

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

АЛГОРИТМ ВЫБОРА НАИЛУЧШЕГО МАРШРУТА ВЫЗОВА В VOIP СЕТЯХ

Национальный технический университет Украины «КПИ»

alexander@soloviev.org.ua

Описан подход к выбору наилучшего канала связи для прохождения голосового вызова в VoIP сетях по критериям качества и стоимости

Ключевые слова: маршрут голосового вызова, биллинг трафика, IP-телефония, VoIP

Введение

Традиционный подход к выбору оператора, через которого совершается телефонный вызов, основан только на общем международном телекоммуникационном плане нумерации (рекомендация *ITU-T E.164*) [1]. Маршрутизация происходит по заранее подготовленной таблице соответствия номеров и направлений. Такой подход практичен в том случае, когда у оператора телефонии имеется только один выход на определенную сеть. С появлением IP-телефонии, у операторов появилась возможность связывать свои сети друг с другом без использования дорогостоящих канальных подключений; теперь у одного оператора имеется множество вариантов подключения к различным сетям по различной стоимости и с различным качеством предоставления услуг.

При таком многообразии маршрутов прохождения телефонного звонка потребовался алгоритм выбора маршрута вызова. Одним из способов решения данной задачи является алгоритм *LCR (Least Cost Routing)*. *LCR* выбирает маршрут по критерию наименьшей стоимости, при этом звонок направляется через оператора, предложившего минимальный тариф [2]. Использование *LCR* может негативно сказаться на качестве связи по ряду направлений, поскольку в погоне за наименьшими тарифами некоторые операторы могут экономить на качестве предоставляемых услуг. В такой ситуации администратор вынужден вручную изменять маршрутизацию вызовов. Это лишь один

пример вмешательства администратора в маршрутизацию вызовов в VoIP системе, а таких примеров множество. В большинстве случаев современные VoIP системы не работают без «ручного» контроля и управления администратором.

Для устранения этого недостатка разработан алгоритм выбора наилучшего маршрута вызова с учетом критериев качества и стоимости. Предлагаемый алгоритм реализует прохождение телефонного вызова от одного абонента к другому по маршруту, обеспечивающему как наименьшую стоимость минуты разговора, так и приемлемое качество телефонного соединения.

Целью статьи является описание подхода к повышению соотношения качество/стоимость связи, основанного на применении алгоритма выбора наилучшего канала связи для голосового вызова из множества возможных.

Выбор маршрута голосового вызова

В работе [3] подробно рассмотрены и обоснованы принципы выбора маршрута голосового вызова с учетом качества и стоимости связи, основными из которых являются следующие:

- маршрутизация рассматривается как фиксированная [4];
- рассчитываются только наиболее загруженные направления;
- перед выбором маршрута проверяются дополнительные требования (поддержка протоколов факсимильных

сообщений – T.38, G711; поддержка шифрования голосовой связи SRTP/TLS) и исключаются неподходящие маршруты из выбора;

- перед выбором маршрута проверяется доступное количество свободных линий на направлении;
- с некоторой периодичностью обновляется список наиболее загруженных направлений.

На современном этапе развития сетей IP-телефонии процедура выбора маршрута может быть реализована на софтверных свичах и программируемых цифровых АТС с поддержкой VoIP как у операторов связи, так и в крупных компаниях для усовершенствования маршрутизации голосового трафика внутри собственной сети и для выхода на провайдеров международной, междугородней, мобильной связи. Под усовершенствованием маршрутизации подразумевается возможность использования экономических преимуществ маршрутизации по критерию наименьшей стоимости в симбиозе с маршрутизацией по показателям качества предоставляемых услуг. Удовлетворение перечисленных требований позволит при сохранении конкурентных преимуществ IP-телефонии поднять качество обслуживания на более высокий уровень.

Требования к алгоритму, основанные на вычислительных ресурсах

С одной стороны, аппаратные устройства коммутации и маршрутизации VoIP не обладают высокой вычислительной мощностью, а с другой – загруженность телефонных сетей обладает явной циклическостью и имеет свои пики нагрузки и свои спады. Периоды пиков и спадов для корпоративных сетей и сетей общего пользования различны, но времена циклов одинаковы (24 часа, неделя, месяц). Периоды спадов нагрузки можно использовать для выполнения ресурсоемких операций, таких как расчет и анализ базы данных вызовов из CDR (Call Detail Record). Многие софтверные свичи дают возможность сохранять CDR в CSV файле либо в

базе данных (БД). Для удобства работы данные записи следует хранить только в виде БД (MySQL, MS SQL, PostgreSQL, и т.д.). Из работ [3, 5] следует, что для выполнения алгоритма необходимы следующие данные:

- список направлений провайдеров, через которые направляется более 50% всего трафика (TOP N направлений);
- значения ASR (Answer Seizure Ratio) и ACD (Average Call Duration) для всех провайдеров и направлений.

Расчет этих значений – ресурсоемкий процесс. Например, для получения ACD нужно рассчитать среднее арифметическое длительности всех звонков по данному направлению, а таких направлений в таблице тарификации одного провайдера может быть более 20000. Все эти расчеты предлагается производить в период наименьшей нагрузки – раз в сутки (чаще всего, в ночное время). Период наименьшей нагрузки легко определяется администратором из CDR.

Таким образом, можно сформулировать следующие требования к алгоритму выбора маршрута:

- алгоритм должен обладать простотой и низкой требовательностью к вычислительным ресурсам;
- расчет ресурсоемких задач (расчет наиболее загруженных направлений, ASR, ACD) производится в периоды наименьшей загруженности системы с некоторой периодичностью;
- показатели качества рассчитываются с учетом краткосрочных изменений (ASR*, ACD*);
- с некоторой периодичностью значения ASR*, ACD* приравниваются к ASR, ACD.

Исходные данные для работы алгоритма

Основным источником данных для всех расчетов служит Call Detail Record (CDR, или Call Data Record, или Charging Data Records) – сервис, обеспечивающий полное журналирование работы телефонной системы. Современные системы голосовой связи на базе VoIP обрабатывают

огромные объемы данных из-за большого количества направлений и их различной стоимости. В большинстве АТС, софтверичей и программном обеспечении (ПО) для маршрутизации голосового VoIP трафика присутствует поддержка сервиса CDR.

Различные производители телефонного оборудования используют разные названия. В оборудовании Avaya, Nortel, Siemens, Cisco этот сервис называется CDR, у Panasonic, LG, Nortel – SMDR (Station Messaging Detail Record), у Ericsson – CIL (Call Information Logging).

Под различными названиями скрывается один и тот же смысл – сохранение полной информации о всех вызовах. CDR запись – это метаданные, данные о данных. CDR запись содержит поля, значения в которых полностью описывают сеанс передачи данных.

В большинстве случаев именно CDR используется для расчета конечной стоимости звонка для абонента и на основании данных из CDR выставляются счета абоненту. CDR является основным инструментом для работы операторского биллинга. Также, используя CDR, операторы прогнозируют пики нагрузки, строят модели поведения абонентов, рассчитывают прибыльность или убыточность различных нововведений в тарификации и маркетинговых акциях. В телефонных системах устройства, генерирующие CDR записи, и устройства, обрабатывающие CDR записи, могут отличаться.

Существует множество ПО для обработки CDR: от простых анализаторов до сложных биллинговых систем.

В различных системах и на различном оборудовании данные CDR содержат различные поля, чаще всего они конфигурируемые. В этом разделе рассмотрены

основные поля, необходимые для расчетов биллинга.

Большая часть телекоммуникационного оборудования по умолчанию сохраняет CDR записи в текстовых файлах *.csv (Comma-separated values); для большего удобства работы с большими объемами данных предпочтительней хранить CDR в виде БД, например, MySQL. В дальнейшем CDR записи используются как основной инструмент для анализа и последующей маршрутизации голосовых вызовов.

На основе данных CDR вычисляются параметры, необходимые для сравнения и анализа перед маршрутизацией звонка, такие как:

ASR (Answer Seizure Ratio) – статистический параметр, определяющий качество связи в заданном направлении через определенный узел телефонии (или IP-телефонии). ASR рассчитывается, как процентное отношение числа успешных вызовов к общему количеству попыток вызовов в заданном направлении: $ASR = (\text{состоявшиеся сеансы связи} / \text{попытки}) * 100$. Значение ASR может быть от 1 до 100%.

Для расчета ASR из записей CDR в БД, необходимо сделать выборку из БД, например, следующего вида:

```
Select disposition, count(*) from cdr
group by disposition
```

На выходе запроса получим данные следующего вида:

```
ANSWERED, 220
BUSY, 74
```

В данном случае ASR=74%.

Предпочтительней более высокое значение ASR.

ACD (*Average Call Duration*) – статистический параметр телефонии, показывающий среднюю продолжительность вызова в том или ином направлении. Зна

Алгоритм выбора маршрута
Шаг №1. Предварительная проверка направления звонка.

Для передачи факсов через



Рис. 1. Шаг №

чение *ACD* обычно вычисляется на основе данных из *CDR*. Нередко *ACD* используется операторами для оценки спроса на направления. *ASR* и *ACD* определены Международным союзом электросвязи в *SG2* рекомендации *ITU E.411* [6]: *ACD* – это показатель длительности, измеряется в секундах.

Для расчета *ACD* из записей *CDR* в БД необходимо сделать выборку из БД, например, следующего вида:

Select sum(billsecs), count() from cdr where disposition = "ANSWERED",*

где

select sum(billsecs) – общее количество тарифицируемых секунд,

count() from cdr where disposition = "ANSWERED"* – общее количество успешных вызовов.

Предпочтительней более высокое значение *ACD*.

Для различных направлений удовлетворительный показатель *ACD* будет различным, например, звонки на более дорогостоящие направления будут иметь более низкий *ACD*, чем звонки на более дешевые направления.

Как правило, указанные параметры предоставляются провайдерами *IP*-телефонии вместе с тарифными планами. Первоначально можно использовать параметры, предоставляемые провайдером, но в дальнейшем их лучше рассчитывать самостоятельно по каждому направлению, исходя из *CDR*.

VoIP необходима поддержка протокола *T.38* либо кодека *G711*. Если звонок инициирован для передачи факса, маршрутизировать его через линию, не соответствующую этим критериям, бессмысленно. Следовательно, первым шагом алгоритма является проверка возможности получить необходимую услугу на выбранном направлении. Если звонок инициирован абонентом, *CallerID* которого привязан к факсовому аппарату, следует внести булево значение истины в таблицу требований к звонку в соответствующую колонку.

- При необходимости шифрования голосового вызова, следует проверять поддержку и использование протоколов *SRTP/TLS* на линиях, доступных для маршрутизации. Если звонок инициирован абонентом, *CallerID* которого занесен в список абонентов, требующих шифрования, следует внести булево значение истины в таблицу требований к звонку в соответствующую колонку.

На следующем этапе (Шаг №2) следует проверить, принадлежит ли необходимое направление звонка к наиболее часто используемым из предварительно составленного списка *TOP N* направлений. Если данное направление входит в этот список, то при выборе провайдеров следует учитывать краткосрочные изменения параметров качества *ASR* и *ACD*, рассчитанных за короткий промежуток времени (12 часов). Назовем эти параметры *ASR** и

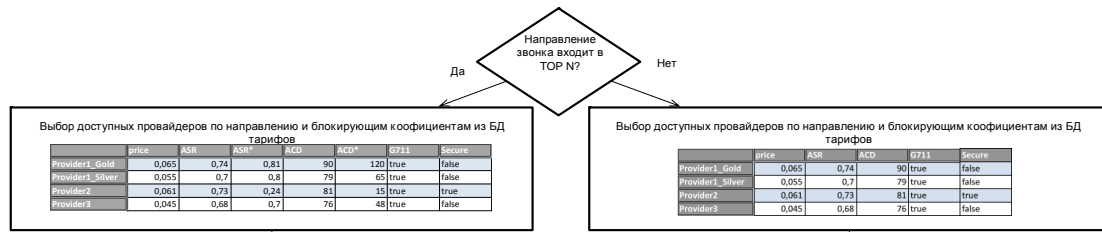


Рис. 2. Шаг №2

ACD^* . Принцип их расчета аналогичен оригинальным ASR и ACD , разница лишь в том, что для расчета берутся не все записи из CDR , а только за последние 12 часов.

Принцип расчета оригинальных ASR и ACD определен Международным союзом электросвязи в $SG2$ рекомендации $E.411$ [6].

Далее составляется таблица из провайдеров, подходящих по условиям из Шага №1, в таблицу вносятся значения стоимости, ASR , ACD , ASR^* , ACD^* . Для направления, не входящего в список $TOP N$ направлений, составляется аналогичная таблица без значений ASR^* , ACD^* .

На третьем этапе (Шаг №3) на основании таблицы из Шага №2 для каждого направления рассчитывается гибридный коэффициент Q по формуле $Q=a*price+b*ASR+c*ASR^*+d*ACD+e*ACD^*$, где a , b , c , d , e – весовые коэффициенты

Расчет коэффициента приоритета для доступных маршрутов.
 $Q=a*price+b*ASR+c*ASR^*+d*ACD+e*ACD^*$

	Q
Provider1_Gold	0,8
Provider1_Silver	0,7
Provider2	0,2
Provider3	0,5

Расчет коэффициента приоритета для доступных маршрутов.
 $Q=a*price+b*ASR+d*ACD$

	Q
Provider1_Gold	0,3
Provider1_Silver	0,3
Provider2	0,81
Provider3	0,7

Рис. 3. Шаг №3

параметров (для различных сетей они могут быть различны). Для одних сетей качество важнее стоимости, для других – наоборот. Для направления, не входящего в список $TOP N$ направлений, рассчитывается аналогичный гибридный коэффициент Q без учета значений ASR^* , ACD^* : $Q=a*price+b*ASR+d*ACD$. В результате расчета составляется таблица, содержащая столбцы: направление, коэффициент Q .

так и неудачного) записывать результат в БД CDR . Если звонок не удался, следует попробовать повторить процедуру для следующего провайдера из списка, составленного на этапе Шаг №4.

После каждого звонка следует проверить, входит ли данное направление в список $TOP N$, если да, то значения ASR^* и ACD^* следует пересчитать с учетом данных о последнем звонке и записать в

Выбор и сортировка по убыванию 3х провайдеров с максимальным коэффициентом приоритета

	Q
Provider1_Gold	0,8
Provider1_Silver	0,7
Provider3	0,5

Выбор и сортировка по убыванию 3х провайдеров с максимальным коэффициентом приоритета

	Q
Provider1_Gold	0,3
Provider1_Silver	0,3
Provider3	0,7

Рис. 4. Шаг №4

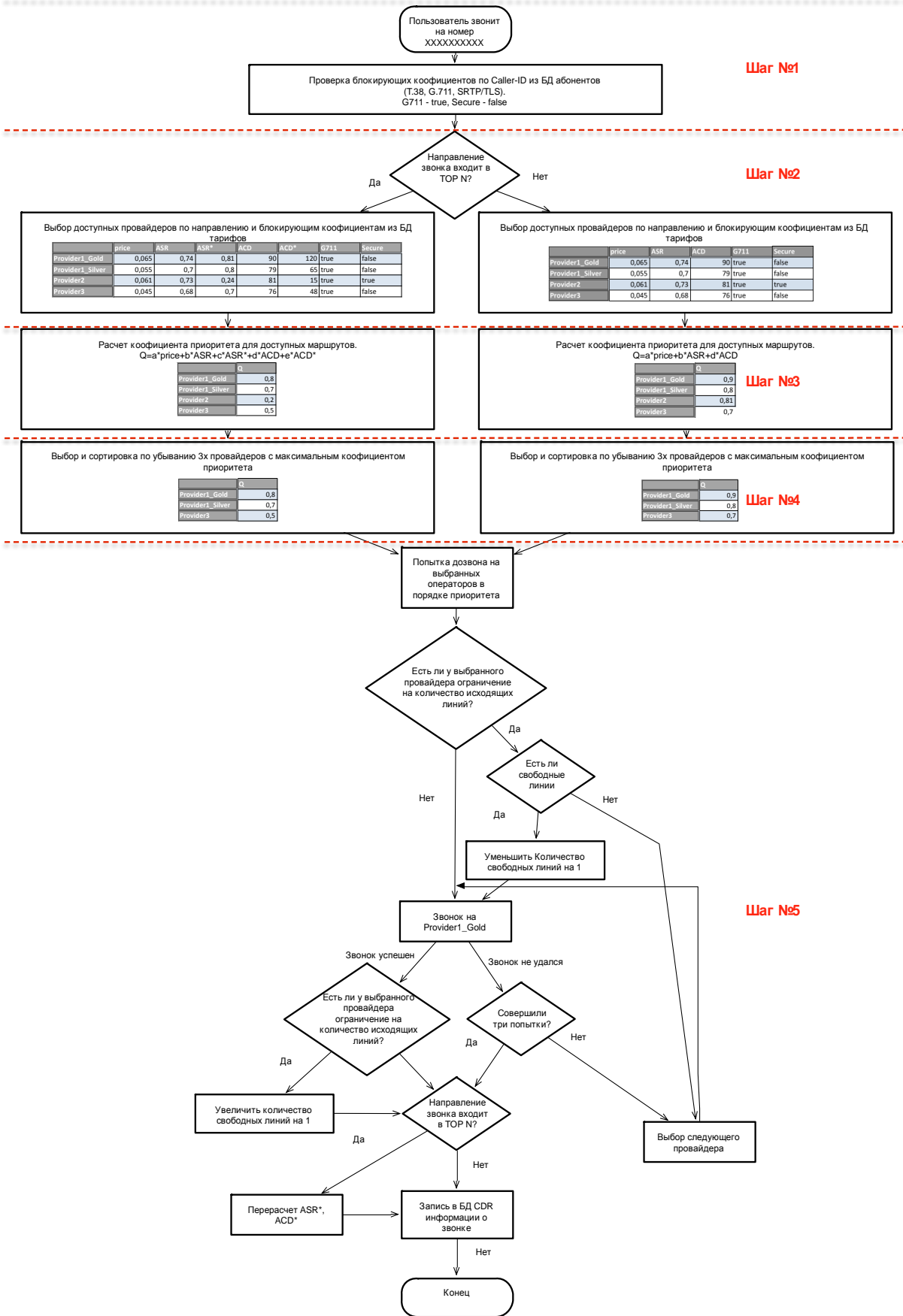


Рис. 5. Блок-схема алгоритма

БД. Эти значения характеризуют изменения параметров качества, их актуальное состояние, а перерасчет *ASR** и *ACD** позволит отслеживать изменение качества в режиме реального времени.

На рис. 5 представлена блок-схема алгоритма выбора маршрута вызова.

Выводы

Внедрение данного алгоритма в систему маршрутизации голосового трафика в *VoIP* сети позволит значительно уменьшить необходимость вмешательства администратора в процесс работы оборудования *VoIP* сети и автоматизировать выбор маршрута голосового вызова. Учитывая параметры, характеризующие стоимость, качество и его изменение (*ASR**, *ACD**), возможно не только предоставить абоненту наиболее качественную услугу по минимальной цене, но и оперативно реагировать на поломки и ухудшение качества услуг провайдеров *IP*-телефонии без вмешательства администратора.

Имитационное моделирование работы *VoIP* сети позволило определить, что внедрение данного алгоритма дает средний рост показателей качества на 11% при стоимости минуты разговора, сопоставимой со средней. Следует отметить, что показатели качества напрямую влияют на прибыль оператора связи. Рост показателя *ASR* подразумевает, что количество успешных вызовов стало больше, следовательно, упущенной прибыли – меньше. *ACD* показывает возросшую среднюю тарифицируемую продолжительность звонка, следовательно, значение в поле *billsec* в *CDR* увеличится и на количество необходимых пользователю звонков придется большее количество тарифицируемых секунд. При росте *ASR* на 3,6%, *ACD* на 20% и увеличении стоимости минуты на 0,53%, как в нашем случае, рост выручки оператора составит 18%.

Данное решение преобразует систе-

му *IP*-телефонии из статической в гибкую и динамическую систему, отвечающую современным требованиям.

Список литературы

1. Международный союз электросвязи. Сектор стандартизации электросвязи МСЭ. Рекомендация МСЭ-Т E.164. Международный план нумерации электросвязи общего пользования. Женева, 2011.
2. Adam Sharp. Principles of Least Cost Routing (LCR) for Calls – Adam's Home Automation (<http://automation.binarysage.net/?p=472>), 2009.
3. Соловьев А.В. Усовершенствование динамической маршрутизации голосового трафика // Зб. статей 7-ї міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених «Електроніка-2014». – К: НТУУ «КПІ», 2014. – С. 191-194.
4. Вишнеvский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – Москва: Техносфера, 2003. – 318 с.
5. Соловьев А.В., Майструк Д.В., Бондаренко В.Н. Динамическая маршрутизация голосового трафика в корпоративных IP сетях // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. пр. – К: НАУ, 2013. – Вип. 2(42). – С. 112-117.
6. Международный союз электросвязи. Сектор стандартизации электросвязи МСЭ. Рекомендация МСЭ-Т E.411. International Network Management – Operational Guidance. Женева, 2000.

Статтю подано до редакції 22.05.2015