записанные в таблицы статически.

В последних версиях EIGRP имеются средства защиты, не позволяющие злоумышленникам дописывать элементы в таблицу маршрутизации, и аутентификация по ключу MD5. Кроме того, в настоящее время для EIGRP разрабатывают средства поддержки IPv6, так что этот протокол будет развиваться в дальнейшем.

Основным недостатком EIGRP, как и его предшественника, является закрытость и реализация только на оборудовании Cisco Systems.

Протокол хорошо совместим с IGRP, а также с RIP.

OSPF. Наиболее универсальным и гибким в настройке протоколом динамической маршрутизации в корпоративных сетях на сегодняшний день является открытый протокол выбора первого кратчайшего пути (Open Shortest Path First Protocol — OSPF). Протокол изначально был ориентирован на работу в больших сетях (до 65536 маршрутизаторов) со сложной топологией. Он основан на алгоритме состояния каналов связи и обладает высокой устойчивостью к изменениям топологии сети и быстрой сходимостью. При выборе маршрута используется метрика пропускной способности составной сети (т.е. передача данных по наиболее скоростным каналам связи). Протокол может поддерживать разные требования IP-пакетов на качество обслуживания (пропускная способность, задержка и надежность) посредством построения отдельной таблицы маршрутизации для каждого из этих показателей.

Протокол обладает и другими достоинствами, полезными в крупных современных сетях. К ним относятся возможность балансировки нагрузки между каналами с равными метриками и средства аутентификации как по нешифрованному паролю, так и по зашифрованному (путем добавления к пакету дайджеста ключа и тела пакета по алгоритму MD5). Нумерация пакетов исключает их повторяемость и таким образом возможность повторной атаки. Открытость протокола определяет его поддержку практически всеми производителями сетевого оборудования, реализации в ПО под все популярные ОС (например, для Unix-подобных ОС — пакеты Zebra, Quagga и др.), а также непосредственную интеграцию в ряд ОС (например, Windows 2000 Server и выше, OpenBSD, Cisco IOS, Solaris 10 и т.д.).

К недостаткам протокола следует отнести высокую вычислительную сложность и, следовательно, высокие требования, предъявляемые к ресурсам маршрутизатора. Вычислительная сложность OSPF растет с увеличением размеров сети. Поэтому для увеличения масштабируемости протокола применяется разделение сети на логические области, соединенные магистральной областью. Внутренняя топологическая информация между областями не передается. Сокращению размеров таблиц маршрутизации и снижению служебного трафика при обновлении топологической информации служит возможность объединения нескольких адресов сетей в один при обнаружении у них общего префикса, и замена ширококвещательных рассылок мультикастинговыми. С целью экономии IP-адресов в соединениях типа «точка – точка» между маршрутизаторами назначать конечным точкам адреса не обязательно. Платой за эти преимущества является сложность конфигурирования и необходимость тщательного предварительного планирования сети для ее оптимальной работы (разбивка на области, выделение магистрали, распределение функций между маршрутизаторами с учетом их вычислительной мощности: рядовые, выделенные в зоне, пограничные и т.д.).

В качестве перспективных функций OSPF следует назвать поддержку протокола IPv6 и возможность выбора маршрута на основании текущего коэффициента загруженности каналов связи (расширенная версия OSPF получила название Constrained Shortest Path First — CSPF).

Протокол совместим с RIP.

IS-IS. Протокол IS-IS основан на алгоритме состояния каналов связи и является предшественником OSPF. В настоящее время этот протокол очень редко используется в корпоративных сетях. Это вызвано полным превосходством над ним протокола OSPF, который, по сути, является усовершенствованным IS-IS. К недостаткам протокола относится его неспособность

поддерживать маски подсетей переменной длины, объединять маршруты, а также широковещательный характер рассылок соседним маршрутизаторам. Все это отрицательно влияет на скорость сходимости, нагрузку маршрутизаторов и загруженность линий связи.

BGP-4. Протокол BGP разрабатывался как внешний для организации маршрутизации между автономными системами в глобальной сети Internet (максимальное число маршрутизаторов 65534 между AS). В настоящее время в Internet используется 4-я версия протокола BGP-4. Хотя протокол относится к внешним протоколам маршрутизации, его иногда применяют и для внутренней маршрутизации.

BGP является протоколом, ориентирующимся на вектор расстояния. Однако, в отличие от RIP и IGRP протокол BGP не требует периодического обновления всей маршрутной таблицы. Обмен полными таблицами выполняется между маршрутизаторами только при их начальном подключении. В дальнейшем отсылаются только сообщения об обновлениях в таблицах, причем только тем маршрутизаторам, которые явно указаны в качестве соседних. В одном обновлении BGP-4 может быть объявлено об одном новом маршруте или аннулировании нескольких переставших существовать. Все это способствует снижению служебного трафика.

Метрика BGP представляет собой произвольное число единиц, характеризующее степень предпочтения конкретного маршрута, и устанавливаются администратором сети, в основном исходя из соображений договорных и финансовых предпочтений, возможно, из учета других факторов (по умолчанию на основании минимального числа промежуточных AS). У разных маршрутизаторов может использоваться разная маршрутная политика.

Хотя BGP поддерживает маршрутную таблицу всех возможных путей к конкретной сети, в своих сообщениях о корректировке он объявляет только об оптимальных маршрутах. Наличие в таблице альтернативных маршрутов ускоряет реакцию маршрутизатора на информацию о недостижимости основного пути, а также позволяет поддерживать балансировку нагрузки. Поскольку протокол ориентирован на обмен данными между различными AS, где при выборе маршрутов преобладают, как правило, не технические, а политические соображения, то процесс балансировки нагрузки подразумевает осмысленное распределение маршрутов между альтернативными каналами посредством настройки соответствующих параметров протокола.

Сообщения BGP-4 о корректировках содержат последовательность AS, через которые может быть достигнута указанная сеть, ее IP-адрес и длина маски префикса (поддерживается только безклассовая адресация CIDR). Протокол позволяет объединять маршруты. Перечень AS используется для улучшения сходимости, скорость которой у протокола не высока.

Для обеспечения безопасности могут применяться разные способы аутентификации маршрутизаторов.

Протокол совместим с RIP и OSPF.

В таблице представлена сравнительная характеристика основных протоколов динамической маршрутизации.

Важной характеристикой протокола маршрутизации является скорость сходимости. Данный критерий не был включен в таблицу по причине отсутствия численных данных корректно проведенных экспериментов для сетей

различного масштаба. Исходя из анализа самих алгоритмов и заявлений разработчиков компании Cisco Systems, можно сказать, что дистанционно-векторный протокол RIP уступает по этому параметру усовершенствованному протоколу IGRP. Еще большей скоростью сходимости обладает комбинированный протокол EIGRP, который приближается к наиболее скоростным протоколам OSPF и IS-IS, основанным на алгоритме учета состояния каналов связи. Протокол BGP не относится к числу скоростных, как по причине дистанционно векторного алгоритма, так и ввиду его особенностей, связанных с работой в качестве внешнего протокола (разная маршрутная политика маршрутизаторов, использование надежного транспортного протокола TCP и т.д.).

Таблица. Сравнительная таблица основных характеристик протоколов динамической маршрутизации

Критерии/протоколы	RIP v.2	IGRP	IS-IS	OSPF	EIGRP	BGP v.4
Безопасность	Открытый пароль или аутентификация по ключу MD5	–	–	Открытый пароль или аутентификация по ключу MD5	Аутентификация по ключу MD5	Разные методы аутентификации
Тип алгоритма	Вектор расстояния	Вектор расстояния	Состояние каналов связи	Состояние каналов связи	Комбинированный	Вектор расстояния
Балансировка нагрузки	–	Разные метрики	Одинаковые метрики	Одинаковые метрики	Разные метрики	Разные метрики (полуавтоматически)
Объединение маршрутов	–	–	–	+	+	+
Маски подсетей переем длины	+	–	–	+	+	+
Максимальное количество маршрутизаторов в сети	15	255 (реком. <50)	1024	65534	255	65534
Учет в метрике различных характеристик пути	Одна основная	Комбинированная	Одна основная и три дополнительные	Одна основная и три дополнительные	Комбинированная	Произвольная
Поддержка QoS	–	+	+	+	+	–
Обновления маршрутной информации	Вся таблица	Вся таблица	Только изменения	Только изменения	Только изменения	Только изменения
Необходимость логической подготовки сети	–	–	Выделение центральной области и связанных областей	Выделение центральной области и связанных областей	–	Разбитие сети на автономные системы и описание взаимодействия между ними
Доступность реализации	Открытый	Только на оборудовании Cisco Systems	Открытый	Открытый	Только на оборудовании Cisco Systems	Открытый
Поддержка IPv6	–	–	–	+	+	+

НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПРОТОКА МАРШРУТИЗАЦИИ

Сравнительная характеристика показывает, что наиболее совершенными внутренними протоколами динамической маршрутизации являются OSPF и EIGRP. Протокол IS-IS по сути является более ранней и менее функциональной версией протокола OSPF, поэтому в настоящее время редко используется в корпоративных сетях. Преимущества этих протоколов в полной мере проявляются в сложных *больших сетях* с сотнями и тысячами маршрутизаторов. Именно здесь необходима высокая скорость сходимости оптимальных маршрутов, гибкость при выборе путей (с учетом различных характеристик, составляющих маршруты каналов), поддержка требований QoS для разнородного трафика, экономия полосы пропускания каналов (за счет снижения служебного трафика), снижение размеров таблиц маршрутизации и скорости поиска в них информации. Эти требования оправдывают использование производительных аппаратных маршрутизаторов с большими объемами памяти и протоколов, требующих сложной настройки. Однако такие большие сети сегодня являются гетерогенными с точки зрения производителей сетевого оборудования, поэтому лидирующие позиции здесь занимает открытый протокол OSPF (EIGRP реализуется только на оборудовании Cisco Systems, и максимальное количество маршрутизаторов не более 255).

Для сетей *среднего размера* (десятки маршрутизаторов) при наличии соответствующих финансовых возможностей надежность и дополнительные технические преимущества оборудования фирмы Cisco Systems могут сыграть решающую роль в пользу построения однородной сети. Тогда наибольший эффект даст использование протокола EIGRP. Поскольку лежащий в его основе алгоритм DUAL поддается гибкой настройке (комбинированная метрика, балансировка нагрузки путей с различными значениями метрики), это позволяет администратору сети обеспечивать ее максимальную производительность, поскольку хорошо известно, что перед сетью могут ставиться самые разнообразные задачи, и только большие функциональные возможности и гибкость их использования помогут администратору решить любую поставленную задачу. Хотя вполне возможно, что и возможностей более простого в настройке протокола IGRP будет достаточно (например, если не предъявляются высокие требования ко времени сходимости оптимальных маршрутов, снижению уровня служебного трафика и его безопасности, не требуется поддержка масок подсетей переменной длины и функции агрегирования маршрутов).

Для гетерогенных сетей, особенно при наличии в них программных маршрутизаторов, лучшим выбором будет протокол OSPF. Поскольку при использовании EIGRP возникает проблема взаимодействия оборудования, то маршрутизаторам от других производителей остается использовать статические маршруты, либо иметь дело с комбинацией RIP и EIGRP, что представляется не очень осмысленным.

Если в соответствии с высокими требованиями к надежности, защищенности, производительности *небольшой сети* (до десятка маршрутизаторов) для нее будет выбрано оборудование Cisco, тогда, скорее всего, допол-

нительные возможности EIGRP, связанные с уменьшением времени сходимости и повышением масштабируемости, не понадобятся. И прокол IGRP решит задачи такой сети достаточно эффективно. Этот протокол наиболее понятен сетевым администраторам, уже знакомым с RIP, а также для достижения должной производительности требует от маршрутизаторов меньшего объема оперативной памяти и менее мощный процессор.

Здесь следует отметить существование большого количества организаций, для которых работа в сети не является непосредственным элементом их основной деятельности, а является скорее всего средством коммуникации. Уровень трафика в таких сетях обычно не высок, поэтому возможности протокола, связанные с балансировкой нагрузки, снижением служебного трафика за счет иерархической организации и рассылки только обновлений скорее всего окажутся не востребованными. Такие организации обычно не предъявляют высокие требования к сети, т.е. не требуют высокой скорости сходимости, поддержки QoS, учета в метрике характеристик разнородных каналов (как правило, все каналы типа Fast Ethernet), часто используют программные маршрутизаторы на не слишком производительных ПК, и не желают содержать высокооплачиваемые кадры квалифицированных администраторов. В этих случаях самый простой протокол RIPv2 будет вполне достаточным решением.

Протокол BGP разрабатывался как протокол взаимодействия между автономными системами Internet. Он имеет произвольную метрику и не высокую скорость сходимости. Его внедрение в корпоративную сеть в большинстве случаев не оправдывается. Деление сети на автономные системы не дает существенного преимущества, как это показала практика внедрения протокола в кампусную сеть НТУУ «КПИ». Пограничные протоколы обычно нужны только в том случае, когда сеть организации связана с одной и той же внешней сетью (например Internet) несколькими каналами или, когда она работает как промежуточное звено между двумя или более сетями, причем необходимо обеспечить резервные каналы связи (типичная ситуация для сервис-провайдера Internet).

ВЫВОДЫ

Таким образом, выбор конкретного протокола динамической маршрутизации зависит от размеров и требований, предъявляемых конкретной корпоративной сетью. Основываясь на данных таблицы, можно с уверенностью сказать, что на сегодняшний день наиболее совершенными внутренними протоколами динамической маршрутизации являются OSPF и EIGRP. Их перспективность подтверждает и внедрение поддержки перспективного протокола IPv6. И, если OSPF уже стал фактически стандартным внутренним протоколом Internet, то с ростом рынка оборудования фирмы Cisco Systems позиции EIGRP в однородных корпоративных сетях будут укрепляться. Протокол IGRP, по-видимому, также уступит ему свое место. Тем не менее, преимущества простоты протокола RIP для небольших сетей продолжают оставаться востребованными, о чем, например, свидетельствует появление новой версии протокола Ripping, в которой также предусмотрена поддержка протокола IPv6.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Олифер В.Г., Олифер Н.А.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учеб. для вузов. — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2006. — 958 с.
2. *Cisco Systems.* Руководство Cisco по междоменной многоадресной маршрутизации. — М.: «Вильямс», 2004. — 320 с.
3. *Леинванд А., Пински Б.* Конфигурирование маршрутизаторов Cisco. — 2-е изд. — М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. — 368 с.
4. *Официальный сайт компании Cisco Systems.* — <http://cisco.com/>.
5. *База данных RFC документов.* — <http://www.rfc-editor.org>.
6. *Ресурс аналитической информации.* — <http://citforum.ru>.
7. *Свободная энциклопедия.* — <http://ru.wikipedia.org>.

Поступила 01.04.2009