

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МАРШРУТИЗАЦИИ ВЫЗОВОВ В VOIP СЕТЯХ

Национальный технический университет Украины «КПИ»

alexander@soloviev.org.ua
VicNBondarenko@gmail.com

Описана имитационная модель для проверки алгоритма выбора наилучшего маршрута голосового вызова и приведено сравнение результатов с традиционным подходом

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

Введение

Анализ недостатков существующих подходов к выбору маршрута прохождения голосового вызова в *VoIP* [1] привел к разработке алгоритма выбора наилучшего маршрута [2], основанного на математической модели выбора наилучшего провайдера [3].

Наиболее очевидным способом проверки предложенного алгоритма является его внедрение в уже работающую систему маршрутизации и биллинга оператора телефонной связи на базе *VoIP*. Но данный подход, помимо очевидной опасности остановить работу системы непроверенным алгоритмом в случае неудачи, скрывает в себе еще одну проблему. На результаты работы системы до и после внедрения алгоритма влияет множество факторов, основные из которых: спрос на данное направление в данный конкретный момент, а также непостоянные показатели качества у провайдеров более высокого уровня (предоставляющих услуги оператору, на базе которого можно провести эксперимент). В такой ситуации невозможно получить одинаковую выборку запрашиваемых абонентом соединений, одинаковые входные данные для работы нашего алгоритма. В случае различных входных данных полученные результаты не могут быть использованы для оценки качества работы алгоритма.

Другим способом проверки предложенных решений является их программ-

ное моделирование, которое позволит при одинаковых входных данных проверить работу системы с использованием алгоритма и без него. На основе результатов моделирования можно сделать выводы об эффективности и необходимости использования данного алгоритма в системах маршрутизации голосового трафика.

Целью статьи является описание имитационной модели, разработанной для проверки предложенного алгоритма выбора наилучшего маршрута, а также анализ ее работы и сравнение полученных результатов с традиционно используемым подходом к маршрутизации голосовых вызовов.

Исходные данные

В качестве исходных данных для исследования используются записи *CDR* (*Call Detail Record*) по работе с тремя крупнейшими провайдерами (операторами) голосовой связи Украины за один и тот же период времени, на одно и то же направление. Звонки распределяются по очереди, для чистоты эксперимента. Данные преобразованы в вид трех таблиц *p1*, *p2*, *p3*, которые соответствуют звонкам через Провайдера №1, №2 и №3 соответственно. В целях конфиденциальности и неразглашения персональных данных номера вызываемых абонентов, номера абонентов, инициировавших вызов, время начала вызова и прочие стандартные поля *CDR* записей скрыты, они нам и не понадобятся. Выборка состоит всего из трех

параметров: порядковый номер вызова, успешность вызова и его длительность. Пример исходных данных показан в табл.

1. Используя эти данные, можно рассчитать значения *ASR*, *ACD*, *ASR**, *ACD**, необходимые для моделирования.

Таблица 1. Исходные данные

№ п/п	Провайдер №1, p1		Провайдер №2, p2		Провайдер №3, p3	
	Длительность, сек	Успешный disposition	Длительность, сек	Успешный disposition	Длительность, сек	Успешный disposition
1	15	1	82	1	152	1
2	0	0	106	1	17	1
...						
x	140	1	36	1	10	1
y	0	0	10	1	48	1
z	44	1	148	1	14	1

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%. Предпочтительней более высокое значение *ASR*.

ACD (*Average Call Duration*) – статистический параметр телефонии, показывающий среднюю продолжительность вызова в том или ином направлении. Значение *ACD* обычно вычисляется на основе данных из *CDR*. Нередко *ACD* используется операторами для оценки спроса на направления. *ACD* – это показатель длительности, измеряемый в секундах.

ASR и *ACD* определены Международным союзом электросвязи в *SG2* реко-

мендации *E.411*: «*International Network Management – Operational Guidance*» [4].

Для большей гибкости системе необходимо учитывать и краткосрочные изменения параметров. Расчет *ASR* и *ACD* за определенный период времени и их использование в алгоритме выбора маршрута позволит системе быстро реагировать на перебои в работе провайдеров. Предложенные параметры, характеризующие краткосрочные изменения каче-

ства связи *ASR** и *ACD** описаны в работе [5].

Для работы алгоритма также необходима стоимость минуты разговора по выбранному направлению у имеющих трех провайдеров, она представлена в табл. 2. Рассчитаем необходимые нам параметры качества на основании исходных данных, они представлены в табл. 3.

Таблица 2. Исходные данные, стоимость

	Провайдер №1, p1	Провайдер №2, p2	Провайдер №3, p3
Стоимость минуты разговора, \$/минуту	0,05	0,052	0,065

Таблица 3. Исходные данные, параметры качества

	Провайдер №1, p1	Провайдер №2, p2	Провайдер №3, p3
ASR	0,7185	0,693706	0,763620
ACD	105,6439	148,5597	159,242

Для наглядности связей между различными описанными выше данными на Рис.1 представлена блок-схема имитационной модели.

Программное обеспечение для анализа алгоритма и моделирования маршрутизации голосовых вызовов

Для исследования предлагаемого алгоритма разработано программное обеспечение на языке *Matlab*. Выбор данного языка обусловлен необходимостью работы с большими матрицами.

Разработанное программное обеспечение (ПО) позволяет смоделировать работу системы маршрутизации и биллинга оператора телефонии как с использованием традиционного алгоритма *LCR (Least Cost Routing)* [6], так и с использованием предложенного алгоритма. При условии использования одинаковых исходных данных результатом работы программы будут доступные для сравнения, полученные после обработки тестовой выборки звонков значения *ASR*, *ACD* и средней стоимости минуты звонка.

Для понимания принципа работы ПО, опишем функции, отвечающие за расчет различных параметров и выбор маршрута. Блок-схема алгоритма работы имитационной модели представлена на Рис. 2.

Функции расчёта значений параметров

Расчет *ASR*, *ASR**

ASR рассчитывается, согласно рекомендации *ITU*, отношением количества успешных звонков (сумма единиц в

столбце *disposition*) к общему количеству звонков (количество записей).

```
function f = ASRsmallcalc(p)
f = (sum(p(:,2)))/(length(p));
end
```

Для нахождения текущих значений *ASR* следует учитывать в расчете не только состоявшиеся после начала анализа вызовы (новые вызовы (*p1*)), но и уже имеющиеся в *CDR* записи по данному оператору (старые вызовы (*p*)):

```
function f = ASRcalc(p,p1)
f =
(sum(p(:,2))+sum(p1(:,2)))/(length(p)
+length(p1));
end
```

*ASR** должен учитывать только последние вызовы за небольшой промежуток времени. *X* – количество исследуемых вызовов.

```
function f = ASRNcalc(p)
f = sum(p([length(p)]-
x:[length(p)],2))/x;
end
```

Расчет *ACD*, *ACD**

ACD рассчитывается, согласно рекомендации *ITU*, отношением суммы длительности звонков к их количеству (сумма единиц в столбце *disposition*).

```
function f = ACDsmallcalc(p)
f =
(sum(p(:,1)))/(sum(p(:,2)));
end
```

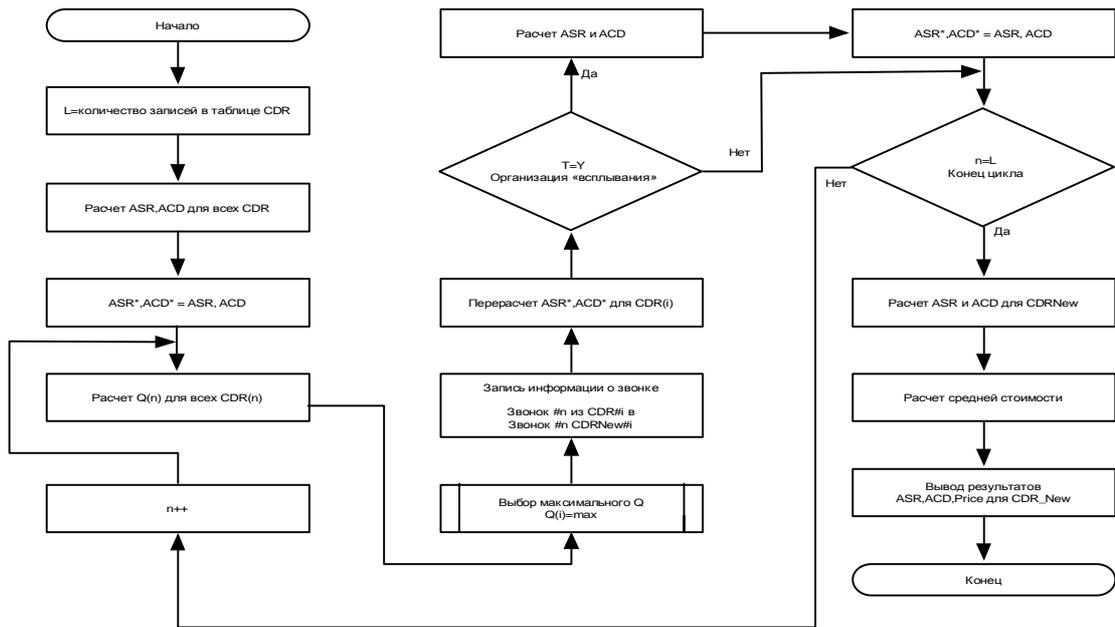


Рис. 2. Имитационная модель, алгоритм

Для расчета текущих значений *ACD* следует учитывать в расчете не только состоявшиеся после начала анализа вызовы (новые вызовы (*p1*)), но и уже имеющиеся в *CDR* записи по данному оператору (старые вызовы (*p*)).

```
function f = ACDcalc(p,p1)
f =
(sum(p(:,1))+sum(p1(:,1)))/(sum(p(:,
2))+sum(p1(:,2)));
end
```

*ACD** должен учитывать только по-

следние вызовы за небольшой промежуток времени. *X* – количество исследуемых вызовов.

```
Function f = ACDNcalc(p)
a=0;
sum1=0;
a1=length(p);
while (a<x) &&
(a<sum(p(length(p)-
1,5*x:length(p),2)))
```

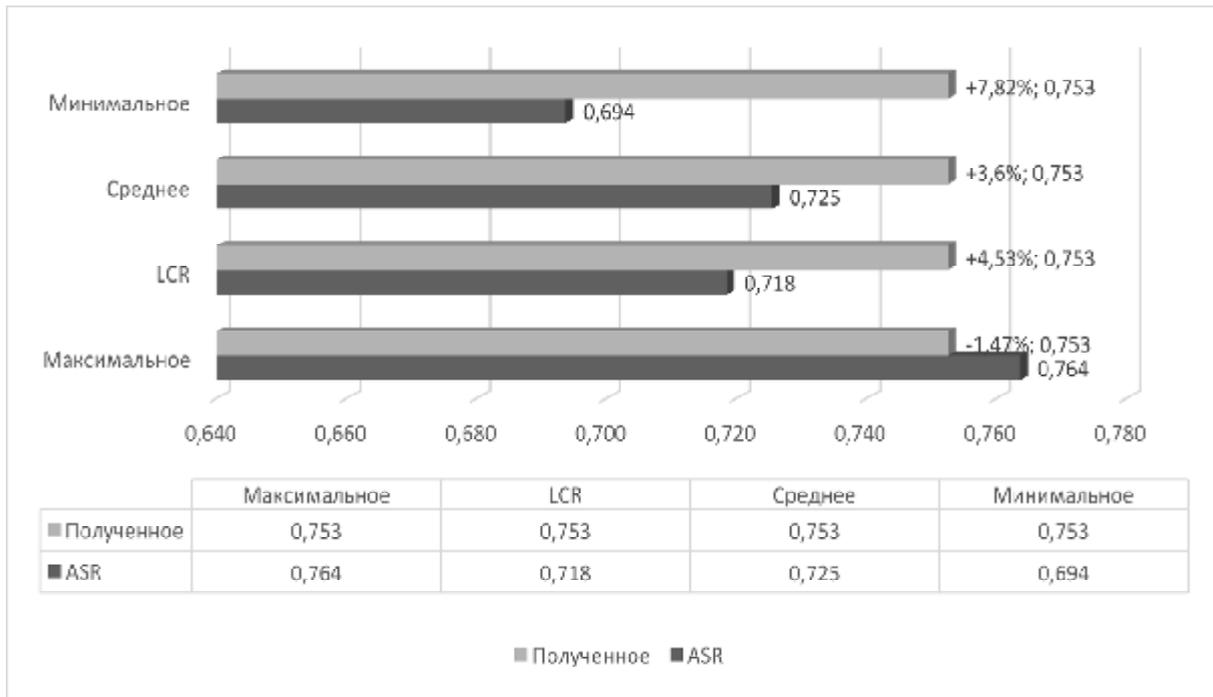


Рис. 3. Сравнение первоначальных и итоговых значений ASR

```

if p(a1,2)==1
    sum1=sum1+p(a1,1);
    a1=a1-1;
    a=a+1;
else
    a1=a1-1;
end
end
f=sum1/a;
end

```

Учитывать следует только успешные вызовы.

Расчет гибридного коэффициента Q

Довольно простая функция, исходными данными для которой служат показатели стоимости, ASR , ACD , ASR^* , ACD^* . Рассчитывается значение Q , используя описанные в работе [5] весовые коэффициенты. Рассчитанное Q используется для выбора наилучшего провайдера для прохождения вызова.

```

function f =
Qcalc(Price,ASR,ASRN,ACD,ACDN)
f = -
50.38432924*Price+6.369977219*ASR+8.
452990907*ASRN+0.009819983*ACD+0.059
696346*ACDN;

```

```
end
```

Цикл выбора провайдера

Цикл выбора провайдера, после сравнения значений Q , имитирует звонок записью соответствующих номеру цикла (i) значений из матрицы px в матрицу pxn , где x – номер «победившего» провайдера. Данный шаг позволит рассчитать полученные показатели качества. После выбора наилучшего значения, ASR и ACD этого звонка пересчитываются.

Согласно описанию алгоритма из работы [2], необходимо значения ASR^* и ACD^* приравнять к значениям ASR и ACD раз в Y циклов, что реализовано в последнем условии цикла.

После обработки исходных данных программа формирует выходной файл следующего вида:

```

ASR_Result = 0.752532
ASR_LCR = 0.718458
Stoimost_Result = 0.056445
Stoimost_LCR = 0.050000
ACD_Result = 171.850546
ACD_LCR = 105.643902

```

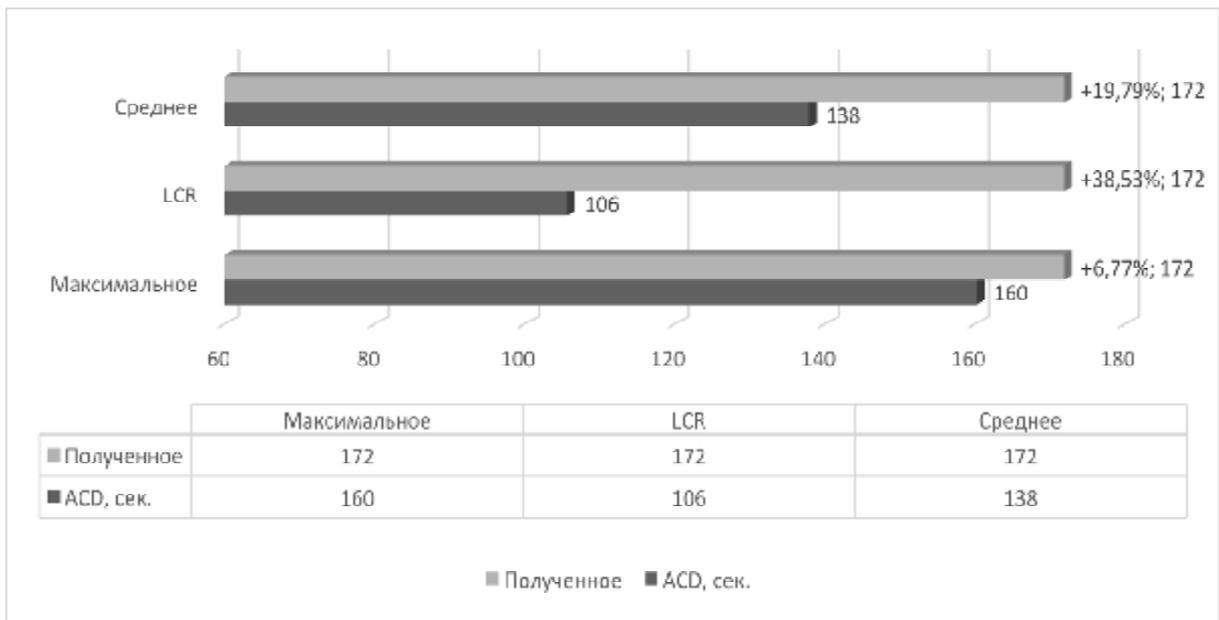


Рис. 4. Сравнение первоначальных и итоговых значений ACD

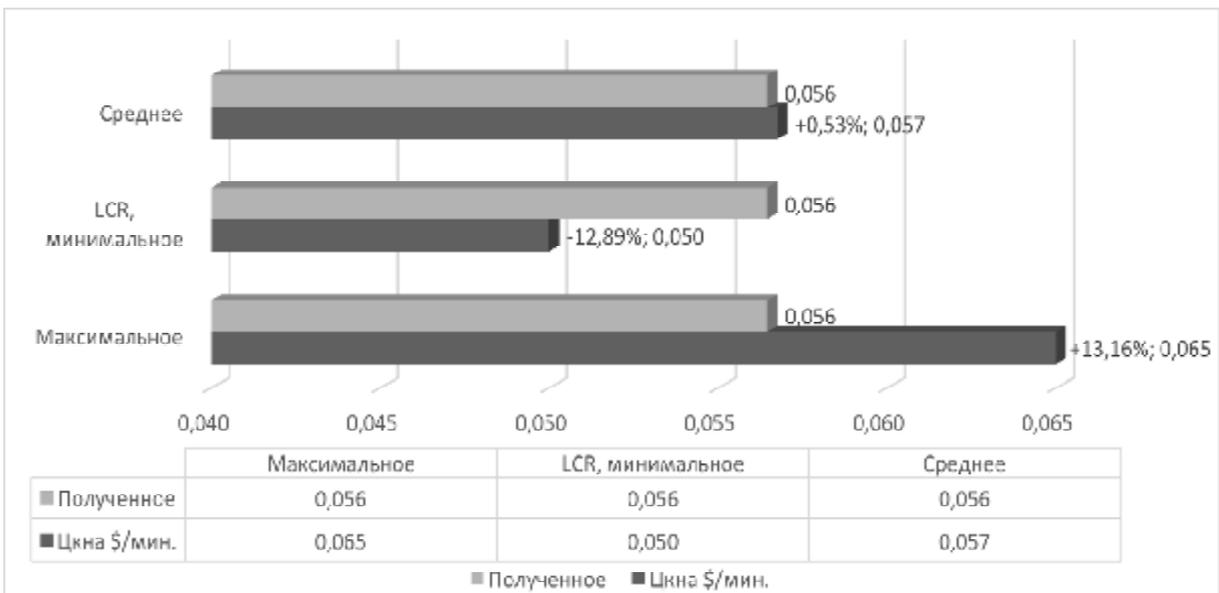


Рис. 5. Сравнение первоначальных и итоговых значений стоимости

Анализ полученных результатов

Таким образом, имеется три Провайдера, условно: дорогой, средний и дешевый. Теоретически, предложенный алгоритм должен выбрать лучшего из трех провайдеров, не сильно увеличив затраты. Далее приведены графики сравнительных результатов по каждому из параметров.

В результативном CDR, полученном после моделирования работы системы с

применением предложенного алгоритма, значение ASR выше, чем минимальное значение ASR на 7,82%, а смоделированное с использованием LCR на 4,53%.

Значение ASR результативное ниже значения ASR максимального (у самого дорогого провайдера) на 1,47%. Результаты работы имитационной модели показаны на Рис. 3,4,5.

Значение ACD при использовании предложенного алгоритма значительно превышает первоначальные значения, как полученные при использовании LCR, так

и максимальные. Именно на этом примере можно убедиться в корректности работы алгоритма, в частности использования *ASR** и *ACD**. Без учета краткосрочного изменения показателей качества, *ACD* не мог бы быть выше максимального значения *ACD* (у самого дорогого провайдера).

Стоимость минуты трафика в результативном *CDR* составляет \$0,056 за минуту разговора. Полученная стоимость является более высокой, чем при использовании *LCR*, но значительно ниже, чем у самого дорого провайдера (на 13,16%), при том, что показатели качества результативного *CDR* являются сопоставимыми с наиболее дорогим провайдером или выше.

Выводы

Описанные выше результаты работы имитационной модели свидетельствуют о работоспособности предложенного алгоритма выбора наилучшего маршрута вызова [2]. Его использование дает средний рост показателей качества на 11% при стоимости минуты разговора, сопоставимой со средней. Следует отметить, что рост показателей качества напрямую влияет на прибыль оператора связи. Рост показателя *ASR* подразумевает, что количество успешных вызовов стало больше, следовательно, упущенной прибыли меньше. *ACD* показывает среднюю тарифицируемую продолжительность звонка, следовательно, значение в поле *billsec* в *CDR* будет больше и на количество необходимых пользователю звонков будет приходиться большее количество тарифицируемых секунд. При росте *ACD* на 20%, росте *ASR* на 3,6% и росте стоимости на 0,53%, как в нашем случае, рост выручки оператора будет составлять 18%.

Список литературы

1. Соловьев А.В., Майструк Д.В., Бондаренко В.Н. Динамическая маршрутизация голосового трафика в корпоративных IP сетях // Проблемы информатизации та управління: Зб. наук. пр. – К: НАУ, 2013. – Вип. 2(42). – С. 112-117.

2. Соловьев А.В., Бондаренко В.Н. Алгоритм выбора наилучшего маршрута вызова в VoIP сетях // Проблемы информатизации та управління: Зб. наук. пр. – К: НАУ, 2015. – Вип. 2 (50) – С. 102-108.

3. Соловьев А.В. Моделирование маршрутизации голосовых вызовов в VoIP системе // Зб. статей VIII міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених «Електроніка-2015». – К: НТУУ «КПІ», 2015. – С. 262-265.

4. Международный союз электросвязи. Сектор стандартизации электросвязи МСЭ. Рекомендация МСЭ-ТЕ.411. International network management – Operational guidance. Женева, 2000.

5. Соловьев А.В., Бондаренко В.Н. Выбор наилучшего маршрута вызова в VoIP сетях // Электроника и связь. – К: НТУУ «КПІ», 2014. – Том 19, № 6(83). – С. 126-131.

6. Adam Sharp. Principles of Least Cost Routing (LCR) for Calls – Adam's Home Automation (<http://automation.binarysage.net/?p=472>), 2009.

Статья представлена в редакцию 1.06.2016