ЭВОЛЮЦИЯ СЕТЕЙ WiMAX в сети **private LTE**: история, состояние

С.Портной, д.т.н., директор по развитию бизнеса
компании "КомпТек", в 2006–2014 гг. директор WiMAX Forum
по СНГ и Восточной Европе / S.Portnoy@comptek.ru,

Р.Сухих, директор по продажам компании Telrad Networks
по Восточной Европе и СНГ / Roman.Suhikh@telrad.com

УДК 621.396, DOI: 10.22184/2070-8963.2021.94.2.56.61

Приведен краткий очерк истории трансформации сетей 4G/WiMAX в сети технологии **private** (частного) LTE. Представлены специфика и современное состояние последних. В качестве примера решений **private** LTE описывается соответствующее оборудование разработки компании Telrad Networks.

Беспроводные сети семейства стандартов WiMAX были достаточно популярны в начале нынешнего века, но к настоящему времени почти исчезли с телекоммуникационной карты мира. Россия не осталась в стороне от данного процесса.

С самого начала развития практически любых видов телекоммуникационной техники происходит как конкурентное противостояние, так и взаимопроникновение беспроводных и проводных технологий. В последние десятилетия наблюдается стремительная эволюция беспроводных технологий, быстро меняются поколения инфраструктурного оборудования, клиентских устройств и видов предоставляемых услуг. Еще два десятилетия назад достаточно дорогие и громоздкие телефоны 2G были представителями новейшего поколения мобильной связи, а сегодня практически каждый школьник носит в кармане смартфон, который во много раз превосходит по мощности ПК, которые выпускались еще совсем недавно.

В начале века WiMAX стала одной из первых технологий, двигавших беспроводной широкополосный доступ с гарантированным качеством в операторские диапазоны мобильной связи (2,3; 2,5; 3,5 ГГц). Следует

напомнить, что технология WiMAX явилась первой технологией четвертого поколения (4G) [1].

В силу разных причин технология WiMAX была частично вытеснена, а частично поглощена другой технологией 4G – LTE. LTE взяла из сетей WiMAX новейшие на то время теоретико-информационные алгоритмы – OFDM, MIMO и др.

Операторы сетей WiMAX также мигрировали со своим частотным ресурсом в технологию LTE на основе принципа технологической нейтральности. В данном вопросе Россия следует в фарватере подхода МСЭ, для чего были приняты соответствующие решения ГКРЧ [2, 3]. Технологическая нейтральность – это принцип, который позволяет оператору использовать любую технологию в любом имеющемся диапазоне радиочастотного спектра. Это означает, что операторы мобильной связи, например, могут предлагать услуги на основе любой технологии (2G/3G/4G(LTE)/5G), используя любые, из имеющихся у них, полосы частот.

Свобода развертывания сети любой технологии с использованием доступного спектра обеспечивает общую эффективность, которая в конечном итоге работает в интересах пользователей мобильной связи. Так, два самых крупных WiMAX-оператора России – Yota и

Comstar – мигрировали, соответственно, в "МегаФон" и МТС. Это яркий пример соблюдения принципа технологической нейтральности.

Что же произошло с большим количеством более мелких операторов WiMAX? По всему миру часть из них мигрировала в так называемый сегмент рынка private LTE.

Немного истории. Параллельно с развитием рынка связи общего пользования (мобильная связь/БШПД) развивался и рынок технологической связи, поддерживая и используя все новые технологии, направленные на повышение эффективности производства и качества выпускаемой продукции. Внедрение новых технологий в промышленности повлекло за собой новые требования к организации не только самого производства, но и промышленной инфраструктуры, которая способна обеспечить производственные процессы на высоком уровне, включая высокие стандарты и требования к обеспечению передачи данных, так как с внедрением новейших технологий объем передаваемых производственных данных увеличивается на порядки.

Таким образом, эволюция развития беспроводной связи разделилась на два основных направления: сети передачи данных и голоса для целей общего пользования, которые разворачивают операторы мобильной и фиксированной связи, обслуживающие в первую очередь частных пользователей, и специальные сети связи, ориентированные на обеспечение потребностей технологических процессов компаний и предприятий.

С первого взгляда может показаться, что сети общего пользования могут быть использованы для удовлетворения требований корпоративных пользователей. Это выглядит логичным, поскольку теоретически нет никакой разницы, по какой сети передавать пакеты информации, главное, чтобы сеть удовлетворяла требованиям клиента. Но на самом деле не все так просто.

Первое и основное отличие в построении сетей общего пользования и частных – это бизнес-модель. Сеть общего пользования ориентирована на максимальную окупаемость, которая достигается большим количеством абонентов. Эти сети отличаются своей масштабностью, количеством оборудования, техническими характеристиками. И, конечно, операторы связи всегда стремятся использовать самые современные технологии с топовыми показателями.

При организации частной производственной сети плотность абонентов на одну базовую станцию/сектор значительно ниже. Окупаемость такой сети не может идти ни в какое сравнение с коммерческой сетью. Экономический эффект в данном случае будет заключаться в получении дополнительного дохода от

внедрения новых технологий, которые были применены благодаря использованию совершенной сети передачи данных. Соответственно, стоимость оборудования для построения частной сети будет иметь гораздо большее значение чем при построении коммерческой сети передачи данных.

Вторым отличием являются технические требования к самой сети и оборудованию. В случае сетей общего пользования операторы связи являются владельцами оборудования только вплоть до базовых станций и не отвечают за используемое клиентское оборудование (сотовые телефоны и модемы). Для производственной же компании, эксплуатирующей частную сеть в собственных целях, очень важно иметь полный контроль за работой терминальных устройств, так как клиентами сети являются персонал, машины и механизмы, участвующие в технологических процессах. Более того, технологическая сеть передачи данных "не терпит" неопределенности и должна обеспечивать гарантированный уровень обслуживания для абонентов. Имеются в виду скорость передачи данных и задержка – ни в одном договоре оператора сетей общего пользования такие параметры, определяемые для абонентов, не будут прописаны. В лучшем случае обозначена будет только максимальная скорость, на которую абонент может рассчитывать (Best effort).

Таким образом сформировались требования для частных технологических сетей связи. Они совпали по времени с этапом трансформации сетей WiMAX. Необходимость в удовлетворении этих требований к технологическим сетям связи и привела к появлению сетей private LTE, которые на сегодняшний день являются основным решением для технологических сетей связи, на которые ориентируются передовые предприятия. По данным [4], к 2026 году рынок частных сетей LTE может достичь 13 млрд долл., что диктуется все новыми требованиями к производственным сетям передачи данных как следствие внедрения новых технологий на производстве.

Возникает вопрос, почему сети пятого поколения, которые обеспечивают в сравнении с LTE гораздо большие скорости передачи и низкие задержки, пока не слишком популярны у предприятий по всему миру. Прежде всего само оборудование 5G, как базовые станции, так и клиентские терминалы, пока довольно дороги. При построении частной технологической сети компания-заказчик не заработает или не сэкономит на данном оборудовании напрямую, соответственно, эту статью расходов необходимо уменьшить как можно в большей степени, но без ущерба для качества связи.

Проверенная технология LTE является относительно дешевой альтернативой. На данный момент

она представлена достаточно широким рядом производителей и может работать на частотном ресурсе, имеющемся в распоряжении многих компаний, в том числе тех, которые ранее или на настоящий момент используют оборудование WiMAX. У владельцев данных частот есть возможность предложить корпоративным пользователям отличное решение для организации выделенной сети передачи данных для производственных нужд.

Отличие оборудования WiMAX от LTE заключается прежде всего в утилизации полосы пропускания. Стандарт WiMAX определял полосу до 10 МГц и не поддерживал агрегацию каналов. Стандарт TD-LTE позволяет использовать канал шириной до 20 МГц и поддерживает агрегацию каналов, то есть позволяет получать гораздо более высокие скорости передачи данных.

Недостатками технологии LTE применительно к частным сетям является отсутствие поддержки функционала Layer 2 (L2), которая была неотъемлемой частью WiMAX. Согласно стандарту 3GPP, для LTE определена только поддержка L3 и, соответственно, отсутствуют возможности предоставления гарантированного уровня обслуживания пользователей технологической сети.

Сегодня решения для сетей private LTE есть в портфеле большинства производителей оборудования LTE. Рассмотрим построение сетей private LTE на примере компании Telrad Networks (далее – Telrad), которая выделяется, в частности, тем, что унаследовала линейку оборудования, технологии и персонал одного из создателей WiMAX – компании Alvarion.

Telrad при разработке решения для private LTE учла недостатки, связанные с отсутствием необходимого функционала, требуемого на производствах, и разработала наиболее максимально адаптированное решение для частных сетей LTE.

Данное решение отличается не только более низкой ценой по сравнению с оборудованием LTE, предназначенным для построения сетей общего пользования. Подобно оборудованию WiMAX, оно позволяет реализовывать окупаемые в короткие сроки проекты для компаний любого размера, начиная даже с установки одной базовой станции и нескольких клиентских устройств. Поскольку частотный ресурс сетей WiMAX совпадает с частотами для private LTE в диапазонах 2,х ГГц и 3,х ГГц, владельцы соответствующих частот получили возможность предложить адаптированное и эффективное решение по созданию современных технологических сетей. Операторы сетей WiMAX получают шанс снова стать передовыми компаниями, но на этом этапе завоевывающими производственный сектор. Этот сектор в плане бизнеса хоть

и менее динамичен, чем рынок мобильной связи, но зато однозначно стабилен, так как производственные предприятия реже модернизируют свои сети передачи данных, но часто наращивают существующие производственные мощности, что ведет к расширению сети связи с увеличением покрытия и пользовательской базы.

Telrad также разработала решение private LTE для диапазона 5 ГГц, что является хорошим решением для компаний, не обладающих частотным ресурсом в диапазонах 2,х ГГц и 3,х ГГц, но нуждающихся в решении производственного уровня с должным уровнем качества, надежности и промышленной безопасности.

Как отмечалось выше, экономическая эффективность оборудования компании Telrad Networks достигается за счет оптимизации функционала, который обеспечит успешный бизнес-кейс при предоставлении решения private LTE любой производственной компании.

Как известно, ядро сети (EPC) LTE – один из наиболее затратных в финансовом плане элементов. Стоимость ядра сети LTE общего пользования, не адаптированного для private LTE, измеряется сотнями тысяч долларов США. Естественно, для производственной компании развернуть независимую сеть LTE с такими затратами будет достаточно накладно, а в некоторых случаях попросту невозможно. Telrad разработала уникальное решение для ядра LTE, которое по самым скромным оценкам в 10 раз дешевле.

Кроме того, как правило, ядро LTE – это программный продукт, для установки которого требуется промышленный сервер, размещаемый в помещении. Адаптированное решение Telrad реализовано в двух вариантах. Первый из них – централизованное ядро BreezeWAY 2020 на базе оптимизированной аппаратной платформы, которое как минимум в 10 раз дешевле подобных решений на рынке. Второй, экономически еще более эффективный вариант (в первую очередь для микросетей из нескольких базовых станций (БС) и нескольких десятков абонентов) – ядро, интегрированное в БС LTE.

Второй вариант позволяет развернуть сеть private LTE, применяя только наружную установку. Такой подход позволяет развертывать технологическую сеть в чистом поле, начиная с одной БС, в кратчайшие сроки и с весьма скромным бюджетом. Реализация данного решения показана на рис.1.

В дальнейшем, естественно, такая сеть будет расти, количество клиентского оборудования и базовых станций будет увеличиваться. В компании-производителе также предусмотрели данный процесс и оптимизировали его для сокращения расходов и обеспечения минимальной стартовой цены проекта.

Рис.1. Иллюстрация встроенного и распределенного ядра сети на примере решения Telrad Networks

Оборудование Telrad имеет гибкую, простую и прозрачную политику лицензирования, позволяя поэтапно увеличивать покрытие, количество абонентов и производительность.

Инженеры компании не ограничились для удешевления решения и достижения максимальной гибкости применения оптимизацией ядра. Они также оптимизировали базовые станции и

Рис.2. Варианты поддерживаемых конфигураций установки оборудования Telrad Networks

Рис.3. Внешний вид базовой станции Telrad Networks

клиентское оборудование. Базовые станции разработаны в варианте для полностью наружной установки и поддерживают различные конфигурации, такие как покрытие одного и двух секторов одним радиомодулем (4×4/2×2), агрегацию каналов (также несмежных), MU-MIMO. Это проиллюстрировано на рис.2 и 3.

Клиентское оборудование со встроенными антеннами может использоваться также и с внешними антеннами. Конечно, заказчики могут использовать клиентское оборудование сторонних производителей, но клиентские терминалы Telrad имеют важное преимущество. Как было отмечено выше, одной из составляющих глубокой оптимизации решения private LTE на оборудовании Telrad стало то, что клиентское оборудование, базовые станции и ядро имеют встроенную поддержку L2 на аппаратном уровне, что очень полезно на сетях корпоративных пользователей и важно для внедрения решений IoT. Отмеченное проиллюстрировано на рис.4.

Полная поддержка функционала Layer 2 для предоставления услуг L2 VPN позволяет использовать

топологии VPLS и VPWS. Это первое на рынке решение, поддерживающее Carrier Ethernet на сети LTE, встроенное в ядро сети private LTE.

Как было отмечено, стандарт 3GPP не определяет функционал L2 на сети LTE. На сети LTE общего пользования (если компания решит использовать такую сеть для обеспечения технологических процессов) данный функционал не доступен без применения дополнительного стороннего решения, что, естественно, приведет к удорожанию и так недешевого решения.

Поскольку сети private LTE используются для обеспечения производственных процессов, инженеры Telrad предоставили возможность определять различные уровни сервиса для разных пользователей, в том числе и GBR (гарантированную полосу пропускания).

Классификация услуг L2 поддерживается как в Telrad CPE (клиентском оборудовании), так и в EPC (ядре) по:

- 802.1q VLAN, и/или;
- 802.1p приоритет или IP-уровень DSCP;
- на основе классификации L2 трафик L2 может быть передан по определенному каналу LTE (LTE Bearer) согласно профилю уровня обслуживания QoS L2;
- QoS на сети LTE применяется на уровне канала передачи LTE (LTE Bearer) – Каналы, определенные по умолчанию / Выделенные каналы, GBR или Non-GBR;
- UE-AMBR;
- GBR/MBR-параметры.

Возможность дифференцирования уровня обслуживания потенциально может принести дополнительный доход.

Рис.4. Иллюстрация сети вместе с клиентским оборудованием

Определение качества обслуживания – это отличительное преимущество решения, которое позволяет предлагать различные уровни качества обслуживания для различных пользователей.

Рассматриваемое решение позволяет осуществлять полный мониторинг клиентского оборудования Telrad (что совершенно необходимо для обеспечения контроля предоставляемого качества связи для машин и механизмов, участвующих в процессе производства), а также предоставить решение для передачи голосовой связи по сети LTE по технологии Radio over LTE/Push-To-Talk (RoLTE/Push-To-Talk). На рис.5 представлено полное решение компании Telrad Networks для сетей private LTE, включая ядро, базовые станции, клиентское оборудование и поддержку функционала Push-To-Talk.

Добавим, что весь функционал, предлагаемый решением Telrad, лицензируется. Если по какой-либо причине заказчик не нуждается в поддержке, например L2, то данный функционал не будет активирован на момент приобретения решения, исключая переплату за ненужную опцию. При этом, если в будущем такая потребность возникнет, то после приобретения соответствующей лицензии поддержка L2 станет доступна.

Решение private LTE компании Telrad Networks используется большим числом компаний по всему миру. Среди заказчиков, использующих его, такие компании, как TOTAL, Chevron Corporation и другие предприятия нефтегазового сектора,

горнодобывающей промышленности, другие производства и инфраструктурные предприятия (морские порты, структуры безопасности и др.).

Считаем, что на сегодняшний день и в обозримом будущем технология private LTE практически не будет иметь альтернативы для организации частных технологических сетей связи как с коммерческой, так и технической точек зрения и в России, и во многих других странах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишневский В., Портной С., Шахнович И. Энциклопедия WiMAX – путь в 4G. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2010. 472 с.
2. Решение ГКРЧ от 11 декабря 2013 года № 13-22-02 "Об использовании полос радиочастот 890–915 МГц и 935–960 МГц радиоэлектронными средствами стандарта UMTS и последующих его модификаций и полос радиочастот 1710–1785 МГц и 1805–1880 МГц для применения РЭС сетей связи стандарта LTE и последующих его модификаций".
3. Решение ГКРЧ от 30 мая 2015 года № 15-33-06-2 "О выделении полос радиочастот для их совместного использования радиоэлектронными средствами подвижной радиотелефонной связи".
4. GlobalMarketInsights. URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/private-lte-market>.
5. Сайт компании Telrad Networks. URL: <https://telrad.com>.