

УДК 004.03

В.Н. Бондаренко, канд. техн. наук, **А.В. Соловьев**Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт",
пр. Победы 37, Киев-56, 03056, Украина.

Выбор наилучшего маршрута вызова в VOIP сетях

Рассмотрены существующие способы маршрутизации голосового трафика в IP-сетях. Описаны их преимущества и недостатки. Предложены пути усовершенствования существующих методов маршрутизации. Сформулированы требования к алгоритму выбора наилучшего маршрута. Описаны основные параметры алгоритма. Предложены новые синтетические параметры качества, учитывающие краткосрочные изменения. Библ. 10, рис. 1, табл. 1

Ключевые слова: *Session Initiation Protocol, маршрутизация по наименьшей стоимости, Voice over IP.*

Введение

В настоящее время в большинстве телефонных сетей используется статическая маршрутизация, основанная на общем международном телекоммуникационном плане нумерации (рекомендация ITU-T E.164). Маршрутизация происходит по заранее подготовленной таблице соответствия номеров и направлений [3].

Существующие способы динамической маршрутизации голосовых вызовов в VoIP сетях, использующие LCR (Least Cost Routing - маршрутизация по критерию наименьшей стоимости), ASR (Answer Seizure Ratio - отношение числа отвеченных вызовов к общему количеству попыток вызовов), ACD (Average Call Duration - средняя продолжительность вызова), основываются на анализе лишь одного/двух параметров при выборе оптимального маршрута [1]. Такой подход приводит к тому, что указанные способы хорошо работают внутри небольшой сети одного провайдера с небольшим количеством проверенных маршрутов. Их применение приводит к перевесу либо в сторону улучшения качества, либо – снижения стоимости. Например, использование способа маршрутизации LCR может негативно сказаться на качестве связи по ряду направлений, поскольку в погоне за наименьшими тарифами некоторые операторы могут экономить на качестве предоставляемых услуг. Также существующие способы динамической маршрутизации в VoIP сетях неприменимы

к различным сетям разных провайдеров телефонии. При ухудшении качества связи на одном из каналов, эти технологии не способны автоматически перенаправить вызовы на более качественный канал, вплоть до его полного отключения. В такой ситуации администратор вынужден вручную изменять маршрутизацию вызовов.

Описанные трудности преодолеваются программной доработкой одного софтверного или АТС путем расчета гибридного коэффициента с учетом показателей качества (ASR, ACD) и стоимости (LCR) и замены им коэффициента приоритета в диалплане софтверного или АТС. Однако для достижения наилучшего результата требуется более глобальный подход, учитывающий взаимодействие различных устройств, маршрутизирующих VoIP трафик между собой и сетями общего пользования (классическая телефония, сети мобильной связи и пр.). Такое решение возможно в рамках разработки рекомендаций к новому протоколу взаимодействия между различными VoIP устройствами для маршрутизации голосового VoIP трафика.

Цель статьи. Целью статьи является исследование современных методов маршрутизации голосового трафика и выработка рекомендаций к алгоритму выбора наилучшего канала связи для прохождения голосового вызова из множества возможных, учитывая различные параметры.

Протокол маршрутизации голосовых вызовов в IP сетях

Так как тарификация VoIP трафика рассчитывается на основе времени, а не объема переданных/полученных данных, и о маршрутизации IP трафика сказано и сделано уже достаточно, то новый протокол маршрутизации не должен касаться маршрутизации трафика на пакетном уровне, а должен работать поверх TCP/IP на прикладном уровне модели OSI.

Скорость современных сетей передачи данных намного превышает запросы голосовой IP телефонии. Для передачи одного голосового потока необходимо до 64Кбит/с, а каналы передачи данных, используемые для подключения

софтсвичей и АТС к сети Интернет или внутренней сети организаций, редко имеют менее 10 Мбит/с. Разветвленная (многопутевая) маршрутизация, при которой трафик от источника к приемнику передается не по одному фиксированному каналу, а одновременно по нескольким, уже реализована в семействе протоколов TCP/IP, следовательно, маршрутизацию голосового трафика, проходящую поверх TCP/IP, следует рассматривать как неразветвленную (однопутевую).

Данный подход кардинально упрощает разработку протокола маршрутизации голосовых вызовов в IP сетях. Разработка и внедрение такого подхода к маршрутизации голосовых вызовов в VoIP сетях позволит при сохранении конкурентных преимуществ IP-телефонии поднять качество обслуживания на более высокий уровень.

Параметры алгоритма маршрутизации

В основе любого протокола маршрутизации лежит та или другая математическая идея или модель выбора маршрута. Математическая модель нужна для построения алгоритма маршрутизации. По результатам оптимизации этой модели на основании необходимых факторов устройство, использующее алгоритм маршрутизации трафика, выбирает наилучший в каждой конкретной ситуации маршрут. Такими устройствам могут быть программные софтсвичи (как 5-го так и 4-го классов), аппаратные VoIP маршрутизаторы и аппаратные АТС с поддержкой VoIP. Подразумевается простота реализации алгоритма, так как расчет производится для каждого вызова (либо таблицы маршрутизации обновляются при изменении параметров) и выполняется на вычислительных машинах ограниченной мощности (например, на аппаратных маршрутизаторах VoIP). Во всяком случае, программная реализация алгоритма не должна быть значительно сложнее динамической маршрутизации на основе сравнительного анализа

стоимости маршрутов (LCR), которая наиболее распространена.

Объем расчета параметров качества и стоимости при наличии множества возможных направлений (в среднем на пакет услуг одного провайдера приходится около 20000 строк в таблице тарификации) является очень ресурсоемкой задачей. Такой расчет таблицы маршрутизации перед каждым звонком сделает телекоммуникационное оборудование слишком дорогим, а ожидание абонента перед вызовом слишком долгим. Анализ записей CDR (Call Detail Record – подробная запись о вызове) VoIP провайдеров показал, что на самые нагруженные 10 направлений обычно приходится более 50% всего голосового трафика, следовательно, можно рассчитывать параметры только для 10 – 20 наиболее прибыльных и загруженных направлений. Данное упрощение существенно снизит загрузку на вычислительные мощности телекоммуникационного оборудования. Выбор загруженных направлений необходимо производить по результатам анализа базы данных (БД) CDR по наибольшему количеству тарифицируемых минут за длительный период (от суток до недели).

Рассмотрим основные параметры алгоритма выбора наилучшего маршрута. Параметры и весовые коэффициенты алгоритма являются настраиваемыми для каждого конкретного клиента (в одних случаях важнее показатели безопасности, в других – стоимости, но диапазон и рекомендуемые значения параметров описываются). В работах [4,5] рассмотрены параметры для выбора наилучшего маршрута, основными из которых являются стоимость и качество. Весовые коэффициенты этих параметров максимальны.

Стоимость. Стоимость минуты разговора обычно представлена в тарифном плане оператора в USD/мин. и различна для префиксов направления телефонных номеров. Поиск тарифа согласно префиксу телефонного номера должен производиться по наиболее длинному префиксу из имеющийся базы тарифов. Например, тарифы на звонки в Албанию представлены в табл. 1, где первый столбец – название направления, второй – его префикс, третий – тариф в USD/мин.

Таблица 1. Пример тарификации

Направление	Префикс	Стоимость USD/мин
Albania	355	0,03266
Albania Cellular-AMC	35568	0,14228
Albania Cellular-Eagle	35567	0,14805
Albania Cellular-Plus	35566	0,17999
Albania Cellular-Vodafone	35569	0,1365
Albania,Tirana	355422	0,02478
Albania,Tirana	355423	0,02478

У операторов существуют различные тарифы на одни и те же направления в зависимости от качества предоставляемых услуг. Тарифы могут отличаться на порядки в зависимости от выбранного пакета услуг. Все эти тарифы следует учитывать при выборе оптимального маршрута, так как при разной тарификации формальные показатели качества (ASR, ACD и т.д.) могут отличаться незначительно. В среднем тарифы находятся в пределах от \$0 за минуту разговора для бесплатных направлений (внутрисетевые тарифы, номера 0 800) и до \$35 за минуту разговора для спутниковых и специальных платных номеров. Логично, что более низкая стоимость предпочтительней. При составлении описания тарифа следует учитывать временную составляющую, так как некоторые операторы используют в своих тарифных планах понятие: бизнес/не бизнес время.

Качество. Качество связи в современных телефонных системах характеризуется параметрами ASR и ACD, которые определены Международным союзом электросвязи в SG2 рекомендации E.411: «International Network Management – Operational Guidance» [2].

ASR – статистический параметр, определяющий качество связи в заданном направлении через определённый узел телефонии (IP-телефонии). ASR рассчитывается как процентное отношение числа отвеченных вызовов к общему количеству попыток вызовов в заданном направлении: $ASR = (\text{состоявшиеся сеансы связи} / \text{попытки}) * 100$. Удовлетворительным ASR считается значение от 60% до 100%. Предпочтительней более высокое значение ASR.

ACD – статистический параметр телефонии, показывающий среднюю продолжительность вызова в том или ином направлении, измеряется в секундах. Значение ACD обычно вычисляется на основе данных из подробной записи о вызове CDR. Нередко ACD используется операторами для оценки спроса на направления. Предпочтительней более высокое значение ACD. Расчет таблицы значений ASR и ACD в виду ресурсоёмкости процедуры следует производить в периоды наименьшей загруженности системы с некоторой периодичностью.

Дополнительные параметры. Перед выбором маршрута по соотношению качество/стоимость необходимо проверить «блокирующие» параметры, при которых звонок по данному маршруту невозможен при любых значениях параметров, характеризующих стоимость и качество. Таких параметров три.

Для передачи факсов через VoIP необходима поддержка протокола T.38 либо кодека G711. Если звонок инициирован для передачи факса, маршрутизировать его через линию, не соответствующую этим критериям, бессмысленно.

При необходимости шифрования голосового вызова следует проверять поддержку и использование протоколов SRTP/TLS на линиях, доступных для маршрутизации.

Для линий с ограниченным количеством одновременно возможных голосовых вызовов (E1/T1 потоки, GSM шлюзы и т.д.) перед попыткой дозвона следует проверять количество свободных линий.

Учет данных требований позволит сократить ручное администрирование VoIP сети.

Контроль качества связи

В ходе исследований выяснилось, что параметры ASR и ACD характеризуют качество связи за более долгосрочный период времени, чем длительность большинства полумок, и медленно изменяются при временном нарушении качества связи (например, при выходе из строя аппаратуры провайдера). Указанные параметры, как правило, предоставляются операторами IP-телефонии вместе с тарифными планами.

Первоначально можно использовать параметры, предоставляемые оператором, но в дальнейшем целесообразно их рассчитывать самостоятельно по каждому направлению, исходя из CDR (сервис, обеспечивающий статистику работы телекоммуникационного оборудования). При длительной работе биллинга параметры ASR и ACD будут изменяться недостаточно быстро из-за большого количества «положительных» записей в CDR. Они будут характеризовать «репутацию» провайдера, но даже самый качественный провайдер не застрахован от форс-мажорных ситуаций. При временном ухудшении качества связи (поломке) система, основанная только на этих параметрах, не сможет быстро отреагировать и конечный потребитель получит связь плохого качества, а провайдер – потерю репутации.

Для большей гибкости системе необходимо учитывать и краткосрочные изменения параметров. Расчет ASR и ACD за определенный период времени (для загруженных и самых прибыльных направлений, например: за 12 часов) и их использование в алгоритме позволит системе быстро реагировать на перебои в работе операторов связи. Весовые коэффициенты этих

синтетических параметров должны быть выше, чем у оригинальных ASR и ACD. На графиках рис.1 показаны зависимости ASR и ACD, рассчитанных классическим методом и – за короткий промежуток времени (ASR^* , ACD^*). Толстой горизонтальной линией на графиках показано минимальное приемлемое значение параметров. Вертикальными линиями показано время начала и окончания «поломок». Площади под

графиками (обозначены серым) показывают период простоя или некачественного обслуживания при классическом расчете ASR/ACD и при расчете за короткий промежуток времени. Видно, что при учете краткосрочных изменений ASR и ACD количество некачественных или несостоявшихся звонков значительно уменьшается, тем самым уменьшая финансовые и репутационные потери провайдера.



Рис. 1. Иллюстрация изменения значений ASR, ACD, ASR^* , ACD^* во времени

При использовании ASR^* и ACD^* возникают следующие особенности, которые необходимо учитывать при маршрутизации.

Провайдер 1, у которого возникли временные проблемы с качеством связи, исключается из маршрутизации, а его место занимает Про-

вайдер 2 с меньшим рейтингом. Так как звонки направляются через Провайдера 2, у Провайдера 1 показатели ASR и ACD не изменяются. Возвращение звонков к Провайдеру 1 возможно лишь тогда, когда показатели качества Провайдера 2 понизятся. Следовательно, система будет маршрутизировать звонки через менее качественного провайдера, даже когда временные проблемы у более качественного провайдера будут решены. Для выхода из такой ситуации следует раз в 12 часов расчетное значение ASR* и ACD* приравнять к оригинальному значению ASR и ACD, рассчитанному по записям CDR классическим методом за весь период работы системы. При частых поломках у определенного провайдера значения его параметров ASR и ACD понизятся и такой провайдер будет понижен в рейтинге.

Если параметры качества рассчитываются только для наиболее загруженных линий, то следует отметить, что их список не постоянен: одни направления становятся более популярными, другие – менее популярны. Для учета этих изменений список следует обновлять с некоторой периодичностью (например, раз в месяц). Значения ASR* и ACD* для новых линий в этом списке следует приравнять к ASR и ACD, рассчитанным классическим методом.

Вывод

При разработке будущего алгоритма выбора наилучшего маршрута в VoIP сетях следует учитывать следующие рекомендации:

- маршрутизацию рассматривать как однопутевую;
 - алгоритм должен обладать простотой и низкой требовательностью к вычислительным ресурсам;
 - рассчитывать только наиболее загруженные направления;
 - расчет ресурсоемких задач (расчет наиболее загруженных направлений, ASR, ACD) производить в периоды наименьшей загрузки системы с некоторой периодичностью;
 - перед выбором маршрута проверить дополнительные требования (Т.38, G711, SRTP/TLS) и исключить неподходящие маршруты из выбора;
 - перед выбором маршрута проверить доступное количество свободных линий на направлении;
 - рассчитывать показатели качества с учетом краткосрочных изменений (ASR*, ACD*);
 - с некоторой периодичностью приравнять значения ASR*, ACD* к ASR, ACD;
 - с некоторой периодичностью обновлять список наиболее загруженных направлений.
- Внедрение в алгоритм динамической маршрутизации синтетических параметров, рассчитанных на основе ASR и ACD за короткий промежуток времени, позволит сделать систему более гибкой. Гибкость системы позволит уменьшить расходы на администрирование сервиса голосовой IP телефонии и улучшить качество предоставляемых услуг.

Список использованных источников

1. *Adam Sharp*. Principles of Least Cost Routing (LCR) for Calls – Adam's Home Automation (<http://automation.binarysage.net/?p=472>), 2009.
2. ITU Recommendation E.411, chapter 3.6.3, page 5.
3. *Гольдштейн Б.С.* Протокол SIP. Справочник. – СПб.: BHV-Санкт-Петербург, 2005. – С. 456
4. *Соловьев А.В., Бондаренко В.Н.* Маршрутизация голосовых вызовов в IP сетях. Збірник статей 4 міжнародної конференції молодих вчених "Електроніка 2012", 2012 – С. 287.
5. *Соловьев А.В., Майструк Д.В., Бондаренко В.Н.* Динамическая маршрутизация голосового трафика в корпоративных IP сетях. Збірник тез VI Міжнародної науково-технічної конференції «Комп'ютерні системи та мережні технології» (CSNT-2013). – К.: НАУ, 2013 – С. 113.

Поступила в редакцию 26 декабря 2014 г.

УДК 004.03

В.М. Бондаренко, канд.техн.наук, **А.В. Соловйов**

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",
пр. Перемоги 37, Київ-56, 03056, Україна.

Вибір найкращого маршруту в VOIP мережах

Розглянуто існуючі способи маршрутизації голосового трафіку в IP-мережах. Описано їх переваги та недоліки. Запропоновано шляхи удосконалення існуючих методів маршрутизації. Сформульовані вимоги до алгоритму вибору найкращого маршруту. Описані основні параметри алгоритму. Запропоновані нові синтетичні параметри якості, що враховують короткострокові зміни. Бібл. 10, мал. 1, табл. 1

Ключові слова: *Session Initiation Protocol, маршрутизація за найменшою вартістю, Voice over IP.*

UDC 004.03

V.M. Bondarenko, Ph.D., **A.V. Soloviov**

National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute",
Prospect Pobedy 37, Kiev -56, 03056, Ukraine.

Route selection algorithm for VOIP network

The existing ways of voice traffic routing in IP-networks and their advantages and disadvantages have been described. The requirements to the best route selection algorithm and ways of improving the existing routing methods have been formulated. Basic parameters of the best route algorithm have been described. The new synthetic quality parameters which taking into account the short-term changes have been proposed. References 10, Figures 1, Tables 1.

Keywords: *Session Initiation Protocol, Least Cost Routing, Voice over IP.*

References

1. A. Sharp. (2009), «Principles of Least Cost Routing (LCR) for Calls» Adam's Home Automation (<http://automation.binarysage.net/?p=472>). (Eng)
2. ITU Recommendation E.411, chapter 3.6.3, page 5. (Eng)
3. Goldstein B.S. (2005), «Protocol SIP. Handbook». St.:BHV-St. Petersburg, 456 p. (Rus)
4. Soloviov A.V., Bondarenko V.M. (2012), Collection of Articles of 4 International Conference of Young Scientists "Electronics 2012". P. 287. (Rus)
5. Soloviov A.V., Mastruk D.V., Bondarenko V.M. (2013), «Dynamic routing of voice traffic in enterprise IP networks». Problems of Information and Control: Collected Works. Iss. 2 (42), P. 112-117 (Rus)