

УДК 004.03.052

Соловьев А.В.,  
Майструк Д.В.,  
Бондаренко В.Н., к.т.н.

## ДИНАМИЧЕСКАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ ГОЛОСОВОГО ТРАФИКА В КОРПОРАТИВНЫХ IP СЕТЯХ

Национальный технический университет Украины «КПИ»

*Проанализированы существующие протоколы маршрутизации голосового и IP трафика. Сформулированы требования к разработке протокола маршрутизации голосового трафика в корпоративных IP сетях*

### **Введение**

В связи с возрастанием объемов голосового трафика (*VoIP*) в корпоративных IP сетях и обилием предложений от провайдеров IP-телефонии становится актуальной задача маршрутизации голосовых вызовов с учетом требований к качеству, стоимости и защищенности канала связи. В настоящее время в большинстве телефонных сетей используется статическая маршрутизация, основанная на общем международном телекоммуникационном плане нумерации [1]. Маршрутизация происходит по заранее подготовленной таблице соответствия номеров и направлений (диапазон номеров *XXX* обслуживается АТС/шлюзом *Y*). В данной схеме любые изменения нумерации или маршрутизации – это длительный и дорогостоящий процесс, не отвечающий запросам сегодняшнего динамичного рынка телекоммуникаций.

IT подразделения крупных компаний, эксплуатирующих собственную *VoIP* сеть, операторы IP-телефонии, департаменты исследований и разработок (*R&D*) производителей *VoIP* оборудования и программисты, работающие с биллингом для свободно распространяемой программной АТС *Asterisk*, все чаще сталкиваются с необходимостью реализации динамической маршрутизации голосового трафика, позволяющей оптимизировать соотношение качество/стоимость *VoIP* связи.

Цель работы – формулировка требований к протоколу маршрутизации голо-

сового трафика на основе анализа протоколов динамической маршрутизации, используемых в IP сетях и современных системах IP-телефонии (*VoIP* сетях).

### **Пограничная динамическая маршрутизация в IP сетях**

В IP сетях проблему выбора лучшего маршрута по множеству критериев и взаимодействия с различными сетями обеспечивает основной протокол динамической маршрутизации *BGP* (*Border Gateway Protocol* – протокол граничного шлюза). *BGP* предназначен для обмена информацией о достижимости подсетей между автономными системами (АС) и определения маршрутов доставки пакетов в другие АС. Передаваемая информация включает в себя список АС, к которым имеется доступ через данную систему. Процедура выбора наилучших маршрутов для каждого направления работает исходя из правил и критериев, установленных администратором, запускается после обновления информации и служит для отбора маршрутов, предназначенных для использования локально и передачи другим маршрутизаторам, использующим *BGP*. Атрибуты маршрутов используются для получения степени предпочтения маршрута или его исключения из процесса отбора [2]. Для *VoIP* сети до сих пор не существует аналогичного протокола взаимодействия сетей и выбора наилучшего маршрута с поправками на специфику *VoIP* связи. Ниже рассмотрены существующие протоколы динамической маршрутизации вызовов в *VoIP* сетях.

## Динамический обмен шаблонами телефонных номеров

*Cisco SAF/CCD* (*Service Advertisement Framework/Call Control Discovery*) использует метод динамического обмена шаблонами телефонных номеров, что значительно упрощает обновление таблицы маршрутизации звонков при изменении номерного плана или ввода в строй новой АТС/шлюза. Архитектура сети *SAF* состоит из клиентов, которые

запрашивают и анонсируют шаблоны телефонных номеров форвардеров, которые получают шаблоны телефонных номеров от клиентов (или от других форвардеров) и пересылают их дальше (рис. 1) [3]. Технология *SAF/CCD* очень схожа с технологией динамической маршрутизации *RIP* (*Routing Information Protocol*) в *IP* сетях, является коммерческой и используется только в сетях, построенных на оборудовании *Cisco*.

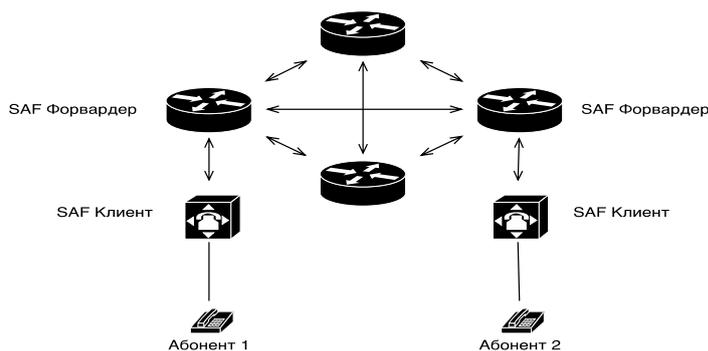


Рис. 1. *Cisco SAF/CCD*

Протокол маршрутной информации (*Routing Information Protocol*) – один из самых простых протоколов маршрутизации. Применяется в небольших компьютерных сетях, позволяет маршрутизатором динамически обновлять маршрутную информацию (направление и дальность в хопах), получая ее от соседних маршрутизаторов. *RIP* – так называемый протокол дистанционно-векторной маршрутизации, который оперирует транзитными участками в качестве метрики маршрутизации. Каждый *RIP*-маршрутизатор по умолчанию вещает в сеть свою полную таблицу маршрутизации один раз в 30 секунд.

## Динамическая маршрутизация по критерию наименьшей стоимости

*Least Cost Routing (LCR)* переводится как маршрутизация по критерию наименьшей стоимости. Основная идея протокола состоит в сравнении тарифов разных операторов перед маршрутизацией вызова. В результате сравнения выбирается наиболее дешевый маршрут, по ко-

торому будет совершен звонок [4, 5]. На рис. 2 показан пример выбора маршрута. Из двух возможных маршрутов от абонента 1 к абоненту 2, маршрутизатор с *LCR* выбирает маршрут через сеть оператора 1, сравнив заранее известную стоимость внутрисетевого звонка (оператор 1) и через промежуточного оператора (оператор 2). Качество связи и прочие параметры не учитываются.

Данный метод хорошо работает в *VoIP* сетях с небольшим количеством возможных маршрутов и не частым изменением тарифов. *LCR* схож с протоколом динамической маршрутизации *OSPF* (*Open Shortest Path First*) в *IP* сетях, где лучший маршрут определяется с учетом стоимости канала. Стоимость канала обратно пропорциональна скорости.

*OSPF* – протокол динамической маршрутизации, основанный на технологии отслеживания состояния канала и использующий для нахождения кратчайшего пути алгоритм Дейкстры (*Dijkstra's algorithm*) [6]. *OSPF* является альтернативой *RIP* в качестве внутреннего протокола маршрутизации. В *OSPF* в качестве мет-

рики используется коэффициент «стоимости канала». Каждый маршрутизатор обладает полной информацией о состоянии всех интерфейсов всех маршрутизаторов автономной системы. Рассылая объявления внутри одной *OSPF*-зоны, все маршрутизаторы строят идентичную базу данных состояния каналов маршрутиза-

тора. Каждый маршрутизатор строит таблицу маршрутизации из своего дерева кратчайших путей. Пример выбора маршрута по алгоритму *OSPF* показан на рис. 3. Из данного примера видно, что выбранный маршрут (выделенные стрелки) не является самым коротким (большее количество хопов), но его скорость выше.

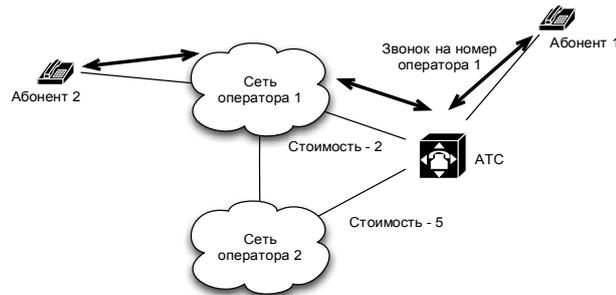


Рис. 2. Пример *LCR* маршрутизации

Описанные протоколы динамической маршрутизации вызовов хорошо работают внутри небольшой сети одного провайдера с небольшим количеством проверенных маршрутов. Они не способны взаимодействовать с различными сетями провайдеров *IP*-телефонии. При ухудшении качества связи на одном из каналов, эти технологии не способны автоматически перенаправить вызовы на более качественный канал. В результате администратор вынужден вручную изменять маршрутизацию вызовов. Протоколы *Cisco SAF/CCD* и *LCR* схожи с протоколами внутренней маршрутизации в *IP* сетях *RIP* и *OSPF*, поэтому не могут рассматриваться как подходящие алгоритмы внешней маршрутизации для сетей *IP*-телефонии.

### **Динамическая маршрутизация с контролем параметров качества связи**

В работе [7] предложен алгоритм маршрутизации вызовов, предполагающий разбиение операторов *IP*-телефонии на уровни в соответствии с качеством/стоимостью предоставляемых услуг. В пределах уровня сформированы группы операторов, предоставляющих близкие тарифы для каждого междугородного или

международного направления. Положение оператора в группе определяется параметром качества связи *ASR* (*Answer Seizure Ratio*) и задает его приоритет при маршрутизации по данному направлению. В свою очередь, при ухудшении параметра *ASR*, определяемого как отношение числа успешных сеансов связи к общему их количеству, происходит понижение приоритета оператора. Таким образом, по каждому направлению осуществляется контроль качества связи, но при этом изменение любого другого параметра качества, например: *ACD* (*Average Call Duration* – средняя продолжительность вызова), требует вмешательства администратора системы.

### **Выводы**

Для *VoIP* сети до сих пор не существует протокола маршрутизации, основанного на анализе состояния канала в реальном масштабе времени с учетом стоимости, качества и безопасности связи. Проведенный анализ доступных протоколов маршрутизации позволяет сформулировать требования к протоколу динамической маршрутизации вызовов:

- анонсирование диапазона доступных номеров телефонов соседним маршрутизаторам;

- анонсирование стоимости и прочих параметров доступных маршрутов соседним маршрутизаторам;
- исследование параметров внешних каналов в режиме реального времени (или с достаточной частотой);
- выбор наилучшего маршрута и составление таблицы маршрутизации на основании множества параметров (стоимость, качество, скорость канала, используемые кодеки, безопасность);
- обновление данных между пограничными маршрутизаторами только

при изменении, какого либо параметра (оптимизация загрузки сети);

- наличие в таблице маршрутизации и декларация минимум двух (основного и резервного) маршрутов для направления;
- возможность организации транзитного трафика;
- возможность безопасной авторизации между пограничными маршрутизаторами (защита от мошенничества с имитацией «суперканала»).

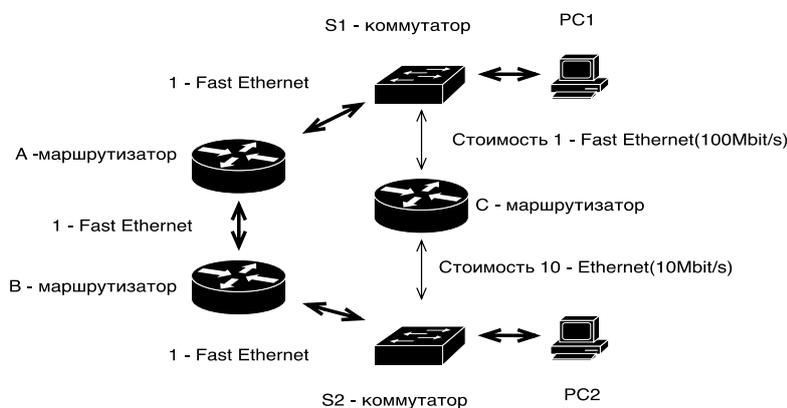


Рис. 3. Пример *OSPF* маршрутизации

Удовлетворение перечисленных требований позволит при сохранении конкурентных преимуществ *IP*-телефонии [8] поднять качество обслуживания на более высокий уровень.

### Список литературы

1. ITU-T Recommendation E.164 (11/2010)/ Интернет-ресурс: <http://www.itu.int/rec/T-REC-E.164-201011-I/en>
2. RFC 4271. A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4). Tools. ietf. org. 2006-04-01.
3. Левичев А. Динамическая маршрутизация телефонных звонков с помощью SAF / CCD / Интернет-ресурс: <http://dbenda.blogspot.com/2011/12/saf-ccd-1.html>
4. Гольдштейн Б.С. Протокол SIP. Справочник. – СПб.: BHV-Санкт-Петербург, 2005. – 456 с.
5. Гольдштейн Б.С. IP-телефония – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.

6. RFC 2328. OSPF Version 2. Tools. ietf. org. 1998-04-02.

7. Бондаренко В.М., Бондаренко Н.О. Розширення функціональності CALL-центру за рахунок інтегрованого додатку IP-телефонії // Проблеми інформатизації та управління: зб. наукових праць. – 2010. – Вип. 1(29). – С. 20–23.

8. Соловьев А.В., Майструк Д.В., Бондаренко В.Н. Обеспечение качества и безопасности VoIP связи путем реорганизации корпоративной TCP/IP сети // Проблеми інформатизації та управління: зб. наукових праць. – 2012. – Вип. 4(40). – С. 83–88.

Статью представлено в редакцию 03.07.2013