

СЕТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ И WI-FI: теория и практика интеграции

А. Фелижанко, инженер-консультант компании Cisco

Есть все основания утверждать, что в сотовой связи пятого поколения Wi-Fi станет неотъемлемой частью сети радиодоступа. Однако обеспечение необходимой для этого интеграции и координации существующих сотовых сетей и Wi-Fi требует ответа на целый ряд вопросов.

WI-FI БРОСАЕТ ВЫЗОВ

По оценкам аналитической компании Mobidia, трафик Wi-Fi растет намного быстрее сотового. Так, домашний Wi-Fi уже выиграл сражение за трафик у местной сотовой связи – объем данных, передаваемый через домашние точки доступа, превышает местный сотовый трафик более чем в четыре раза. Публичный Wi-Fi также выигрывает у сотовой связи, когда абоненты находятся в роуминге, особенно международном: по разным оценкам, трафик через публичные точки доступа Wi-Fi превышает роуминговый сотовый трафик в два-пять раз. В целом трафик через публичные точки доступа Wi-Fi уже составляет около 30% от всего местного сотового трафика, а это означает, что публичный Wi-Fi бросает вызов местной сотовой связи. При этом проникновение Wi-Fi продолжает стремительно расти – согласно iPass Wi-Fi Growth Map, к 2018 году один публичный хот-спот будет приходиться на каждые 20 жителей планеты (для сравнения, сейчас один хот-спот приходится на 150 человек).

Так, может быть, пришло время "изобрести Wi-Fi заново" – сделать его надежным помощником операторов сотовой связи? Возможно, стратегия "начала Wi-Fi, а уже потом сотовая связь" не так уж фантастична? Ведь, как мы убедились, через Wi-Fi уже передается огромный объем данных, особенно со смартфонов. Скорость передачи данных через Wi-Fi стандарта 802.11ac уже превышает скорость в LTE-Advanced. Услуги Wi-Fi Calling и iMessage наглядно демонстрируют, что наиболее ценные

для сотовых операторов байты – голосовые вызовы и текстовые сообщения – могут успешно передаваться через сети Wi-Fi. Кроме того, Wi-Fi не только обеспечивает сетевое присоединение, но и создает новые источники доходов: операторы могут монетизировать аналитические данные об абонентах (например, об их точном местоположении и продолжительности пребывания в конкретных магазинах торгового центра).

Но какую именно сеть радиодоступа выбрать абонентскому терминалу в тех или иных условиях, и по каким критериям? Как избежать ухудшения восприятия абонентом качества услуги передачи данных, если его смартфон, даже находясь недалеко от границы зоны покрытия базовой станции LTE, "не задумываясь", присоединяется к точке доступа Wi-Fi с высоким уровнем сигнала, но при этом перегруженной, или к точке доступа, подключенной к опорной сети IP-каналом намного меньшей пропускной способности, чем подключена та же базовая станция LTE?

Как избежать эффекта "пинг-понга" при передвижении терминала между точками доступа Wi-Fi в условиях примерно одинакового уровня сигнала в зоне покрытия макросети LTE и в зонах покрытия точек доступа? Что делать терминалу после подключения к точке доступа Wi-Fi – переключаться только на радиointерфейс Wi-Fi или сохранять активными оба интерфейса и передавать часть потоков IP через сеть LTE, а часть – через сеть Wi-Fi? И если переключаться полностью, то с сохранением IP-адреса или

без? Эти и смежные вопросы активно изучаются в рамках международной организации 3GPP, которая разрабатывает и публикует стандарты построения сетей радиодоступа и опорных сетей сотовой связи, а также стандарты предоставления мобильных услуг.

Подходы к интеграции

Вообще говоря, на разных уровнях существуют различные подходы к интеграции и координации сетей сотовой связи и Wi-Fi. Есть подход, определяемый как мобильность на прикладном уровне, когда сессию переустанавливает само приложение. Например, если смартфон Samsung Galaxy S4 входит в зону покрытия Wi-Fi, установленный через UMTS вызов Skype мгновенно обрывается, но Skype переустанавливает вызов сразу после того, как смартфон присоединяется к Wi-Fi, и завершает сессию через сотовую сеть. Другой подход ориентирован на увязку на уровне сессий с реализацией в операционной системе (ОС) на терминале. Для некоторых сайтов и приложений, в частности, для сервиса Apple Siri, ОС iOS 7 и 8 пытаются согласовать опцию Multipath TCP (согласно RFC 6824) с первичным соединением к серверу Siri через Wi-Fi и резервным соединением через UMTS. ОС контролирует двустороннюю задержку к серверу и передает данные через соединение с наименьшей задержкой.

Этими двумя подходами 3GPP не занимается, поскольку оба специфичны для конкретного приложения или для ОС на терминале. В фокусе внимания консорциума – стандартизация архитектур и механизмов для интеграции сетей сотовой связи и Wi-Fi на более высоких уровнях, закрепляемая постоянно обновляемыми версиями (Release) спецификаций 3GPP. Так, для уровня IP в спецификацию пакетной опорной сети 3GPP Release 8 была включена поддержка бесшовной мобильности абонентского терминала на основе протокола DSMIPv6. Бесшовная мобильность означает сохранение IP-адреса и сессии передачи данных при хэндоверах терминала между радиосетями LTE и Wi-Fi. В 3GPP Release 10 протокол DSMIPv6 был доработан для поддержки мобильности на уровне специфических потоков данных IP.

Для канального уровня в спецификациях Unlicensed Mobile Access (UMA), которые больше не развиваются в 3GPP, а также в спецификациях Interworking WLAN (I-WLAN) 3GPP Release 6 были определены логические сети IPSec/IKEv2 для туннелирования сотового канального уровня между терминалом и опорной сетью через IP поверх Wi-Fi. В спецификациях 3GPP Release 12 был регламентирован подход без IPSec, но со специальным протоколом

между терминалами и шлюзом доверенного Wi-Fi для управления соединениями.

Кроме того, в рабочих группах 3GPP изучаются возможности двойного присоединения терминала к пакетной опорной сети через интерфейсы LTE и Wi-Fi для агрегирования каналов передачи данных, включая поддержку совмещенных LTE/Wi-Fi и отдельных базовых станций, а также возможности увязки на физическом уровне – агрегирования частотных полос в лицензируемом диапазоне LTE FDD или TDD и каналов в нелицензируемом диапазоне 5 ГГц, в котором может оперировать Wi-Fi. Результаты этой работы публикуются в технических отчетах 3GPP, которые маркируются как "TR" с присвоенным номером, обсуждаются на пленарных заседаниях групп разработки технических спецификаций и в случае одобрения соответствующие изменения вносятся в технические спецификации очередного релиза 3GPP (маркируются "TS").

В новых релизах 3GPP

Действующие спецификации 3GPP относятся к 12-му релизу, который с точки зрения внесения изменений был заморожен в декабре 2014 года. В настоящее время ведется работа над спецификациями 13-го релиза, готовность которого ожидается весной 2016 года. Рассмотрим новые версии отчетов и спецификаций 3GPP, выполненных в рамках подходов этого партнерства к интеграции сетей (приводим оригинальное название темы изучения, номер технического отчета или спецификации и номер соответствующего релиза). Напомним, что Wi-Fi – наиболее распространенный на сегодняшний день способ построения WLAN (Wireless Local Area Network, беспроводная локальная сеть).

Отчет WLAN Network Selection for 3GPP Terminals, 3GPP TR 23.865 Release 12. Цель исследования – оценка существующих процедур выбора сети доступа терминалами 3GPP на предмет необходимости доработки спецификаций, а также поиск возможных путей решения потенциальных конфликтов между политиками, полученными от провайдеров Wi-Fi средствами Hotspot 2.0, и политиками, полученными от сервера обнаружения и выбора сети доступа (ANDSF) сотового оператора. В процессе изучения вопроса идентифицировано несколько ключевых проблем и возможных решений. В частности, это проблема выбора специфической сети WLAN абонентами в роуминге.

Как показано на рис.1, в этом сценарии оператор 3GPP имеет роуминговые соглашения с партнерами, которые, в свою очередь, имеют соглашения с региональными провайдерами Wi-Fi. В соответствии



Рис.1. Схема выбора специфической сети WLAN абонентами в роуминге

с текущими спецификациями, терминал может получать от сервера ANDSF только приоритизированный список идентификаторов беспроводных сетей SSID. Но оператор 3GPP совершенно не заинтересован в передаче списка SSID. Он может даже не знать обо всех SSID, настроенных на точках доступа региональных провайдеров. В гораздо большей степени оператор заинтересован в передаче предпочтений типа "сети WLAN, которые связаны с партнером X, имеют наивысший приоритет" и "сети WLAN, которые связаны с партнером Y, имеют следующий по важности приоритет". С текущими спецификациями ANDSF это невозможно, и требуется их доработка.

Отчет Optimized Offloading to WLAN in 3GPP RAT Mobility, 3GPP TR 23.890 Release 12. В рамках исследования 3GPP занимается анализом возможных технических решений для выгрузки трафика в Wi-Fi при хэндоверах терминала между сетями доступа 3GPP, такими как LTE, UMTS и GSM. Дело в том, что хэндоверы между сетями 3GPP могут привести к потере части трафика или к деградации пропускной способности через несущие пакетной опорной сети вследствие нехватки ресурсов в целевой сети доступа. А в случае приема или осуществления голосового вызова на терминале LTE с помощью механизма Circuit Switched Fallback (CSFB) – к приостановке передачи трафика. Однако в ряде случаев трафик мог бы быть переведен в Wi-Fi. Для отработки этого сценария описаны возможные расширения ANDSF, которые, например, дадут возможность терминалу предпочесть Wi-Fi по отношению к UMTS, но не по отношению к LTE, причем как при начальном подключении к сети, так и при хэндоверах. Кроме того, предложено

использовать гистерезисный механизм борьбы с эффектом "пинг-понг" на основе таймеров в случае быстрого возврата терминала в более предпочтительную, чем Wi-Fi, сеть или в случае коротких вызовов CSFB. А если на время приема голосового вызова соединение с PDN все-таки было переведено в Wi-Fi, после окончания вызова терминалу может быть разрешено и дальше оставаться в этой сети и не возобновлять передачу данных через текущий сектор базовой станции.

Спецификация S2a Mobility based On GTP (SaMOG), 3GPP TS 23.402 Release 12. Базовый механизм интеграции доверенной сети Wi-Fi с пакетной опорной сетью через

интерфейс S2a на основе протокола GTPv2 был стандартизован в 3GPP Release 11 (рис.2). По терминологии 3GPP, доверенной считается сеть Wi-Fi, в которой реализованы спецификации безопасности беспроводных сетей 802.11i (WPA2/AES), прозрачная аутентификация на основе учетной информации с SIM-карты по 802.1x и EAP-SIM или EAP-AKA, а также 802.11u для автоматизации процесса обнаружения и выбора терминалом сети WLAN еще до ассоциации с точкой доступа.

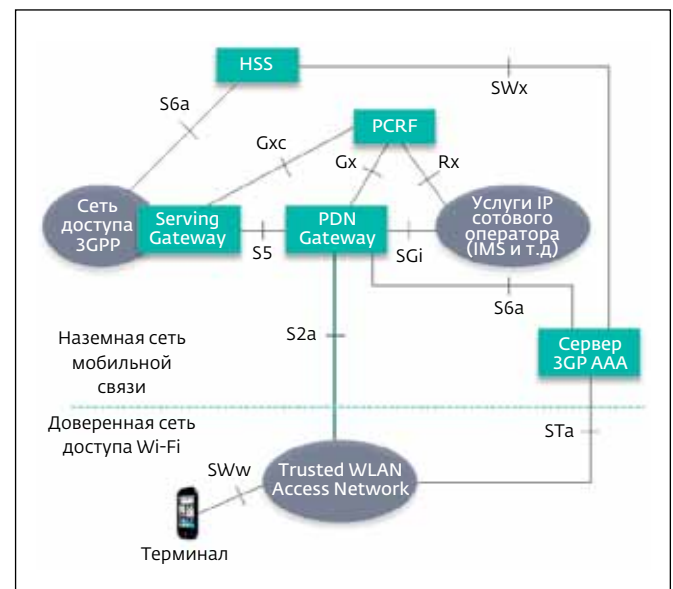


Рис.2. Архитектура доступа в пакетную опорную сеть через доверенную сеть Wi-Fi

В спецификациях 11-го релиза никаких доработок абонентских терминалов не предполагалось, следствием чего стали существенные ограничения в их работе. Так, для терминала допускалось единственное соединение с PDN через WLAN. Не поддерживалось одновременное соединение терминала с PDN через шлюз PCW и местная выгрузка трафика непосредственно со шлюза доверенного Wi-Fi (Trusted WLAN Access Gateway, или TWAG). И самое главное, не поддерживалась мобильность терминала при хэндоверах из LTE в Wi-Fi с сохранением IP-адреса – в то время еще не был определен механизм согласования режима соединения и передачи терминалом через Wi-Fi таких параметров, как индикатор хэндовера, имя APN и Protocol Configuration Options (PCO). Для преодоления этих ограничений в 12-м релизе 3GPP специфицировано три режима работы терминала.

Во-первых, это прозрачный режим единственного соединения (Transparent Single-Connection Mode), который, как и ранее, не требует никаких доработок на терминалах, обеспечивает полную совместимость с 11-м релизом и, как следствие, имеет все присутствующие ему ограничения. Во-вторых, режим единственного соединения (Single-Connection Mode), для которого требуются минимальные доработки на терминалах – реализация расширений протокола EAP-AKA" для согласования через Wi-Fi режима работы и таких параметров, как тип соединения (к PDN через шлюз PCW или местная выгрузка трафика), тип PDN (например, IPv6), индикатор хэндовера, имя APN и PCO. В этом режиме в любой момент времени по-прежнему допускается единственное соединение терминала с PDN, но уже к любому APN с заданным именем, а также обеспечивается мобильность с сохранением IP-адреса.

И, в-третьих, это режим нескольких соединений (Multi-Connection Mode), для которого требуются более серьезные доработки на терминалах – реализация упомянутых выше расширений EAP-AKA", а также нового протокола WLCP между терминалом и TWAG для управления соединениями (WLAN Control Protocol, 3GPP TS 24.244). Кроме того, для мультиплексирования нескольких одновременных соединений с разными PDN через Wi-Fi на TWAG требуется поддержка уникальных для каждого соединения виртуальных MAC-адресов, согласуемых с терминалом через WLCP. В этом режиме допускаются соединения с разными PDN и одновременно местная выгрузка трафика, а также обеспечивается мобильность с сохранением IP-адреса.

Отчет Network Based IP Flow Mobility (NB-IFOM), 3GPP TR 23.861 Release 13. Как уже отмечалось,

в спецификациях 3GPP Release 10 был определен механизм поддержки мобильности на уровне специфических потоков данных IP (IP Flow Mobility, или IFOM). Согласно правилам, сконфигурированным вручную или загруженным с сервера ANDSF, терминал мог принимать решение, потоки данных каких приложений передавать через сеть LTE, а каких – через сеть Wi-Fi. В рамках работы над 13-м релизом изучаются сценарии, требования и технические решения для обеспечения одновременного подключения двухрежимных терминалов к сетям доступа 3GPP и Wi-Fi с использованием протоколов сетевой мобильности GTPv2 и PMIPv6.

Изучается два типа NB-IFOM – инициированный терминалом и инициированный сетью. В первом случае терминал сигнализирует сети, какие IP-потоки он желает передавать через какие интерфейсы, а сеть принимает или отвергает запрос. Во втором наоборот – сеть сигнализирует, а терминал принимает или отвергает запрос. При этом сервер ANDSF может проинструктировать терминал о том, что сеть 3GPP является наиболее приоритетной для одного класса IP-потоков, а сеть Wi-Fi – для другого.

Рассмотрим один из наиболее распространенных сценариев применения механизма. Предположим, что в данном месте терминалу доступны оба типа доступа – 3GPP и Wi-Fi. В соответствии с политиками ANDSF, часть IP-потоков передается через сеть 3GPP, а часть – через Wi-Fi. Например, через 3GPP передаются потоки от сессии IPTV и голосовой составляющей видеовызова, а через Wi-Fi – потоки от видеосоставляющей видеовызова, пиринговой передачи данных и фоновой синхронизации медиафайлов с облачным хранилищем. С выходом терминала из зоны покрытия Wi-Fi все потоки данных переключаются в сеть 3GPP, с его возвращением – переключаются обратно в сеть Wi-Fi.

Отчет WLAN – 3GPP Radio Interworking, 3GPP TR 37.834 Release 12. Развернутые операторами сети Wi-Fi все еще часто недогружены. Однако в определенный момент сеть может стать перегруженной, и при присоединении к ней терминала впечатление абонента от пользования услугой заметно ухудшится. Эта проблема мотивировала изучение вопросов взаимодействия сетей 3GPP и Wi-Fi группой разработки технических спецификаций 3GPP Radio Access Network (RAN), то есть уже специалистами по радиодоступу. Они сформулировали требования к взаимодействию и основные сценарии с учетом существующих стандартизованных методов, а также наметили шаги по выработке механизмов для выполнения требований, которые невозможно удовлетворить с помощью существующих стандартов.

Реализация этих механизмов позволит терминалу выбирать сеть радиодоступа более осознанно с учетом качества радиоканала, степени загруженности самой точки доступа Wi-Fi, а также канала от точки доступа до опорной сети IP.

Одним из решений по выбору терминалом типа сети доступа и отправки трафика через нее может стать механизм, основанный на оценке терминалом всех доступных ему параметров RAN и WLAN, политик ANDSF и предпочтений, установленных на самом терминале. При этом терминал получает параметры RAN от базовой станции LTE в новом широкополосном сообщении System Information Block или в специальном сообщении Radio Resource Control, параметры WLAN – от точки доступа Wi-Fi через управляющий фрейм или с помощью процедур Hotspot 2.0, а политики – от сервера ANDSF. Терминал может заменить пороговые значения полученных через ANDSF параметров на параметры RAN и WLAN – и тем самым скорректировать выбор той или иной сети доступа с учетом текущей ситуации.

Отчет Multi-RAT Joint Coordination, 3GPP TR 37.870 Release 13. В рамках исследования проводится анализ возможных технических решений для сценариев совместной скоординированной работы сетей с различными типами радиодоступа (RAT) – LTE, UMTS, GSM, CDMA и WLAN. Значительная часть работы посвящена перераспределению спектра между RAT во избежание образования спектральных "дыр", то есть неиспользуемых частей спектра, наличие которых снижает суммарную пропускную способность сети. Поскольку перераспределение спектра между 3GPP RAT и WLAN в этом изучении не рассматривается, нам интересна только вторая его часть, посвященная оптимизации выгрузки трафика терминалом через 3GPP RAT (LTE и UMTS) или WLAN на уровне APN.

Изучаемые сценарии связаны с возможностью оценки пропускной способности терминала в сети WLAN во избежание ее деградации после ассоциации терминала с точкой доступа Wi-Fi, а также с передачей наиболее существенных параметров WLAN на базовую станцию LTE или контроллер радиосети UMTS для лучшей координации между WLAN и 3GPP RAT. Речь идет о таких параметрах, как загрузка точки доступа (степень утилизации радиоканала), средняя скорость передачи данных терминалом, список сконфигурированных идентификаторов сетей WLAN на точке доступа (SSID, BSSID, HESSID) и некоторых других.

Отчет Licensed-Assisted Access (LAA) to Unlicensed Spectrum, 3GPP TR 36.889 Release 13. В рамках

исследования рассматриваются сценарии, конфигурации и архитектуры агрегирования частотных полос LTE-Advanced Carrier Aggregation, когда макробазовая станция работает в лицензируемом частотном диапазоне, а одна или несколько маломощных базовых станций – в нелицензируемом диапазоне 5 ГГц (в Российской Федерации для беспроводных локальных сетей разрешено использование частотных диапазонов 5150–5350 МГц, 5470–5725 МГц свыше 5650 МГц и 5725–5825 МГц).

Доступ в нелицензируемый диапазон всегда комбинируется с лицензируемым диапазоном LTE – двойное соединение с PDN через оба радиointерфейса и независимое соединение через нелицензируемый диапазон в данном изучении не рассматриваются. Предполагается, что лицензируемый диапазон LTE будет обеспечивать надежное соединение с PDN для поддержки мобильности, передачи сигнализации, голоса и данных. А нелицензируемый диапазон при наличии приемлемого уровня сигнала – ускорять передачу данных. Изучается возможность агрегирования полос только в сторону терминала или в обоих направлениях. С точки зрения общей пропускной способности наиболее эффективно агрегирование в сторону терминала, поскольку типичное для LTE соотношение трафика в сторону терминала к трафику в сторону сети составляет 8:1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хотелось бы подчеркнуть, что сети Wi-Fi как равноправное дополнение к сетям радиодоступа 3GPP – это не далекое будущее. Многие в этом направлении сделано, но многое еще предстоит сделать, особенно на абонентских терминалах. В недавнем прошлом производители двухрежимных телефонов и смартфонов не торопились с реализацией передовых на тот момент механизмов, разработанных 3GPP. Именно отсутствие на массовом рынке терминалов с поддержкой протоколов IPSec/IKEv2 послужило главной причиной того, что архитектура I-WLAN так и не получила широкого распространения в сетях сотовых операторов, хотя все необходимые спецификации были опубликованы в далеком 2005 году.

Отрадно, что и в этой области наблюдаются прорывы. Благодаря тому, что IPSec/IKEv2 является неотъемлемой частью архитектуры Wi-Fi Calling, публично поддержанной компанией Apple и некоторыми крупными сотовыми операторами в сентябре прошлого года, IPSec/IKEv2 теперь встроен в iOS 8 на iPhone, а также в Android на Samsung Note 4, доступных на некоторых рынках. И это вселяет оптимизм. ■