

Оптимальная маршрутизация: обзор вопроса и перспективы сетевого внедрения

Иосиф Мазин,
Iskratel

Все дороги ведут в Рим, но кто едет из Парижа в Лондон, тому не миновать Петербурга.

Марсель Пруст.

«Под сенью девушек в цвету»

Эта статья посвящена анализу одной из функций современных сетей связи, позволяющей улучшить качество обслуживания абонентов сотовых сетей, находящихся в роуминге. Актуальность вопроса обусловлена назревающими технологическими изменениями в сетях как мобильной, так и фиксированной связи, вызванными необходимостью реализации функции переносимости номера (NP). Внедрение переносимости номера само по себе порождает достаточно много вопросов, требующих всестороннего рассмотрения и анализа. Это и масштаб внедрения (например, необходимость обязательной поддержки данной функции в сети одного оператора, как это ни странно), и влияние переносимости номера на развивающееся поглощение голосового

трафика мобильными сетями, и изменения в структурах взаиморасчетов операторов, расчетов с абонентами, и многое другое. В данном контексте вопрос об оптимальной маршрутизации дает хороший повод для комплексного рассмотрения аспектов сетевого внедрения новой функции.

Введение

Термин «оптимальная маршрутизация» обозначает динамический выбор маршрута в процессе установления соединения в зависимости от местонахождения терминала вызываемого пользователя и употребляется в основном применительно к сотовым сетям подвижной связи. Однако интерес операторов к определению оптимального пути установления соединения не исчерпывается проблемой географического перемещения абонентов сотовой связи. Данный вопрос актуален при выносе отдельных сегментов номерной емкости (например, московской сети) в другие регионы, при внедрении переносимости

номера, при организации рокадных связей на уровне центральных станций прилежащих сельских районов в пределах МРК, при минимизации издержек в случае использования гибких такс взаиморасчетов и во многих других случаях. Все более массовое проникновение технологий IP-телефонии на всех уровнях иерархии сетей связи включает в себя реализацию и такой функции, как мобильность терминала (IP Terminal mobility), отражающей возможность получения пользователем телекоммуникационных услуг в любой точке глобального «IP-облака»; многие аспекты оптимальной маршрутизации окажутся небезынтересными и в этом случае.

Строго говоря, определение оптимального маршрута на исходящей коммутационной станции или в другой максимально приближенной к вызываемому абоненту точке сети состоит из двух последовательных процессов:

- определения реального местонахождения вызываемого

абонента (пункта назначения), иначе говоря — номера вызываемой стороны, реально используемого для установления входящего соединения;

- определения пути установления соединения, оптимального на данный момент с точки зрения цены при заданном качестве тракта.

Однако при практическом внедрении оптимальной маршрутизации наряду с реализацией упомянутых процессов неизбежно возникает необходимость решения вопросов функциональной достаточности и совместимости оборудования и сетевых решений, ациклической маршрутизации вызовов, взаиморасчетов операторов и их расчетов с абонентами. Причем в некоторых случаях эффективные и технически эффективные решения могут входить в противоречие с принятыми в настоящее время принципами тарификации вызовов.

Оптимальная маршрутизация

Маршрутизация вызовов к абоненту сети сотовой подвижной связи, находящемуся в роуминге (роумеру), может быть очень неэффективной в части использования соединительных линий и каналов, а также ресурсов систем коммутации. В худшем, но классическом случае житель Санкт-Петербурга, разыскивающий внутри собственной организации приехавшего в командировку жителя Москвы, мобильный телефон которого находится в роуминге и обслуживается одним из операторов Санкт-Петербурга, может инициировать два междугородных вызова на большое расстояние (из Санкт-Петербурга в Москву и обратно). При международном роуминге складывается еще более запутанная картина. Излишне говорить, что в подобном случае испытанию подвергаются не только кошельки обоих поль-

зователей, но и их терпение.

Например, в случае появления в Москве роумера из Владивостока гарантировать качество соединительного тракта на таком расстоянии даже в наше «цифровое» время далеко не просто. Начало борьбы с издержками такого рода положила несколько лет назад компания МТС, введя в свою тарифную практику новое понятие «внутрисетевого роуминга». Этот шаг был закономерен и служил в основном для привлечения и повышения лояльности высокодоходных бизнес-абонентов в Москве и регионах.

Основная идея

Оптимальная маршрутизация позволяет направлять вызов непосредственно от исходящей коммутационной станции (Originating Switch) к центру коммутации (MSC), который в данный момент обслуживает подвижного абонента (Serving MSC), освобождая два

Основные термины и сокращения

ACM	Address Complete Message	Адрес полный
ANM	ANswer Message	Ответ
FAC	FACility message	Информация об услуге
IAM	Initial Address Message	Начальный адрес
ISUP	Integrated Services User Part	Абонентская подсистема сети с интеграцией услуг системы сигнализации ОКС-7
MAP	Mobile Application Protocol	Прикладной протокол ОКС-7 для мобильных сетей
MSRN	Mobile Station Roaming Number	Роуминговый номер мобильного терминала
NP	Number Portability	Переносимость номера
NPDB	Number Portability Database	База данных перенесенных номеров
NSN	National Significant Number	Национальный значащий номер
RDR	Redirection	Перенаправление (метод реализации услуг переадресации и некоторых других сетевых функциональностей)
REL	RELease message	Освобождение
RTP	Release-to-Pivot	Разъединение к точке перенаправления (процедура ОКС-7 для реализации услуг передачи вызова и некоторых других сетевых функциональностей)
MAP_SEND_ROUTING_INFORMATION_(ack)	Запрос (отклик) на получение адресной информации для маршрутизации вызова	
MAP_PROVIDE_ROAMING_NUMBER_(ack)	Запрос (отклик) на получение роумингового номера вызываемого мобильного терминала	

См. также «Сокращения, постоянно употребляемые в публикациях МТ». С. 62.

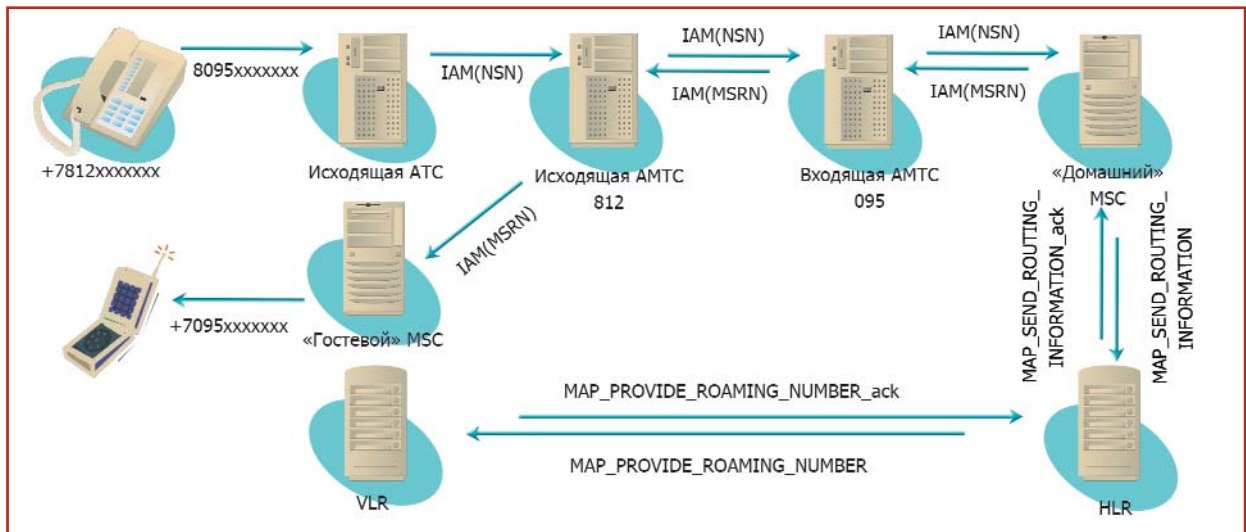


Рис. 1. Обслуживание вызова «домашним» MSC (в роли GMSC) в отсутствие оптимальной маршрутизации

тракта: исходящая коммутационная станция — «домашний» MSC и «домашний» MSC — «гостевой» MSC. На рис. 1 эта ситуация изображена в более детальном виде: «домашний» MSC, выступающий в данном случае в роли шлюзового (GMSC), обеспечивает определение местонахождения мобильного терминала и производит дальнейшую маршрутизацию вызова в соответствии с полученным из гостевой сети роуминговым номером. Основная идея оптимальной маршрутизации состоит в том, чтобы максимально приблизить точку ремаршрутизации вызова к его источнику, что позволяет свести к минимуму непроизводительное занятие каналов в сети.

Оптимальная маршрутизация не применима (или не имеет особых преимуществ), когда вызываемый мобильный абонент находится внутри своей домашней сети.

Использование протокола MAP

Наибольший эффект оптимальная маршрутизация при-

носит в случаях, когда с мобильного телефона вызывается роумер, находящийся в сфере действия «домашней» сети вызывающего абонента. В идеальном случае такой вызов удастся свести к внутрисканционному соединению в пределах «домашнего» MSC вызывающего абонента (рис. 2А). Прикладной протокол сетей подвижной связи системы сигнализации ОКС-7 (MAP) позволяет организовать интеллектуальное взаимодействие сотовых сетей. Сейчас обычно используется протокол GSM MAP, но в ближайшем будущем возможно появление новых прикладных протоколов для 3G-систем. Протокол GSM MAP, как и его функциональные аналоги в сотовых сетях других стандартов (например, TIA/EIA-41), содержит техническую возможность однократной оптимальной маршрутизации по результатам идентификации (в процессе префикс-анализа) набранного номера как номера совместимой GSM-сети.

Исходящий MSC должен распознавать мобильные но-

мера и поддерживать стандартные процедуры обслуживания MAP-вызова. Когда номер назначения получен в виде роумингового номера мобильного терминала (MSRN), вызов может быть маршрутизирован напрямую к обслуживающему MSC и далее непосредственно на мобильный терминал вызываемого абонента (рис. 2Б). Использование такого механизма, безусловно, целесообразно внутри сети одного оператора. На практике это решение применимо только для вызовов, инициированных мобильными абонентами, так как на данный момент неизвестны коммутаторы фиксированных сетей, поддерживающие необходимое MAP-подмножество.

Поскольку в нашей стране существует специализированный транзитный оператор для сетей сотовой связи (ОАО «Межрегиональный ТранзитТелеком»), задача внедрения оптимальной маршрутизации может решаться достаточно просто — путем инициации процедуры не на исходящем MSC сотового оператора, а на исходя-

щем локальном центре коммутации (ЛЦК) МТТ. В таком случае выгода достигается за счет совместного использования централизованно координируемых таблиц префикс-анализа несколькими сотовыми операторами региона. После завершения строительства региональных ЛЦК ОАО «МТТ» указанное решение будет конкурентоспособным как в части внедрения оптимальной маршрутизации, так и в части внедрения переносимости номера. Находящееся в эксплуатации оборудование ЛЦК имеет техническую возможность реали-

зации оптимальной маршрутизации с использованием MAP-протокола. Реальность применения такой схемы организации связи для решения проблем, связанных с глубиной префикс-анализа, во многом будет также зависеть от процесса демонополизации рынка дальней связи.

Однако существует несколько достаточно важных причин, в силу которых такая техническая возможность на практике применяется достаточно редко. Это усложнение биллинга и взаиморасчетов, усложнение распознавания

цифр номера (префикс-анализа) и технические проблемы совместимости с функцией NP. Рассмотрим эти проблемы и варианты их решения более подробно.

Усложнение биллинга

Учет стоимости вызова мобильного абонента, находящегося в роуминге (роумера), без применения оптимальной маршрутизации достаточно прост. Вызывающий абонент платит за участок соединения до домашней сети, а вызываемый абонент сотовой сети, находящийся в роуминге, — за участок от домашней сети до фактически обслуживающего его в данный момент коммутатора гостевой сети. При этом эфирное время роумера может оплачиваться вызывающей стороной (Calling Party Pays) или вызываемым мобильным абонентом (Terminating Party Pays). В России принят второй вариант. При оптимальной маршрутизации возможны иные сценарии биллинга (рис. 3).

Когда вызываемый мобильный абонент находится в домашней сети (рис. 3А), оптимальная маршрутизация не оказывает никакого влияния на обслуживание вызова и, соответственно, не усложняет биллинг.

Когда мобильный абонент, находящийся в роуминге, физически расположен в непосредственной близости от вызывающего абонента, есть возможность избежать двух междугородных (международных) вызовов и таким образом сократить (рис. 3Б) или полностью исключить (рис. 3В) тарификацию магистрального трафика.

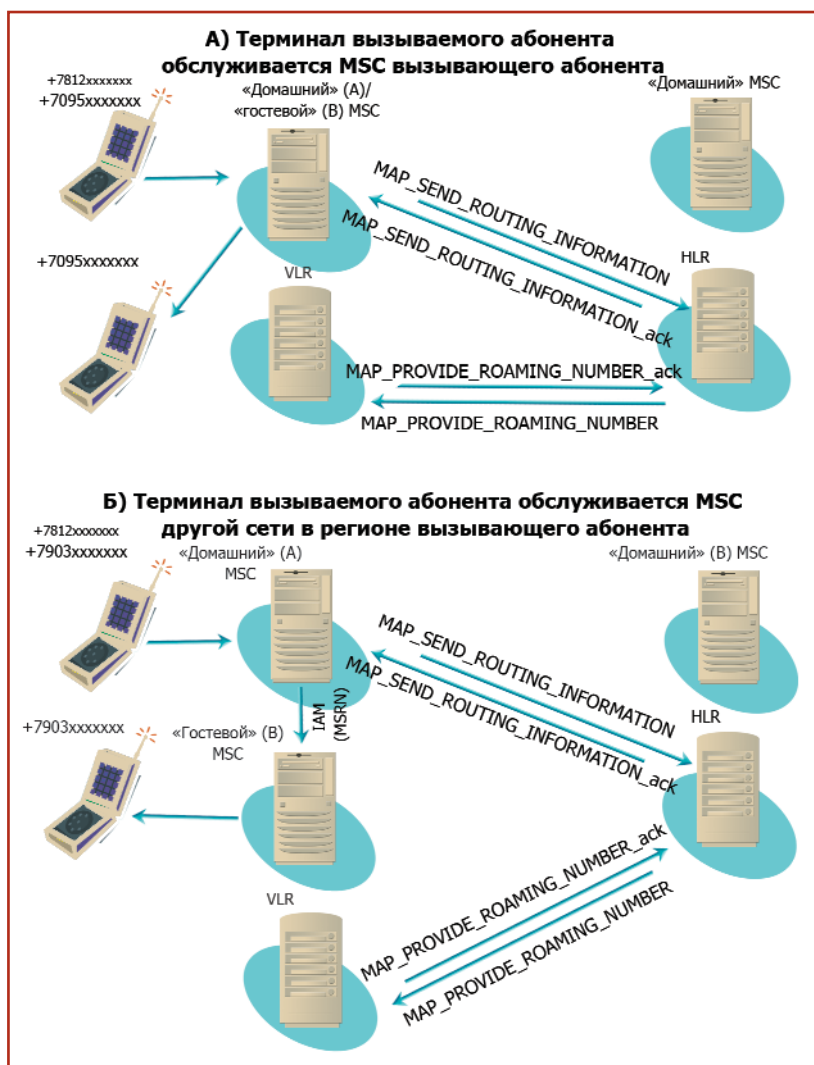


Рис. 2. Оптимальная маршрутизация с использованием MAP-протокола

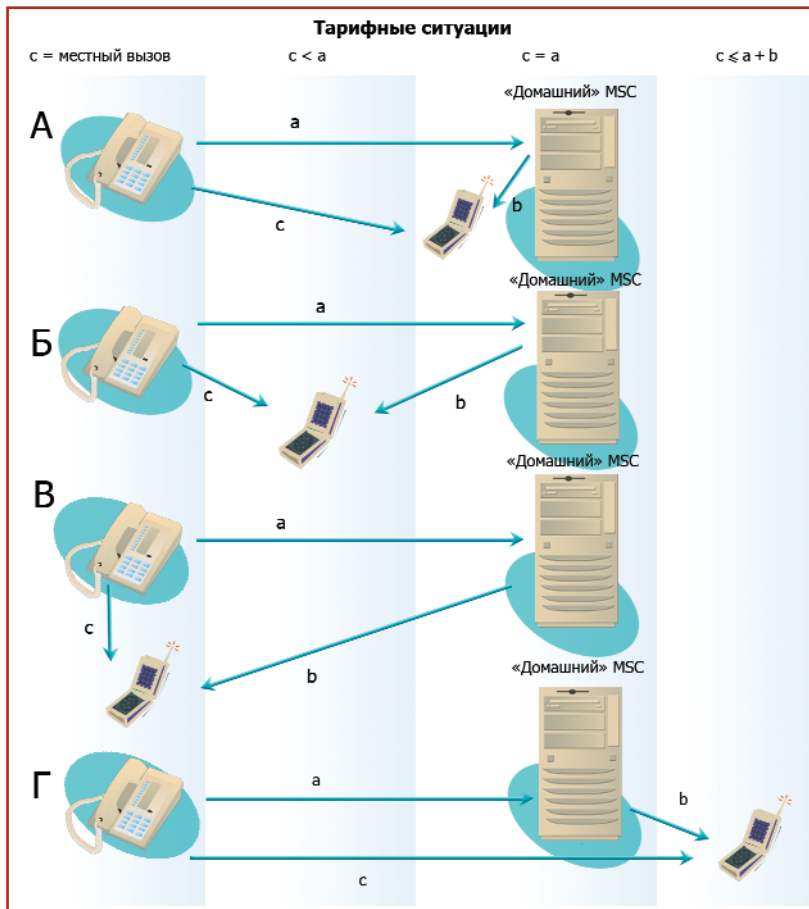


Рис. 3. Тарификация при оптимальной маршрутизации

Если роумер физически находится дальше от вызывающего абонента, чем его домашний коммутатор (рис. 3Г), оплата должна быть поделена, так как соединение с точкой фактического нахождения роумера обойдется вызывающему абоненту дороже, чем соединение с коммутатором его домашней сети. Однако общая стоимость «прямого» вызова при оптимальной маршрутизации в большинстве случаев будет меньше суммарной стоимости обычных соединений.

Существует несколько возможных решений проблем биллинга при оптимальной маршрутизации. Например, тарификацию магистрального вызова для вызывающего абонента можно оставить без из-

менений. Тогда вызывающему абоненту иногда придется платить за отсутствующее дальнейшее соединение, что отнюдь не устраивает операторов, но беспокоит регуляторов и клиентов.

Другое решение состоит в пропорциональной тарификации с условием, что каждый из участников соединения должен платить не более той суммы, какую затратил бы в отсутствие оптимальной маршрутизации. Это может потребовать координации биллинга фиксированных и мобильных сетей, что серьезно осложнит и без того непростую регуляцию взаиморасчетов.

В связи с тенденцией фиксации тарифных планов компаний мобильной связи и опера-

торов дальнейшей связи наиболее приемлемым с практической точки зрения представляется самое простое консервативное решение. Вызывающий абонент тарифицируется обычным образом, с учетом междугородного соединения, а вызываемый — по сумме стоимости эфирного времени и второго междугородного соединения, при этом полученная разница с фактической стоимостью сеанса связи может использоваться операторами для общего снижения роуминговых тарифов при наличии роумингового соглашения, определяющего применение оптимальной маршрутизации. Такое решение, несомненно, даст оператору некоторые преимущества в «войне тарифов», а участники соединения теоретически должны получить лучшее качество связи.

Распознавание цифр номера (префикс-анализ)

Чтобы активировать использование функции оптимальной маршрутизации с применением MAP-протокола, исходящий центр коммутации подвижной связи (MSC) должен в процессе префикс-анализа идентифицировать набранную вызывающим абонентом последовательность цифр как номер мобильного абонента, обслуживаемого совместимой GSM-сетью. Только после этого возможна идентификация сетевого адреса, соответствующего HLR-записи в «домашней» сети вызываемого абонента, что необходимо для установления его фактического местоположения.

Во многих странах сотовые операторы имеют уникальные префиксы, что дает возмож-

ность уже по первым двум-трем цифрам номера определить, что данный вызов адресован мобильному абоненту. В России префиксы операторов полностью соответствуют так называемым «федеральным номерам». Выделение кодов негеографических зон нумерации (DEF-кодов) значительно упрощает маршрутизацию вызовов в сторону мобильных абонентов, особенно на фоне начинающейся либерализации рынка дальней связи. Для некоторых сотовых операторов построение сети исключительно на базе «федеральных номеров» является частью маркетинговой политики. В этом случае идеальным с точки зрения «прозрачности» префикс-анализа является прямое соответствие одного DEF-кода одной HLR-записи, однако такое правило далеко не всегда соблюдалось при распределении номерного ресурса. Помимо случаев «федеральной» нумерации, прямое определение технической возможности оптимальной маршрутизации с использованием MAP-протокола целесообразно также применять к «географическим» номерам (региональным кодам зон нумерации ABC) на направлениях наибольшего телефонного тяготения.

Однако распространить такой подход на международные соединения представляется затруднительным, так как это потребует поддержки таблиц префикс-анализа гораздо большей длины, а также отслеживания всех изменений планов нумерации в разных странах. В России данная проблема стоит также достаточно остро, так как выделение номерного про-

странства операторам сотовых сетей долгое время производилось в географических кодах ABC небольшими блоками по 10 000 номеров (или даже меньше). В результате в большинстве случаев возникает необходимость префикс-анализа по первым шести цифрам номера. При том, что общее количество таких номеров в национальной сети около 10 млн, для анализа с точностью до 10 000 номеров таблица префикс-анализа должна включать в себя не менее 1000 записей, что делает ее эффективную поддержку затруднительной, если не полностью невозможной.

Для сетей ANSI-41 частичным решением, облегчающим задачу префикс-анализа, является расширенная таблица роуминговых соглашений, использование которой позволяет легко определить искомым HLR-адрес и протокольную совместимость сетей с целью осуществления оптимальной маршрутизации. Данный метод функционирует только при вызове с мобильных телефонов, он не вполне совместим с переносимостью номера и с сетями GSM, не сохраняющими таблицу роуминговых соглашений.

Совместимость с услугой переноса номера

Внедрение переносимости номера (NP), особенно между сетями различных стандартов (например, мобильной и фиксированной связи или мобильными сетями на базе CDMA и GSM), делает рискованной идентификацию оператора, которому принадлежит вызываемый абонент, на основе набранных вызывающим пользователем цифр. Исходящая ком-

мутационная станция может определить, что набранные цифры относятся к конкретному мобильному оператору, и только позднее получить информацию о переносе номера к оператору, использующему другой прикладной протокол мобильной сети или даже в фиксированную сеть. И наоборот, станция может идентифицировать набранные цифры как не относящиеся к совместимой мобильной сети и не будет инициировать процедуру оптимальной маршрутизации, в то время как эта процедура возможна и целесообразна. Решение этих проблем зависит от методов реализации обеих функций и должно детально прорабатываться в каждом конкретном случае.

Переносимость номера является не только потенциальной проблемой для оптимальной маршрутизации, но и потенциальным решением. Действительно, функциональные отличия состоят только в динамическом (в случае роуминга) или статическом (при переносе номера) характере изменения местоположения терминала вызываемого абонента. Реализация переносимости номеров изначально подразумевает возможность запроса к базе данных перенесенных номеров (NPDB), для получения информации о местонахождении перенесенного номера (Location Routing Number, LRN). Некоторые модификации таких баз данных могут содержать различные типы номеров и включать их в ответ на запрос, был номер перенесен или нет. Такой ответ будет содержать информацию и о типе поддерживаемого прикладного протоко-

ла мобильных сетей (MAP), необходимую для оптимальной маршрутизации. Независимо от требуемых модификаций NPDB может потребоваться модификация собственно алгоритма и протокола запроса, который может потребовать номер за пределами региона переносимости номеров. Кроме того, NPDB должна будет включать данные обо всех блоках номерного пространства, даже если они не содержат перенесенных номеров. Главное отличие от обычного MAP-метода состоит в том, что запрос адресуется внешней базе данных, а не внутренней таблице.

Основным аргументом для рассмотрения данного решения в качестве долговременного является «антимонопольное» требование национального регулятора к операторам мобильной связи на внедрение функциональности NP. Инфраструктура переноса номера столь громоздка и неповоротлива, что даже незначительные структурные изменения отклоняются. К тому же при использовании переносимости номера в качестве базиса для технической реализации оптимальная маршрутизация будет работать только в случае, если обе станции (исходящая станция и станция назначения) поддерживают функциональность переносимости номера, а также новые необходимые поля базы данных. Кроме того, необходимо иметь возможность определить на исходящей стороне сетевой адрес NPDB, содержащей номер назначения.

Промежуточные итоги

Все описанные выше варианты реализации оптимальной мар-

шрутизации являются архитектурно родственными и напоминают концепцию интеллектуальной сети. Действительно, в результате префикс-анализа до начала соединения определяется необходимость запроса к внешнему по отношению к исходящей системе коммутации источнику новой адресной информации для дальнейшей маршрутизации вызова. Это похоже на срабатывание триггерной точки в пункте коммутации услуг интеллектуальной сети. Действительно, если организовать взаимодействие протоколов INAP/MAP на уровне пункта управления услугами, то все указанные способы реализации оптимальной маршрутизации на уровне пункта коммутации услуг станут приемлемы для вызовов от фиксированных абонентов.

До сих пор речь шла о стратегии «подумать, прежде чем действовать» (thinking before doing), но есть и другие пути.

Альтернативная реализация

Применение электромеханических коммутационных систем с косвенным управлением позволило отделить процесс накопления и анализа адресной информации от процесса установления соединения. Так появилась повторная попытка установления соединения при занятости промежуточных путей или соединительных линий, уже реализованная в координатных АТС. Цифровые системы коммутации эпохи ISDN-сетей с управлением по записанной программе продолжали развиваться благодаря внедрению новых систем межстанционной сигнализа-

ции к внедрению алгоритмов альтернативной маршрутизации и частичной ремаршрутизации (Partial rerouting) в процессе предоставления дополнительных услуг. Классическим примером такого подхода является реализация услуги исключаяющей передачи вызова ECT с опцией Partial rerouting. В этом случае при передаче вызова соединение устанавливается минуя станцию обслуживаемого пользователя — непосредственно от АТС вызывающего абонента к АТС абонента, которому передается вызов.

Наиболее общий метод осуществления оптимальной маршрутизации опирается на схожие принципы и поэтому позволяет обслуживать вызовы из фиксированной сети к мобильным абонентам, не подвергаясь влиянию реализации функций NP. Более того, два метода, стандартизированных для реализации функции NP, применимы и при реализации оптимальной маршрутизации с использованием ремаршрутизации вызова.

Речь в данном случае идет о концепции, обеспечивающей возможность ремаршрутизации вызова с повторным занятием исходящего канала на вызывающей стороне в процессе установления соединения. Такая возможность реализуется с использованием абонентской подсистемы сети с интеграцией услуг (ISUP) сигнализации ОКС-7 и позволяет оптимизировать результирующий маршрут соединения при переадресациях, в процессе вызовов с участием вспомогательного оператора и при вызовах к мобильным абонентам.

**Query-on-Release
(Запрос при разъединении)**

При классической реализации функции NP метод запроса при разъединении (Query-on-Release, QoR) предполагает разъединение первоначально установленного соединения, для которого исходящей стороной в начальном адресном ISUP-сообщении (IAM) была индцирована возможность использования метода QoR, со стороны сети-донора (т. е. сети, с которой был перенесен номер) со специфическим значением индикатора причины CV#14 (Number ported). Для исходящей стороны такое разъединение является признаком необходимости генерации запроса к базе данных перенесенных номеров.

В случае оптимальной маршрутизации может быть использовано, например, значение

индикатора причины CV#23 (Redirection to new destination).

Dropback (Откат назад)

Метод Dropback обеспечивает возможность ремаршрутизации вызова с повторным занятием исходящего канала на вызывающей стороне в процессе установления соединения. Такая возможность реализуется с использованием ISUP-подсистемы системы сигнализации ОКС-7 и позволяет оптимизировать результирующий маршрут соединения при переадресациях, в процессе вызовов с участием вспомогательного оператора и при оптимальной маршрутизации вызовов к мобильным абонентам.

На рис. 4 показана реализация оптимальной маршрутизации в рамках метода Dropback с использованием механизма Redirection. Исходящая коммутационная станция индцирует

ет возможность использования механизма Redirection в IAM-сообщении. MSC «домашней» сети обычным образом определяет временный номер маршрутизации (MSRN). Однако вместо непосредственной маршрутизации вызова к MSC «гостевой» сети, обслуживающей вызываемого абонента, MSC «домашней» сети разъединяет входящий канал с признаком того, что вызов должен быть повторно установлен на предоставленный MSRN. Исходящая станция повторно устанавливает соединение уже непосредственно с MSC, обслуживающим в данный момент вызываемого абонента. Если в силу каких-либо причин исходящая сторона не смогла установить второе соединение, вызов разъединяется.

На рис. 5 схематически изображена реализация оптимальной маршрутизации в рамках

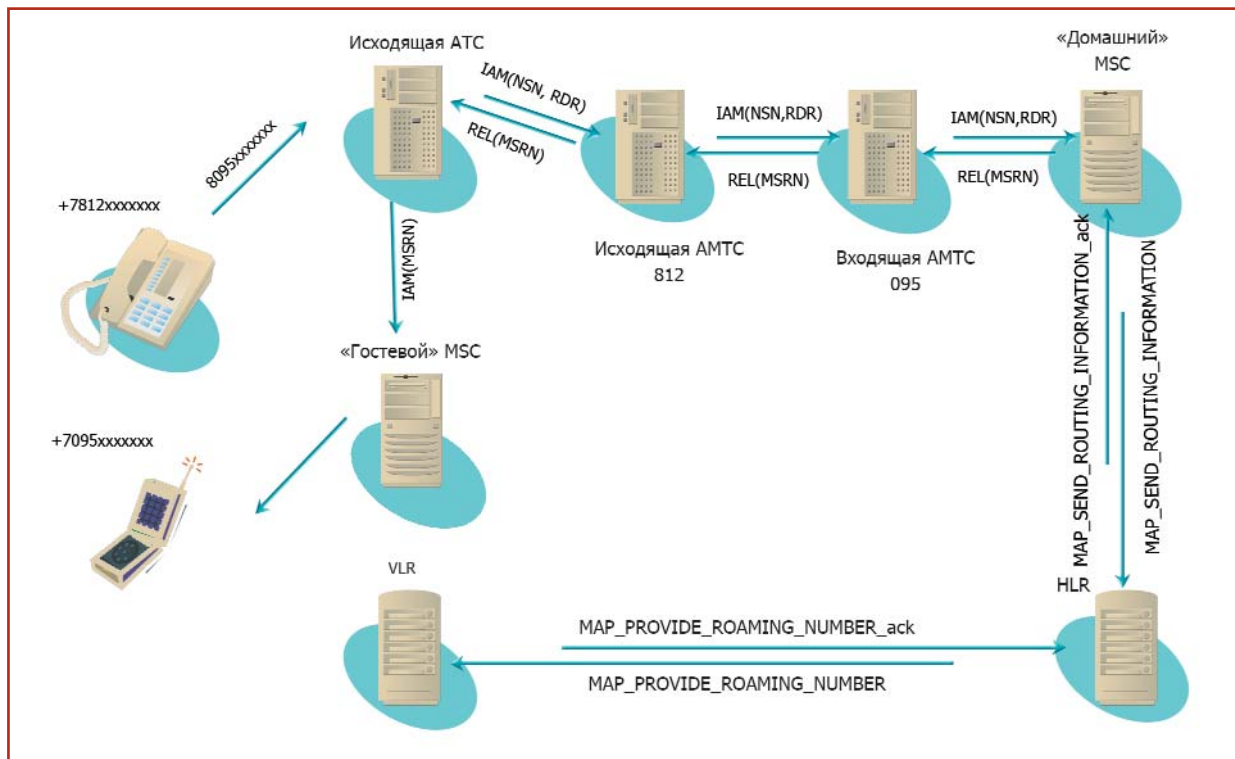


Рис. 4. Оптимальная маршрутизация с использованием процедуры Redirection

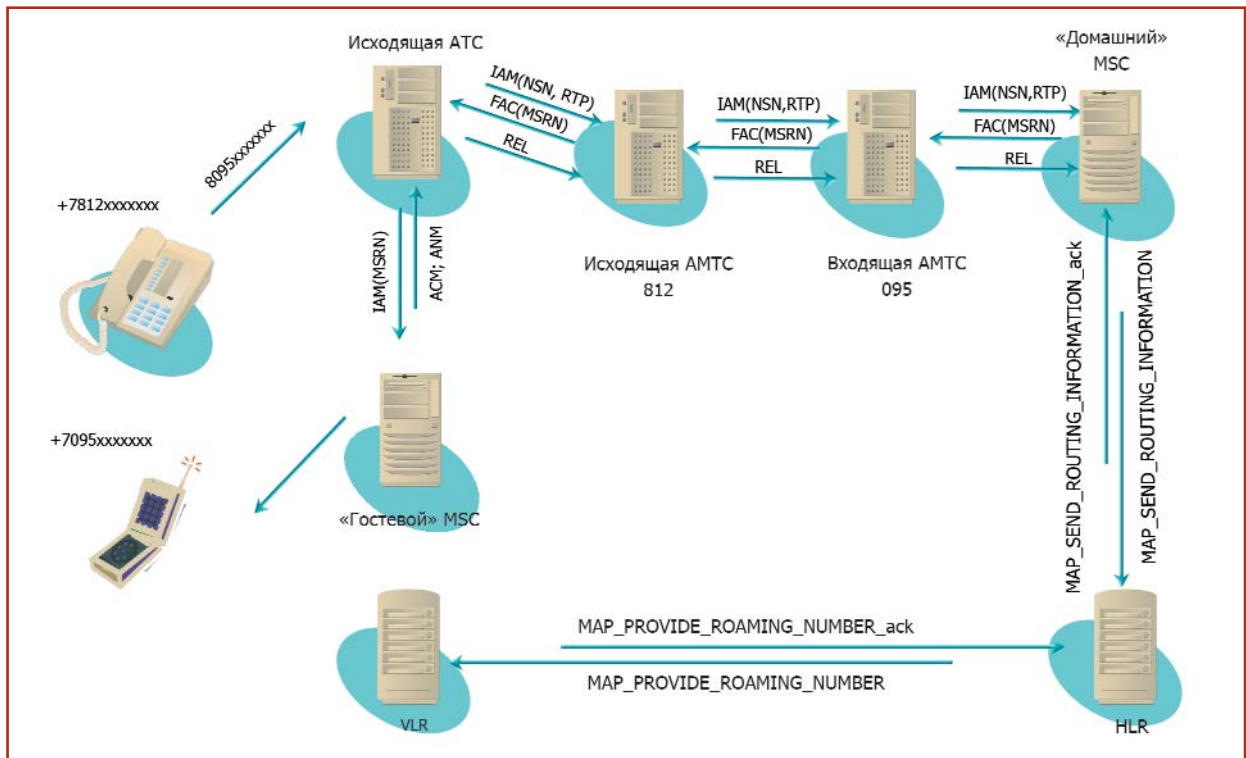


Рис. 5. Оптимальная маршрутизация с использованием процедуры Pivot Routing

метода Dropback с использованием механизма Pivot Routing. Как и в предыдущем случае, исходящая коммутационная станция индицирует возможность использования механизма Pivot Routing в первом IAM-сообщении. Ключевое отличие от механизма Redirection состоит в том, что первичный вызов не разъединяется в момент предоставления MSRN. С точки зрения алгоритмов обслуживания вызова прослеживается некоторая аналогия между этими двумя процедурами и переадресацией вызова по неответу (CFNR), где также есть опции немедленного и отложенного освобождения первичного вызова. Исходящая станция повторно устанавливает соединение уже непосредственно с MSC, обслуживающим в данный момент вызываемого абонента. Если в силу каких-либо причин исходящая сторона отклоняет

такую возможность (например, вследствие специфических условий или отсутствия биллингового соглашения с оператором сети назначения), MSC «домашней» сети устанавливает соединение обычным способом, без использования оптимальной маршрутизации.

Заключение

Конечно, все рассмотренные в данной статье процедуры сигнализации имеют свои положительные и отрицательные стороны при внедрении в конкретном сетевом окружении. Возможно и сосуществование различных процедур в сетях отдельных операторов в рамках единого национального телекоммуникационного пространства. Априори можно сказать, что внедрение любой из них приводит к некоторому повышению сигнальной нагрузки в сети сигнализации ОКС-7.

Кроме того, рассмотренные альтернативные варианты осуществления оптимальной маршрутизации хотя и являются внешне более гибкими и не требуют использования MAP-протокола в новых сегментах сети, предъявляют к ISUP-подсистеме требования, значительно превышающие действующие на национальной сети спецификации ISUP-R-2000. В этом смысле необходимо изначально решить вопрос о внедрении переносимости номера и/или оптимальной маршрутизации для вызовов от абонентов фиксированной сети.

Остается лишь подчеркнуть, что рассмотренная проблема не снимается с внедрением сетей следующего поколения (NGN), а лишь приобретает новые неожиданные грани в отсутствие явной, физической точки коммутации информационного сигнала. ■