

Обслуживание транзитного трафика на сети оператора связи

Г.А.Андрианов*, С.Порязов**, И.И.Цитович*

* Институт проблем передачи информации, Российская академия наук, Москва, Россия

** Институт математики и информатики, Болгарская академия наук, София, Болгария

Поступила в редколлегию 19.03.2010

Аннотация—В работе рассмотрен процесс обслуживания трафика сетью транзитного оператора. Предложена концептуальная схема обслуживания запросов транзитным оператором, учитывающая как действия абонента, так и оборудования как самого транзитного оператора, так и других задействованных в соединении операторов. Показаны места генерирования и причины повторного прохождения вызовов (сообщений сигнализации) по каналам связи. Даны рекомендации по организации измерений и интерпретации результатов качества обслуживания запросов транзитным оператором.

1. ВВЕДЕНИЕ

Для описания процесса обслуживания трафика на сети связи существует множество различных моделей [1]. Для замкнутой сети с коммутацией виртуальных каналов предложена подробная разработка некоторых моделей в части того, как происходит эволюция зависимых состояний вызовов на сети при обслуживании исходной попытки [2]. Наша задача – дать подробное описание и разработать близкую к реальности модель того, как обслуживаются потоки вызовов в сети транзитного оператора.

В настоящее время усилия исследователей направлены в основном на модели трафика, обслуживаемого сетями с коммутацией пакетов. Считается, что теория сетей с коммутацией каналов полностью разработана, и все полезные закономерности найдены. Однако известно, что влияние настойчивости абонентов, человеческого фактора, может значительно искажать показатели качества обслуживания на сетях, и для учета этих искажений необходимо использовать соответствующую модель обслуживания вызовов на сети связи. Сети с коммутацией каналов устарели, будущее за сетями со взаимодействием элементов по интернет протоколу, IP (Internet Protocol) сетями. Тем не менее, при рассмотрении модели взаимодействия открытых систем (ВОС), поднявшись с сетевого уровня на сеансовый уровень, можно получить сеть с коммутацией каналов (виртуальных каналов), для которой справедливы закономерности, выполняющиеся для “традиционной” сети с коммутацией каналов. Таким образом, несмотря на то, что на сетевом уровне мы имеем IP, на более высоких уровнях ВОС мы можем получить типичную сеть с коммутацией виртуальных каналов, и нас по-прежнему интересуют закономерности того, что происходит в сети с коммутацией каналов.

Поведение абонента влияет на распределение вызовов в потоке информации. Также оно влияет и на распределение самих потоков по сети связи. В первом случае простейший поток вызовов от большого числа абонентов будет искажаться тем, что в нем пропадает условие независимости. Когда абонент А получает некоторую информацию о состоянии сети или состоянии абонента В, то на основе этой информации он может принять решение совершить еще одну попытку дозвониться до абонента В. В этом случае несколько требований на установление соединения от А к В, относящихся к одному требованию на передачу информации от

А к В, будут зависимыми на небольшом интервале времени и будут вносить изменения как в характер поступающего потока, так и в интегральные показатели качества обслуживания.

Если все повторные попытки абонента А оказались неуспешными, он может отказаться от дальнейших попыток установления соединения. В этом случае у абонента А есть возможность воспользоваться альтернативным терминалом, альтернативной сетью доступа и даже выбрать транзитную сеть. То есть, при современном состоянии телекоммуникационной сети у абонента сильно расширились возможности выбора. Кроме надежности установления соединения (доступности абонента В) на изменение такого выбора может оказывать влияние качество передачи речи, надежность доступа к услуге (доступность самой услуги) и т. д. Сильное влияние оказывает также и стоимость услуги. Возможность выбора приводит к перераспределению потоков вызовов на сети связи, что тоже необходимо учитывать, причем не только при проведении измерений в ходе эксплуатации сети, но и при планировании бизнеса в сфере оказания телекоммуникационных услуг.

2. ОБСЛУЖИВАНИЕ ВЫЗОВОВ НА СЕТИ С КОММУТАЦИЕЙ ОБОБЩЕННЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ КАНАЛОВ ПРИ ОКАЗАНИИ УСЛУГ СВЯЗИ

В соответствии с терминологией ИТУ-Т первичная сеть делится на слои [3]. Каждый слой отражает, для чего предназначено оборудование, установленное в его пределах. По аналогии с первичной сетью на подобные слои со временем начали подразделять и вторичные (а точнее, смешанные) сети мира IP сервисов [4]. Сделав шаг от первичной сети к сети с коммутацией пакетов, можно пойти далее: применить подобный подход и для сети с коммутацией обобщенных виртуальных каналов. Что подразумевается под обобщенным виртуальным каналом? С одной точки зрения, с точки зрения “виртуальности”, к такой сети можно отнести и MPLS (Multi-protocol Label Switching) — мультипротокольную коммутацию по меткам, и сеть IP сервисов, в которой существуют VPN (Virtual Private Network) соединения виртуальной частной сети, соединения VoIP с гарантированным качеством услуги. С другой стороны, частным случаем обобщенного виртуального канала является обычный канал сети TDM (Time Division Multiplexing) — ОЦК со скоростью 64 Кбит/с. Для удобства все схемы, касающиеся сети обобщенных виртуальных каналов, мы предполагаем рассматривать на примере наиболее распространенного случая такой сети — сети для предоставления услуг внутризонавой, междугородной и международной связи, иными словами, на примере традиционной телекоммуникационной сети.

С учетом сказанного выше в телекоммуникационной сети можно выделить несколько “слоев”. Первый слой – Пользователь – необходимо выделять как самостоятельный слой, так как важнейшее решение, каким терминалом воспользоваться для передачи информации, принимает именно пользователь. Если в силу каких-то причин при одной и той же стоимости услуг качество обслуживания в сети, к которой присоединен один из терминалов, не будет удовлетворять пользователя, он немедленно воспользуется другим терминалом, и это будет уже иная сеть доступа и, возможно, иная транзитная сеть. И наоборот, если при одном и том же качестве тариф в одной из сетей доступа будет значительно отличаться от тарифа в другой сети, выбор будет сделан в пользу более дешевой услуги.

Абоненты (пользователи), имеют возможность выхода на следующий слой – Терминалы пользователя. Раньше, когда у массового пользователя был только телефонный аппарат сети фиксированной связи, схему сети смело можно было начинать со слоя Терминал пользователя. В настоящее время у массового пользователя терминалов, которые нужно принимать во внимание при формировании как тарифной политики, так и политики управления качеством обслуживания, по меньшей мере, три: это телефонный аппарат сети фиксированной связи, телефонный аппарат сети мобильной связи и персональный компьютер. Возможны различ-

ные гибриды, например, смартфон – гибридный телефонный аппарат сети мобильной связи и персонального компьютера. Для определенности оставим три варианта: мобильный телефон, телефон и компьютер.

Поскольку рассмотрение сети связи производится нами на примере классической телекоммуникационной сети, это обуславливает дальнейшее выделение слоев. Следующий слой – Сеть доступа. Вариантов взаимодействия различных пользовательских терминалов с сетью доступа уже несколько больше, чем в случае выбора терминала пользователем. Классические сочетания совместного использования сети доступа: xDSL (Asynchronous or High-Speed Digital Subscriber Line) – асинхронная высокоскоростная цифровая абонентская линия – фиксированная телефония и компьютерная телефония; GPRS/EDGE/3G/LTE (General Packet Radio Service / Enhanced Data rate for GSM Evolution / 3-rd Generation / Long Term Evolution) – передача данных по сетям мобильной связи – мобильная телефония и компьютерная телефония. Возможны и обратные ситуации: возможность выхода на разные сети доступа с одного пользовательского терминала. Например, все большее число моделей мобильных телефонных аппаратов позволяют воспользоваться услугой компьютерной телефонии через Wi-Fi (Wireless Fidelity) – высокоскоростную мобильную сеть доступа. С персонального компьютера можно воспользоваться любой сетью доступа на выбор: xDSL, LAN, Wi-Fi.

За сетью доступа следует собственно местная сеть связи – Внутрислоновая сеть связи. Здесь необходимо понимать, что мы находимся целиком погруженными в наш пример – телекоммуникационную сеть TDM, так как если сеть доступа приводит нас в интернет, то вся остальная сеть представлена на сетевом уровне единым целым (IP сеть), различие будет наблюдаться лишь на более низких уровнях (в “первичной” сети). Итак, предполагаем, что сеть доступа привела нас в сеть внутрислоновой связи TDM. При рассмотрении этой сети в действие вступает нумерация, то, какой В-номер набирает абонент. В зависимости от набранного префикса абонент может воспользоваться той или иной транзитной сетью – Междугородной сетью связи. Выбор транзитной сети может находиться в ведении самого абонента, этим выбором при использовании сети доступа фиксированной связи можно управлять при помощи специальных префиксов – кодов доступа к транзитной сети. В этом случае лишь прохождение вызова по Междугородной сети связи находится полностью в ведении транзитного оператора.

Приведем примеры для иллюстрации того, что представляет собой выбор в современной телекоммуникационной сети. Находясь во Внутрислоновой сети фиксированной связи Российской Федерации, абонент имеет несколько возможностей. Набрав код выбора оператора (например, 853 для МГ – междугородной или 858 для МН – международной связи), абонент может воспользоваться услугой дальней связи от этого оператора. Набрав другой префикс, абонент попадает в сеть другого транзитного оператора. При этом остается большое число возможностей воспользоваться карточными платформами и осуществить вызов через IP сеть. Если абонент находится во Внутрислоновой сети мобильной связи, то выбор транзитного оператора за него осуществит оператор мобильной связи. Но возможность воспользоваться IP сетью через карточную платформу по-прежнему остается. Кроме того, абонент имеет выбор на уровне окончного оборудования и на уровне сетей, которые доступны за окончным оборудованием данного типа. Наличие такого богатства выбора имеет огромное значение при оценке настойчивости абонента, измеряемой на фрагменте транзитной сети (Междугородной сети связи): очевидно, измеренная настойчивость будет ниже, когда есть возможность воспользоваться альтерна-

тивной. Схема телекоммуникационной сети, на которой показан ряд возможностей абонента, представлена на рис. 1.

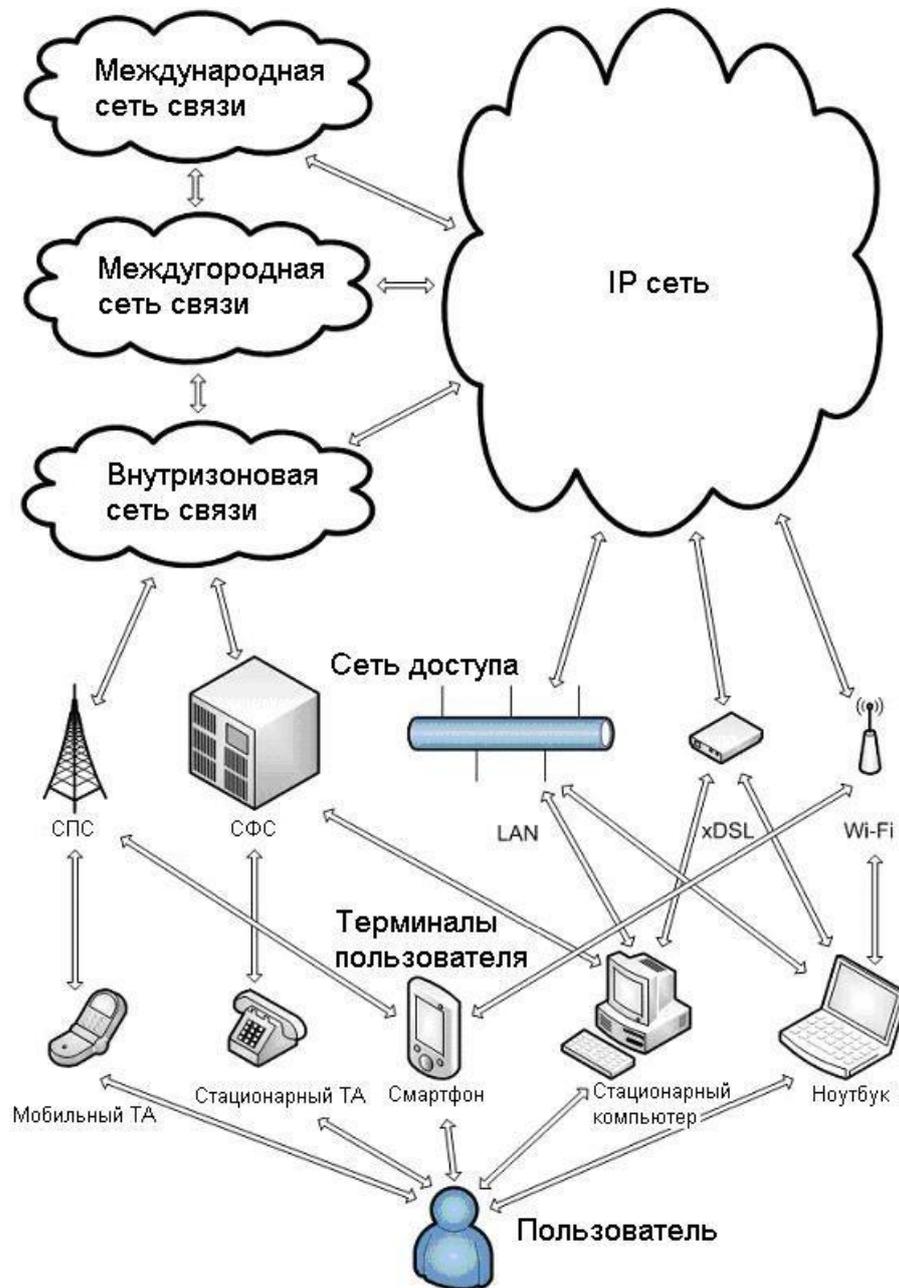


Рис. 1. Взаимодействие слоев сети

Множество возможностей выбора транзитного оператора при связи в пределах сети TDM отражено на рис. 2.

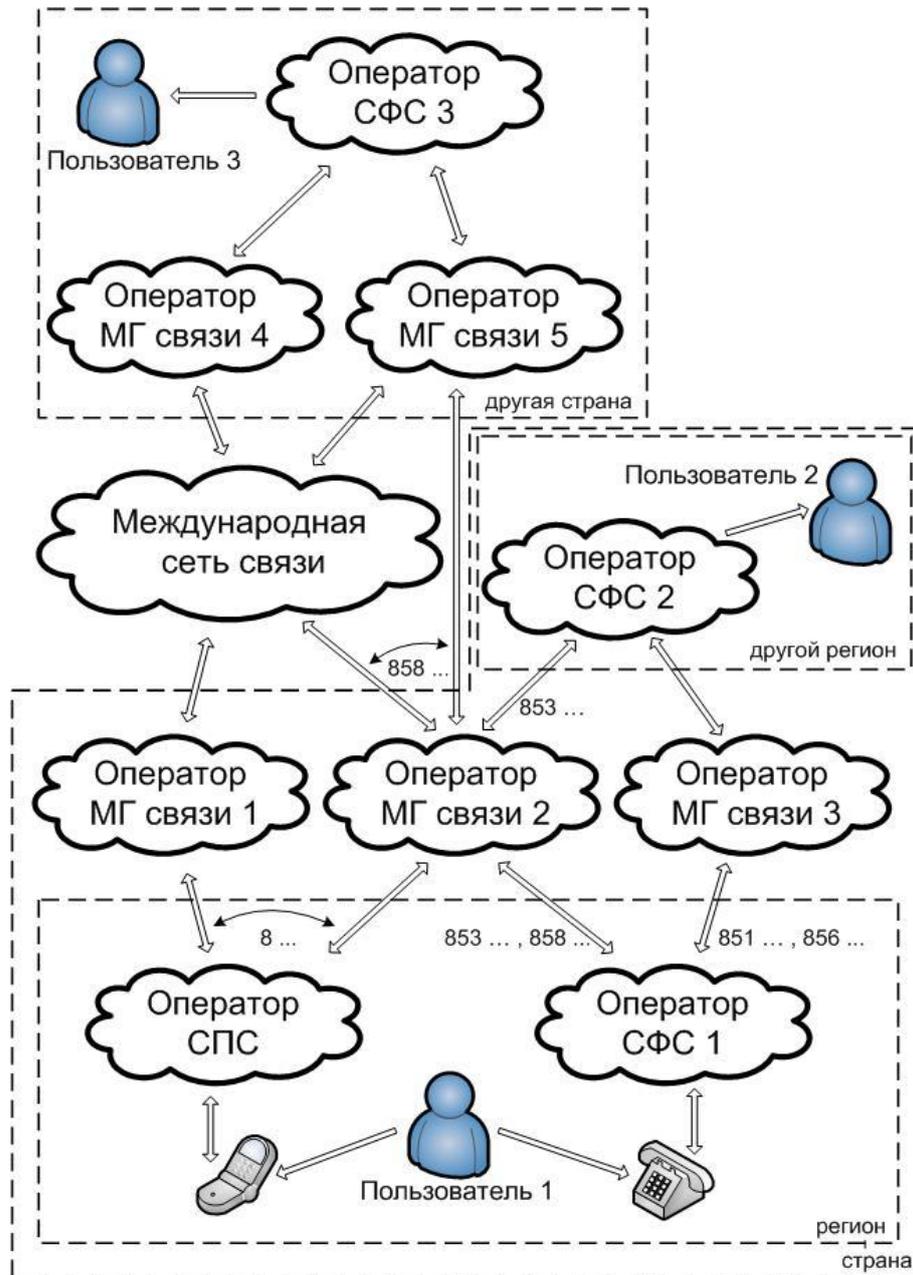


Рис. 2. Возможности пользователя при выборе TDM сети

Чтобы понять, как абонент (Пользователь 1) может действовать при таком выборе, необходимо рассмотреть структуру набранного номера – номера В – на сети связи Российской Федерации. Если пользователь принял решение установить соединение через TDM сеть, он может набрать номер с телефонного аппарата мобильной или фиксированной связи. В случае МГ/МН связи с мобильного телефонного аппарата выбор транзитного оператора будет производиться местным оператором мобильной связи по своему усмотрению. В случае МГ/МН

связи со стационарного телефонного аппарата у абонента есть возможность выбрать одного из существующих транзитных операторов при помощи набора соответствующего двузначного префикса – осуществить выбор “hot choice” (выбор оператора связи при каждом вызове). Всего в РФ сейчас более 30 компаний получили лицензии на предоставление услуг дальней связи; с 01.01.2013 вводятся четырехзначные коды выбора операторов, состоящие из существующего двузначного кода оператора и кода доступа 15 перед ним. По-видимому, с целью использования всего резерва (от 00 до 99) кодов XY, в законопроекте предполагается еще и добавлять префикс МГ/МН связи после кода выбора оператора. Существует также возможность выбора “pre-select” (предварительный выбор оператора связи), когда все вызовы, осуществляемые с набором стандартных префиксов 8 и 810 направляются на определенного оператора дальней связи. Но такая возможность технически может быть реализована не более чем для пяти операторов дальней связи. Для того чтобы воспользоваться остальными операторами, абоненту с 2013 года нужно будет набирать 5 лишних цифр.

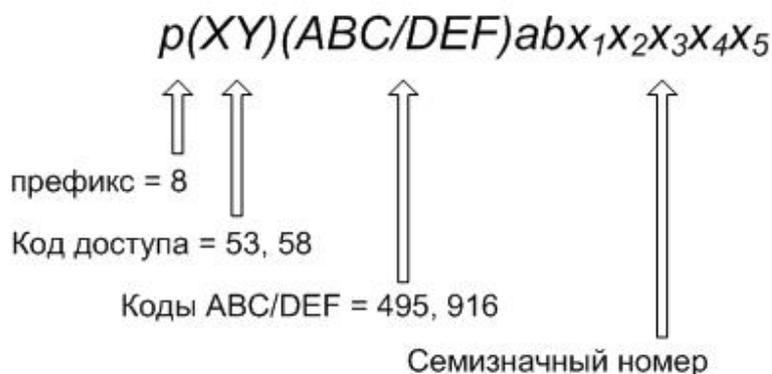


Рис. 3. Структура телефонного номера

Итак, номер начинается с префикса доступа к услуге дальней связи – 8, затем следует код доступа к оператору дальней связи. Далее, в случае МН связи, следует код страны (по E.164) [5], затем код региона/оператора в стране, и, наконец, номер. В случае МГ связи – сразу код ABC/DEF для региона/оператора в РФ и семизначный номер. В целом структура номера В представлена на схеме (рис. 3).

При МГ связи оператор дальней связи доставляет вызов до требуемого региона РФ и “приземляет” его на сеть оператора местной связи, к сети которого подключен телефонный аппарат абонента Пользователь 2. Если вызов необходимо направить на МН сеть, то транзитный оператор (например, Оператор МГ связи 2) может выбрать для маршрутизации или оператора непосредственно в стране, куда производится приземление трафика (Оператор МГ связи 5), или одного из транзитных МН операторов из Международной сети связи. Важно, что если вызов не удастся доставить через одного из операторов (он так и называется – оператор первого выбора), то может быть выбран следующий, и т.д. Этот факт необходимо учитывать при измерениях на сети транзитного оператора. В сеть транзитного оператора (Оператор МГ связи 5) в результате одного набора абонентом Пользователь 1 номера абонента Пользователь 3, может поступить несколько вызовов от различных операторов МН сети. В результате, если производить измерения на отрезке между Оператор МГ связи 5 и Оператор СФС 3, можно будет зафиксировать повторные вызовы, обусловленные тем, что в сети Оператора СФС 3 не хватает каналов, а Оператор МГ связи 2 пытается использовать все возможности выбора операторов МН сети для того, чтобы связать абонентов Пользователь 1 и Пользователь 3.

Таким образом, современная сеть связи характеризуются новыми свойствами. Поскольку абонент имеет широкий выбор в получении услуги дальней связи, оператору в сети связи необходимо обеспечивать мониторинг качества обслуживания и тарифную политику, позволяющие абонентам оставаться пользователями сети. Непрерывно измеряемые показатели качества обслуживания в современных условиях следует использовать для автоматизированных систем управления трафиком как один из критериев выбора терминирующего оператора. При измерении показателей необходимо учитывать повторные вызовы, инициированные как абонентом, так и оборудованием. Рассмотрим подробнее концептуальную схему обслуживания трафика транзитной сетью.

3. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА ОБСЛУЖИВАНИЯ. СВЯЗЬ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПЕРЕХОДОВ С ПРИЧИНАМИ РАЗЪЕДИНЕНИЯ

Концептуальную схему обслуживания трафика транзитной сетью удобно рассматривать в терминах концептуальной модели телекоммуникационной сети [2]. Сама концептуальная модель претерпела следующие основные изменения:

1. В отличие от [2] мы рассматриваем не замкнутую сеть “от терминала до терминала”, а обслуживание трафика, наблюдаемого в транзитной сети, сетями терминирующих операторов. В соответствии с этим фактом изменится вид входного потока: поток перестает быть простейшим.
2. Как уже упоминалось, повторять вызов может не только абонент, но и сетевое оборудование. Наличие в реальной сети данного факта отражено в изменении топологии схемы (добавляются новые замкнутые ветви), описывающей концептуальную модель.
3. Некоторые вероятности в первоначальной модели обращаются в нуль, что тоже меняет топологию: некоторые ветви (пути, по которым развиваются события при обслуживании вызова) на концептуальной схеме размыкаются.

Схема реализации модели имеет вид, отраженный на рис. 4.

Здесь приняты следующие условные обозначения.

$DemF_a$ – поток поступающих в систему вызовов;

$RepF_a$ – поток повторных вызовов;

d как второй индекс наименования состояния обозначает стадию набора номера, например ed – enter dialing – обозначает начальное состояние набора номера;

cd – carried dialing – состояние, когда набор номера был завершен полностью;

ad – abandoned dialing – состояние, когда набор номера был запрещен сетью (в схеме, приведенной на рис. 4, такое состояние отсутствует, так как мы рассматриваем поток вызовов, поступающий в сеть транзитного оператора; тем не менее, при рассмотрении потока вызовов от абонента эта составляющая присутствовала бы);

id – interrupted dialing – состояние, когда набор номера был прерван абонентом.

Префикс r обозначает состояния, при которых абонент совершает повторную попытку вызова. При этом те индексы, которые следуют далее в наименовании данных состояний, обозначают, по какой причине совершается повторный вызов. Например, rid – repeated interrupted

dialing – состояние, когда набор номера был прерван абонентом, и это привело к повторению попытки вызова.

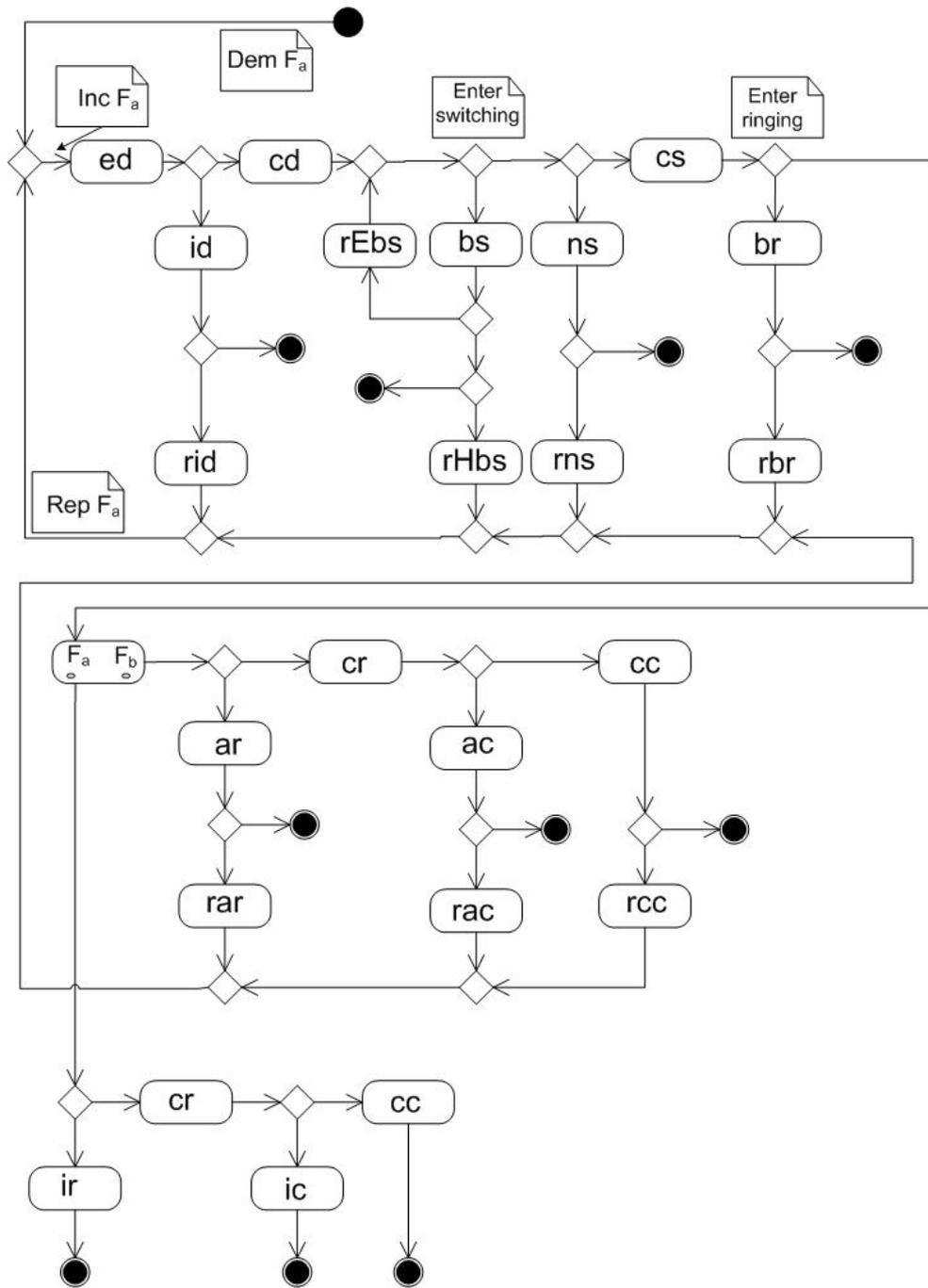


Рис. 4. Концептуальная схема обслуживания

Начало процесса обслуживания помечено на схеме черным кружком: ●

Различные варианты окончания процесса обслуживания помечены на схеме черными кружками, которые обведены окружностями: 

Через состояние *cd* обслуживание переходит в фазу коммутации (Enter switching).

Состояние *bs* – blocked switching – означает блокировку (нехватку канала) при осуществлении процесса коммутации;

ns – not available switching – означает состояние невозможности произвести маршрутизацию по причине того, что на коммутаторе не прописан номер.

Ветвь *rEbs* – repeated by Equipment blocked switching – состояние повторения отправки номера, производимого самими коммутаторами и вызванные нехваткой канала в сети (подробнее процесс рассмотрен в следующем разделе);

соответственно,

rHbs – repeated by Homo blocked switching – состояние повторения набора номера, производимого абонентом;

cs – carried switching – состояние свершившейся маршрутизации.

Далее в схеме происходит разделение ветвей развития событий в зависимости от того, абонентом А (ветвь F_a) или абонентом В (ветвь F_b) были произведены те или иные действия. Здесь второй индекс наименования состояния:

r – ringing – обозначает состояния, относящиеся к фазе отправки вызова (контроля отправки вызова для абонента А);

c – communication – обозначает состояния, относящиеся к фазе разговора (соединения) абонентов.

cr – carried ringing – состояние, когда фаза отправки вызова была завершена полностью;

ar – abandoned ringing – состояние, когда отправка вызова не происходит по вине абонента В;

ac – abandoned communication – состояние, когда разговор не происходит по вине абонента В;

ir – interrupted ringing – отправка вызова прервана абонентом А;

ic – interrupted communication – разговор прерван абонентом А.

Рассмотрим обслуживание трафика в транзитной сети. Поступающий в сеть транзитного оператора поток вызовов по определенному коду региона/оператора, вообще говоря, не является простейшим. Это обусловлено тем, что в потоке находятся вызовы, которые не являются независимыми. Примером таких вызовов могут служить повторные вызовы, совершаемые абонентом А (поток $RepF_a$ на схеме) или оборудованием (поток *rEbs* на схеме) в сети оператора. Процесс обслуживания вызова можно разделить на фазы: набор номера, установление соединения, отправка вызова, разговорная фаза. В каждой из фаз обслуживания происходит ветвление процессов: абонент может либо продолжить попытки вызова, относящиеся к данной попытке передачи информации, либо отказаться от попытки передать информацию через сеть. В соответствии с данным ветвлением, потери в сети terminating оператора можно условно разделить на две составляющие: это потери *p*, которые оказывают влияние на повторение вызовов, то есть побуждают абонента повторять вызов, и потери *p_c*, которые не влияют на повторение, то есть не побуждают к повторам [6, 7]. Отношение числа взаимозависимых повторных вызовов к общему числу взаимозависимых вызовов с данного А-номера на данный В-номер при $p = 1$ представляет собой настойчивость *H*, другой смысл которой состоит в том, что это вероятность повторения вызова абонентом при получении отказа.

Поставим в соответствие каждому переходу между состояниями (ветвлению) некоторую вероятность такого перехода. Условимся обозначать вероятности следующим образом: P (начальное_состояние – конечное_состояние). Например, вероятность того, что набор номера будет прерван абонентом – $P(ed - id)$. Рассмотрим некоторые вероятности в их связи с информацией, которую можно получить по данным CDR системы мониторинга. Процентное содержание причин разъединения, CV – Cause Values, из сообщения REL (Release, освобождение канала) обмена ОКС 7 на уровне ISUP позволяет оценить эти вероятности (далее по тексту будет приведено подробное описание причин разъединения).

Причина разъединения CV#1 в совокупности с CV#28 соответствует попаданию в состояния id или ns .

$$P(ed - id) + P(cd - ns)P(ed - cd) = CV\#1 + CV\#28$$

Причина разъединения CV#3, как и некоторые другие “плохие” причины из класса нормальных причин, соответствует попаданию в состояние $rHbs$ или Fbs (отказа на ветви bs) через состояние bs из cd . Ответвления в состояние $rEbs$ в данном случае не происходит, так как оборудование настроено на повторение попытки вызова только при получении “плохой” причины из класса причин, связанных с недоступностью ресурса. Пусть доля вызовов, по которым производятся повторные попытки оборудованием, составляет $P(E)$. Тогда

$$P(cd - bs)P(ed - cd) = CV\#3 + CV\#4 + CV\#5 + CV\#31 + CV\#57 + CV\#63 + CV\#102 + CV\#111 + CV\#127 + (1 - P(E))(CV\#34 + CV\#38 + CV\#41 + CV\#42 + CV\#44 + CV\#47);$$

$$P(bs - rEbs) = \frac{2}{3}P(E).$$

Состояние абонентского “Занято” соответствует ветви br – blocked ringing – посылка вызова не осуществляется. Сюда же могут быть отнесены некоторые другие “хорошие” причины (например, CV#19) из класса нормальных причин:

$$P(cs - br)P(cd - cs)P(ed - cd) = CV\#17 + CV\#18 + CV\#19 + CV\#20 + CV\#21.$$

Ветви состояния cc – carried communication – приводят к разговорной фазе вызова. Все попадания в данную область схемы на сети легко можно отследить по наличию сигнала ответа, ANM – Answer Message; вызовы, попадающие в данную область концептуальной схемы увеличивают ASR. Таким образом, в терминах концептуальной схемы очень просто определяются основные показатели качества обслуживания, а также исследованная в [8] связь между ними:

$$P(cr - cc)P(cs - cr)P(cd - cs)P(ed - cd) = ASR;$$

$$P(cd - cs)P(ed - cd) = NER;$$

$$\frac{ASR}{NER} = P(cr - cc)P(cs - cr).$$

Существует, вообще говоря, зависимость значения $\frac{ASR}{NER}$ от значения самого ASR. В работе [8] исследована такая зависимость для сети оператора фиксированной связи. Значение отношения $\frac{ASR}{NER}$ в мониторинге показателей качества играет важную роль. Поскольку приходится оттапливаться от измерений показателя NER, которые гораздо менее надежны, чем измерения показателя ASR, необходимо держать под постоянным контролем отношение этих показателей. При этом нельзя упускать из виду, какой диапазон нумерации подвергается анализу. Если мы имеем дело с MSRN – Mobile Subscriber Roaming Numbering, то отношение $\frac{ASR}{NER}$ может быть значительно меньше 0.5 (может составлять, например, 0.3) в силу поведения абонента: уехавшие на отдых люди отбивают вызовы или не “берут трубку”, чтобы не платить без надобности за относительно дорогой роуминг.

Причины разъединения подразделяются на 7 классов.

3.1. Нормальные причины — *Normal events*

Первый класс причин содержит нормальные причины разъединения. Термин “нормальные” означает, что получение в сообщении REL причин с номерами из этих классов свидетельствует о нормальной работе сети. В действительности ряд этих причин может иметь место и при плохой работе сети. Такие причины далее мы условимся называть “плохими”. В класс нормальных причин попадают все причины с номерами от 1 до 31. Из этих причин особо выделить можно следующие:

- CV#1 — Unallocated (unassigned) number — номер не существует. Эта причина выдается окончательным участком сети в случае, если не существует набранная нумерация. Но может она выдаваться и транзитным участком — в случае, если не прописана маршрутизация для набранной нумерации.
- CV#3 — No route to destination — нет пути к пункту назначения. Причина “плохая”. Выдается, когда у транзитного или окончательного оператора на сети проблемы.
- CV#4 — Send special information tone — послано специальное информационное сообщение. Причина “плохая”.
- CV#5 — Misdialed trunk prefix — неверно набран префикс транка. Данная причина на сети МТТ употребляется в служебных целях, для осуществления некоторых услуг ИСС — интеллектуальной сети связи.
- CV#16 — Normal clearing — нормальное освобождение. Это одна из самых распространенных причин разъединения. Как правило, в большинстве случаев, причина “хорошая”. Она включена в NER по E.425. Но в ряде случаев эта причина проставляется оборудованием вызовов, которые получили отказ в обслуживании. Например, когда отказ получен из-за перегрузки центрального процессора оборудования коммутации. В этих случаях образуется “перекос” между значениями ASR и NER: отношение $\frac{ASR}{NER}$ в этих случаях значительно отклоняется от значения 0.5 в меньшую сторону.
- CV#17 — User busy — абонент занят. Причина “хорошая”. Включается в NER. Но иногда на сети может быть ложная подстановка данной причины.
- CV#18 — No user responding — нет ответа от абонента. “Хорошая” причина, встречающаяся при связи на нумерацию мобильного диапазона. Включается в NER.
- CV#19 — No answer from user (user alerted) — нет ответа от абонента (абонент предупрежден). “Хорошая” причина, встречающаяся при связи на нумерацию мобильного диапазона. Включается в NER.
- CV#20 — Subscriber absent — абонент отсутствует. “Хорошая” причина, встречающаяся при связи на нумерацию мобильного диапазона. Данная причина не включена в NER по E.425. На наш взгляд, совершенно напрасно.
- CV#21 — Call rejected — вызов отклонен. Вообще говоря, “хорошая” причина, встречающаяся при, например, несоответствии установок окончательного оборудования и аналогичных установок, запрошенных в вызове. Включается в NER. Но зачастую эту причину подставляют операторы в случае, когда на сети происходят некоторые проблемы. Большой процент данной причины тоже может повлиять на отклонения в отношении $\frac{ASR}{NER}$ в меньшую сторону от 0.5.
- CV#27 — Destination out of order — пункт назначения не в порядке. “Хорошая” причина. Данная причина включена в NER по E.425.
- CV#28 — Invalid number format (address incomplete) — неверный формат номера (неполный адрес). Причина “плохая”. Эта причина выдается окончательным участком сети в случае, если не существует набранная нумерация. Но может она выдаваться и транзитным участком — в случае, если не прописана маршрутизация для набранной нумерации.

- CV#31 — Normal, unspecified — нормальная, не специфицирована. Причина может быть как “хорошей”, так и “плохой”. Данная причина не включена в NER по E.425, но вызовы, завершившиеся с этой причиной, могут быть ответченными. В этом случае вызовы включаются в NER как ответченные.

3.2. Причины, связанные с недоступностью ресурса — *Resource unavailable*

Второй класс причин содержит причины разъединения, связанные с недоступностью ресурса. Причины из этого класса свидетельствуют о перегрузке на сети. В класс недоступности ресурса попадают все причины с номерами от 32 до 47. Из этих причин особо выделить можно следующие:

- CV#34 — No circuit/channel available — нет свободного канала. Типичная причина при нехватке канала в транковой группе на пути следования вызова.
- CV#38 — Network out of order — сеть не в порядке. Причина, которая может возникать при отсутствии канала в транковой группе на пути следования вызова.
- CV#41 — Temporary failure — временная неисправность. Причина, которая может возникать при отсутствии канала в транковой группе на пути следования вызова.
- CV#42 — Switching equipment congestion — перегрузка на коммутационном оборудовании. Причина, которая может возникать при отсутствии канала в транковой группе на пути следования вызова.
- CV#44 — Temporary failure — временная неисправность. Причина, которая может возникать при отсутствии канала в транковой группе на пути следования вызова.
- CV#47 — Resource unavailable, unspecified — ресурс недоступен, не специфицирована.

3.3. Причины, связанные с недоступностью опции или услуги — *Service or option not available*

Третий класс причин содержит причины разъединения, связанные с недоступностью услуги. В класс недоступности ресурса попадают все причины с номерами от 48 до 63. Наиболее часто встречающимися причинами из этого класса являются:

- CV#57 — Bearer capability not authorized — не разрешена среда передачи.
- CV#63 — Service or option not available, unspecified — услуга недоступна, не специфицирована.

Причины этого класса однозначно не включаются в NER.

3.4. Услуга или опция не представлены — *Service or option not implemented*

Четвертый класс причин содержит причины разъединения, связанные с тем, что услуга или опция не представлены. В этот класс попадают все причины с номерами от 64 до 79.

3.5. Неверное сообщение — *Invalid message*

Пятый класс причин содержит причины разъединения, связанные с тем, что в сигнализации передано неверное сообщение. В этот класс попадают все причины с номерами от 80 до 95.

3.6. Ошибка протокола — *Protocol error*

Шестой класс причин содержит причины разъединения, связанные с ошибкой протокола сигнализации. В этот класс попадают все причины с номерами от 96 до 111. Самыми распространенными причинами этого класса являются:

- CV#102 — Recovery on timer expiry — превышено время таймера. Данная причина встречается в сети относительно часто и означает, что где-то произошла ошибка в маршрутизации (закольцовка). Причина бывает сопряжена с петлей маршрутизации (многократным повторением сообщений одного и того же вызова на одном и том же сигнальном отношении).
- CV#111 — Protocol error, unspecified — ошибка протокола, не специфицирована.

3.7. Межсетевое взаимодействие — Interworking

И, наконец, седьмой класс причин, связанный с межсетевым взаимодействием и включающий причины с номерами от 112 до 127, чаще всего бывает представлен

- CV#127 — Interworking, unspecified — межсетевое взаимодействие, не специфицирована.

Кроме циклов, связанных с повторением вызовов абонентом, на схеме существует еще одна циклическая ветвь: содержащая состояние *rEbs*. Эта ветвь отражает возможности оборудования повторять попытки вызова, относящиеся к одной попытке передачи информации. Подробнее данный процесс на сети будет рассмотрен в следующем разделе работы.

4. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НА СЕТИ СВЯЗИ

Возможность выбора МН оператора, упомянутая ранее, не является единственной причиной, приводящей к повторным вызовам, обусловленным оборудованием. Рассмотрим сеть транзитного оператора (рис. 5). Часть коммутаторов в такой сети связаны “каждый с каждым”. В результате прохождение вызова по сети транзитного оператора происходит по двум, а иногда даже по трем последовательным транковыми группам транзитной сети. На каждом коммутаторе существует возможность автоматического выбора пути прохождения вызова. Число таких путей — не более трех. В этом случае при измерениях в сети транзитного оператора можно зафиксировать несколько десятков CDR (Call Detail Record) — записей о вызовах — для неуспешных повторных вызовов, обусловленных попыткой оборудования, завершившихся одной успешной попыткой. В результате вызов успешный, и даже с разговорной фазой. Время PDD (Post-Dialing Delay) — установления соединения — для такого вызова на несколько секунд больше, это время затрачено на несколько десятков безуспешных повторов с оборудования. А вот показатель ASR при измерениях на приземляющем операторе выборка CDR по такому вызову не увеличит, а наоборот уменьшит.

Рассмотрим некоторые сценарии прохождения вызова от коммутатора 1 до коммутатора 9 (см. рис. 5). Участок пути $n.m$ означает, что на коммутаторе n данный участок является путем m -го выбора при связи с коммутатором 9. Если в силу занятости каналов ближайшей или удаленной от коммутатора транковой группы по пути $(m - 1)$ -го выбора приходит сообщение REL с содержащимся в нем значением причины #34, то коммутатор пытается осуществить вызов по пути m -го выбора. Проанализируем, что будет происходить в случае, если все CV #34 приходят от коммутатора 8 из-за занятости всех каналов между коммутаторами 8 и 9. Вызовы будут отправлены по маршрутам в следующей последовательности:

- 1.1 – 3.1 – 5.1,
- 1.1 – 3.1 – 5.2 – 6.1,
- 1.1 – 3.2 – 7.1,
- 1.1 – 3.2 – 7.2 – 6.1,
- 1.1 – 3.3 – 6.1,
- 1.2 – 2.1 – 5.1,
- 1.2 – 2.1 – 5.2 – 6.1,

- 1.2 – 2.2 – 6.1,
 1.2 – 2.3 – 3.1 – 5.1,
 1.2 – 2.3 – 3.1 – 5.2 – 6.1,
 1.2 – 2.3 – 3.2 – 7.1,
 1.2 – 2.3 – 3.2 – 7.2 – 6.1,
 1.2 – 2.3 – 3.3 – 6.1,
 1.3 – 4.1 – и т.д., аналогично варианту с 1.2.

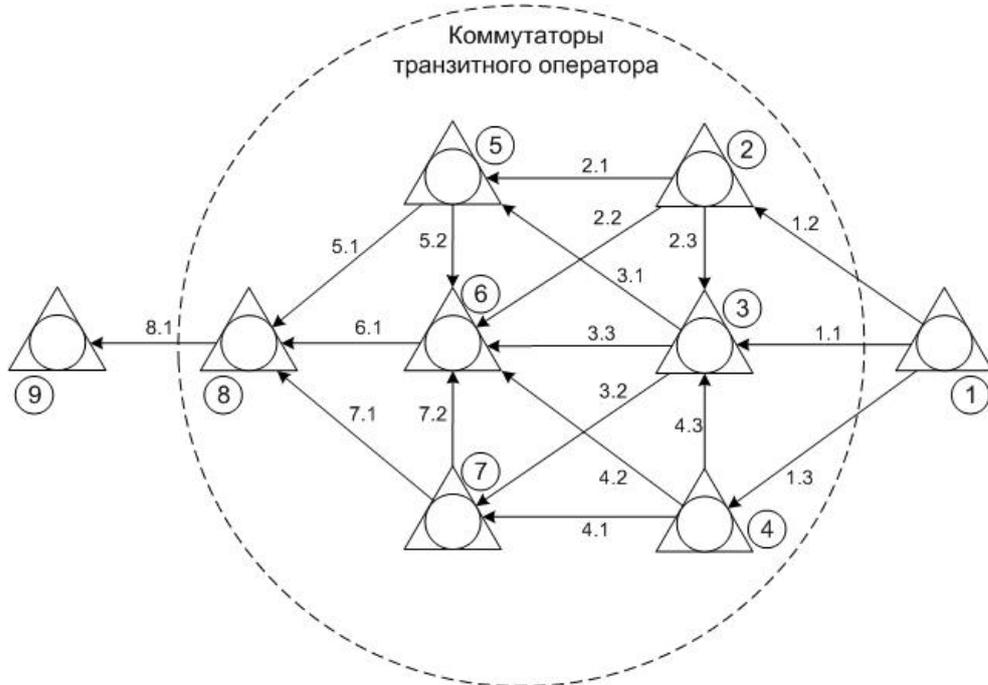


Рис. 5. Схема путей выбора в сети транзитного оператора

Всего в данном примере существует 21 вариант пути прохождения вызова, причем в 13 случаях вызов проходит по участку пути 6.1. Если мы будем осуществлять измерения на этом участке, то вместо одного CDR, созданного по одному неуспешному вызову, получим 13 неуспешных CDR. Данное обстоятельство необходимо учитывать при выборе точки для снятия трафика в сети транзитного оператора и исследования этого трафика на предмет наличия повторных вызовов, инициированных абонентами: точка измерения должна исключать наличие повторных вызовов, инициированных оборудованием. В рассмотренном примере возрастание времени установления соединения (PDD) составит (при 0.2 сек на прохождение сообщений через дополнительное ребро графа сети) около 18 секунд.

Точки измерения для потоков вызовов располагаются на звеньях ОКС 7 транзитного оператора. Измерения на выходе из сети, на участке 6.1, позволяют получить значения настойчивости и потерь p_c , эту схему измерений можно использовать в случае отсутствия повторных вызовов, инициированных оборудованием. В случае, когда на сети наблюдаются повторные вызовы, инициированные оборудованием, измерение нужно производить на входе в сеть, на участках 1. m .

Система мониторинга ОКС 7 позволяет получать данные обо всех сообщениях протокола ОКС 7 на звене, где производится измерение. По сообщениям система в состоянии построить

CDR, то есть, собрать всю важную информацию о вызове в виде одной записи в базе данных. По отдельным CDR могут быть построены агрегаты, содержащие информацию о числе произведенных за некоторый промежуток времени вызовов и о показателях QoS (Quality of Service) – качества обслуживания.

Для того, чтобы поддерживать на сети связи такие бизнес-процессы, как оптимизации маршрутизации трафика, поиск причин отказов при осуществлении транзитного вызова, обеспечение оговоренного уровня качества обслуживания для клиентов, управление трафиком (правильное распределение объемов трафика по сети), необходимо измерять показатели качества обслуживания (ASR, NER, ALOC, PDD) на постоянной основе. Для измерений сеть связи обеспечивается либо комплексом распределенной системы мониторинга ОКС 7 (с возможностью формирования CDR), либо поступлением в базу данных для предбиллинга всех CDR (а не только по отвеченным вызовам), по которым далее строятся показатели. Важно, что встроенные средства статистики коммутаторов, как правило, не решают поставленной задачи, так как способны работать с выборками на основе транковых групп, а не совокупности кодов регионов и транковых групп.

Рассмотрим для примера организацию измерений показателей качества в компании ОАО «МГТТ». Основой для отчетов (а их 12 типов) являются CDR системы мониторинга ОКС 7. Типы отчетов образуются на пересечении свойств трафика: входящий — исходящий, на/от международных операторов — на/от национальных операторов, международный трафик — национальный трафик, а также от порядка агрегации: по операторам — по кодам. Существуют следующие варианты отчетов:

1. От МН операторов по МН коду;
2. От МН операторов по МГ коду;
3. От МГ операторов по МН коду;
4. От МГ операторов по МГ коду;
5. На МН коды по входящему МН оператору;
6. На МН коды по входящему МГ оператору;
7. На МН коды по исходящему МН оператору;
8. На МН операторов по исходящему МН коду;
9. На МГ операторов по исходящему МГ коду;
10. На МГ коды по входящему МН оператору;
11. На МГ коды по входящему МГ оператору;
12. На МГ коды по исходящему МГ оператору.

На рис. 6 – 8 схематично представлено, какому способу агрегации и для какого типа трафика соответствует тип отчетов QoS. Отчет каждого типа автоматически формируется раз в сутки и содержит данные за предыдущие сутки. Отчеты, охватывающие на рисунке одну

и ту же пунктирную линию, содержат одни и те же данные на нижней ступени drill-down, и различаются только способом первоначальной агрегации данных.

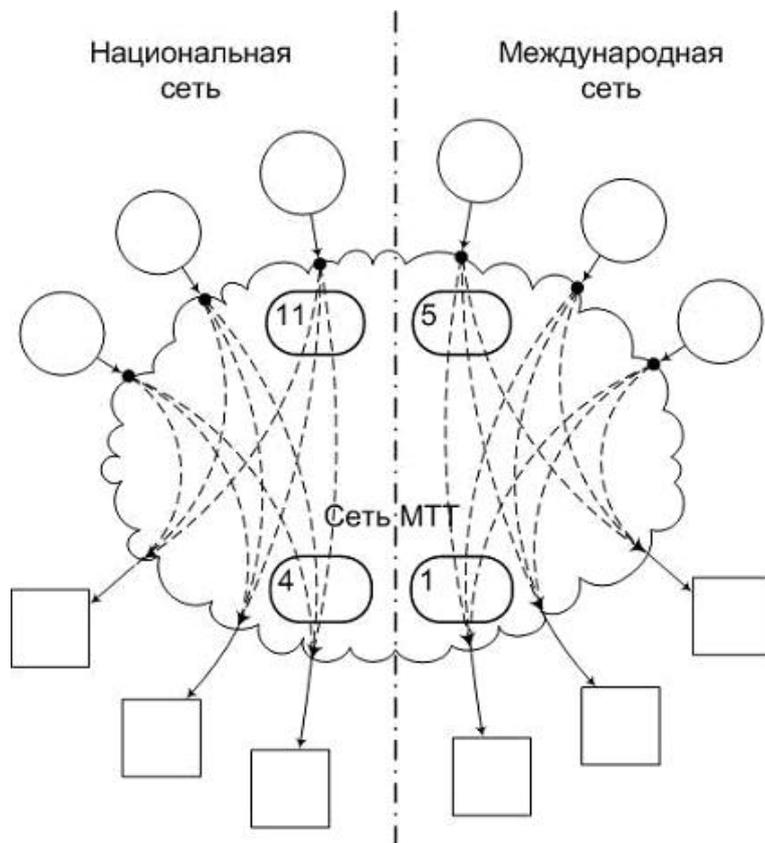


Рис. 6. Схема соединений для трафика отчетов QoS типов 1, 4, 5, 11

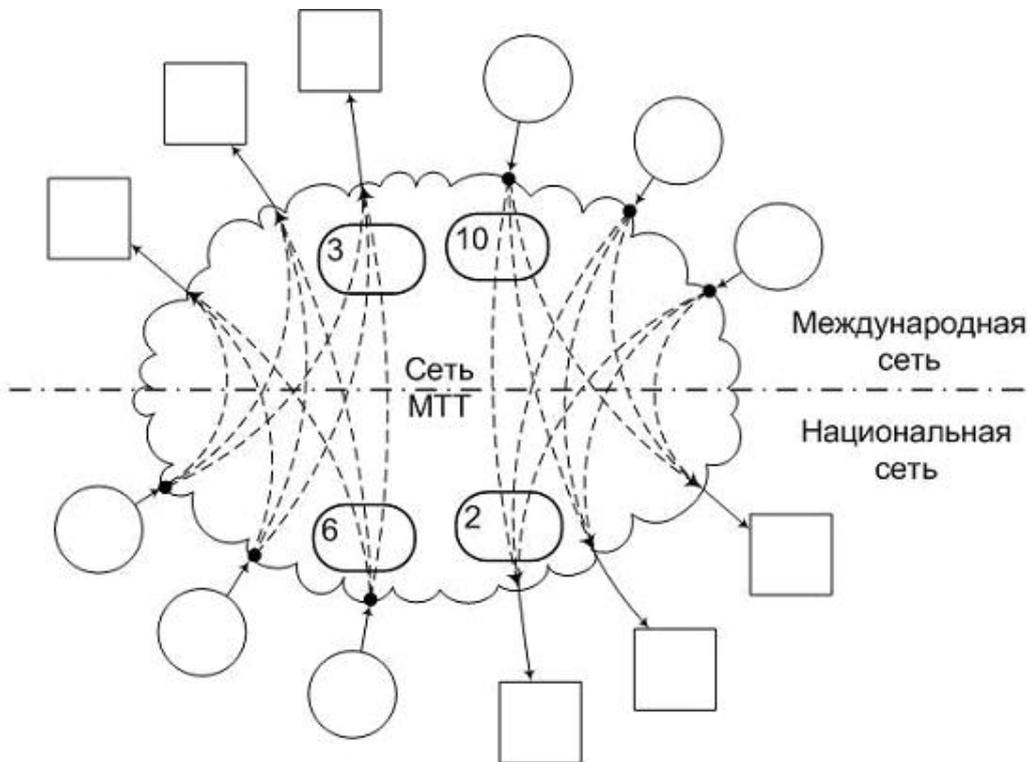


Рис. 7. Схема соединений для трафика отчетов QoS типов 2, 3, 6, 10

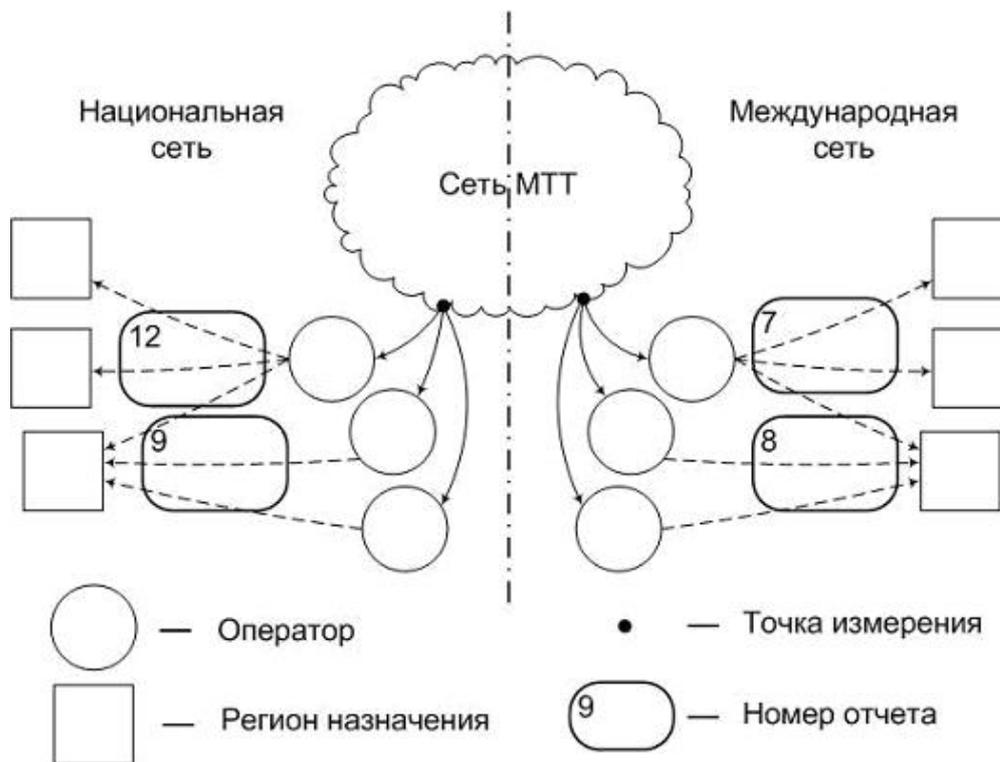


Рис. 8. Схема соединений для трафика отчетов QoS типов 7, 8, 9, 12

На данных рисунках представлены точки измерения. Как можно заметить, точки измерения при формировании отчетов на рис. 6 и 7 находятся при входе на сеть оператора, а для отчетов рис. 8 – на выходе из сети. Отчеты, сформированные по трафику, отображенному на рис. 8, имеют преимущество перед остальными отчетами в том, что трафик, по которому они формируются, может быть инициирован множеством источников: выборка все равно будет достаточно репрезентативной для интерпретации результатов измерений. Недостатком же отчетов, формируемых по измерениям на выходе из сети, является необходимость следить за тем, чтобы оценка для доли отказов по выборке не была искажена значительным числом повторных вызовов, инициированных оборудованием, находящимся до точки измерения.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для процесса обслуживания запросов на передачу информации в сети связи транзитного оператора разработана концептуальная схема. На схеме показаны варианты ветвления процессов перехода между промежуточными состояниями процесса обслуживания для каждой из фаз обслуживания. Некоторые ветви в концептуальной схеме ведут к повторению вызова абонентом, а некоторые – не приводят к повторению вызова. Это позволяет принципиально разделить все потери (сценарии обслуживания, ведущие к потерям) на те, которые приводят к повторению вызова абонентом (их вероятность обозначается через p), и те, что не приводят к этому (их вероятность обозначается через p_c).

Повторные вызовы могут быть как вызваны действиями абонента, так и являться результатом автоматической работы оборудования сети. Часть повторных вызовы, инициированных

оборудованием, порождается вне сети транзитного оператора, то есть таких повторов невозможно избежать путем настройки оборудования, находящегося в ведении у данного оператора.

При эксплуатации систем коммутации и сетей связи необходимо проводить мониторинг (измерения на постоянной основе) показателей качества обслуживания. В случае, когда измерения производятся на выходе из сети транзитного оператора, значения показателей могут быть искажены значительным числом повторных вызовов, инициированных оборудованием.

При настройке оборудования на повторение попытки вызова необходимо следить за увеличением числа ребер графа сети, потенциально способной обслужить данный вызов. С увеличением числа ребер будет возрастать PDD. Если PDD превышает заданный порог, необходимо уменьшать число автоматически выбираемых путей на участвующих в соединении узлах сети.

В выборке практически всегда (исключением является полное отсутствие потерь) присутствуют повторные вызовы, инициированные абонентом. Влияние данной составляющей трафика подчиняется определенной закономерности и может быть учтено путем корректировки показателей качества обслуживания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. М.: Эко-Трендз, 2010.
2. Poryazov S.A., Saranova E.T. Some general terminal and network teletraffic equations for virtual circuite switching systems. Modeling and Simulation Tools for Emerging Telecommunication Networks: Needs, Trends, Challenges and Solutions. Springer US, 2006, pp. 471–505.
3. ITU-T Rec. G.805 (03/2000) Generic functional architecture of transport networks.
4. ITU-T Rec. Y.2001 (12/2004) General overview of NGN.
5. ITU-T Rec. E.164 (08/1991) Numbering plan for the ISDN era.
6. Андрианов Г.А., Цитович И.И. О некоторых особенностях влияния потерь на интерпретацию результатов измерения качества обслуживания. Труды 64-й научной сессии РНТОРЭС, 2009, стр. 341–343.
7. Andrianov G.A., Poryazov S., Tsitovich I.I. On a problem of QoS characteristics interpretation in transit networks. The i.TECH 2009 proceeding. Bulgaria, 2009, pp. 59–65.
8. Андрианов Г.А. Использование системы распределенного мониторинга ОКС 7 для обеспечения качества обслуживания в ТфОП. Электросвязь, 2005, № 1, стр. 34–36.