

## ГЕТЕРОГЕННЫЕ СЕТИ НА ПОСЛЕДНЕЙ МИЛЕ: проблемы и решения транспортировки трафика

П. Москалев, менеджер по развитию бизнеса РРЛ  
компании Alcatel-Lucent в России и СНГ

Гетерогенные сети, основанные на использовании различных диапазонов частот и разнообразной топологии сетей, способны передавать в сотовых сетях доступа большие объемы данных на высокой скорости. Как при их создании определить правильный подход к проектированию и построению сквозной транспортной сети?

### Соты объединяются

Справиться с быстро нарастающим спросом на мобильные сервисы операторам сотовой связи помогает переход к сетям 3G и 4G/LTE более высокой емкости. Однако во времена, когда разрабатывались топологии традиционных сетей на основе макросот, требования к ним были не такими серьезными. То количество смартфонов, которыми сегодня пользуются абоненты в исключительно плотной городской среде, способно вызвать перегрузку даже в макросотовой сети 4G/LTE.

Наращивание макросот в плотной городской среде связано с определенными трудностями. Прежде всего, это ограниченное число общедоступных мест для размещения антенн. Надо учитывать и высокую стоимость установки макросоты. К счастью, есть так называемые малые соты и, в частности, городские соты (metro cell).

При правильном размещении, обычно на оживленных площадях, в кафе, торговых центрах, транзитных узлах, малые соты уменьшают нагрузку на макросоты. По разным оценкам, на каждую из них будет приходиться от 3 до 10 городских сот наружной установки. Этого достаточно, чтобы высвободить макросоту для общего покрытия, необходимого, в частности, пользователям, перемещающимся в автомобилях или на городском транспорте.

Такое стратегическое объединение макросот и городских сот, получившее название гетерогенной сети,

выглядит весьма привлекательно для организации последней мили беспроводного доступа в условиях плотной городской застройки. Однако эта топология сети радиодоступа поднимает ряд вопросов, связанных с транспортировкой трафика.

### Трудности транспортировки трафика городских сот

Чтобы увеличить абонентскую емкость именно там, где это необходимо, для размещения малых сот используются подходящие объекты уличной инфраструктуры: фонарные столбы, рекламные щиты, павильоны остановок городского транспорта, стены зданий. При этом оптимальное размещение подразумевает, что малая сота не должна бросаться в глаза, дабы не нарушать эстетику городского пространства. Наконец, прокладка нового оптического кабеля для транспортировки трафика к таким труднодоступным местам вряд ли будет экономически оправданной.

Один из распространенных способов транспортировки трафика городских сот – использование оптимизированных беспроводных устройств, доставляющих трафик до ближайшей макросотовой мачты. Этот подход позволяет задействовать уже имеющиеся инвестиции в макросоты и совместить операционные расходы, включая использование имеющихся транспортных каналов. По прогнозам ABI Research [1],

такие беспроводные устройства будут транспортировать более половины трафика городских сот.

Вместе с тем, беспроводная транспортировка трафика малых сот не может считаться панацеей, так как возникает ряд проблем.

1. При оптимальном размещении малых сот часто отсутствует прямая видимость между малой сотой и макросотой.
2. При невозможности установки на линии прямой видимости необходимо применение специализированных технологий для обхода препятствий (деревья, здания).
3. Малая сота должна устанавливаться с минимальными капитальными затратами, одним специалистом за один выезд на место установки, при этом не должна возникать необходимость в точном позиционировании антенны для транспортировки трафика.
4. Необходимо минимизировать расходы, связанные с лицензированием частотного диапазона и соответствующими исследованиями помех.

Эти трудности дали импульс к разработке нового поколения малогабаритных беспроводных систем, использующих нелицензируемые частотные диапазоны, не совпадающие с лицензируемыми частотными диапазонами, традиционно задействованными для транспортировки трафика макросот. Из таких частотных диапазонов максимальным потенциалом для удовлетворения требований по доступности и производительности обладают три.

### Диапазоны 60 и 80 ГГц

Преимущества диапазонов 60 и 80 ГГц – большая емкость, малое время задержки, простая техника организации канала прямой видимости, высокая помехоустойчивость и отсутствие лицензирования.

В этих диапазонах можно получить скорости свыше 1 Гбит/с при очень малой задержке. Параметры задержки соответствуют радиочастотам, используемым сегодня для транспортировки трафика, и удовлетворяют самым жестким требованиям соглашений об уровне обслуживания (SLA) по транспортировке трафика сетей 2G, 3G и 4G/LTE. Высокая емкость диапазонов позволяет применять их для оконечных малых сот и для агрегации нескольких малых сот в различных сетевых топологиях.

Кроме того, узкая диаграмма направленности в этих диапазонах облегчает борьбу с помехами в нелицензируемых диапазонах. Высокая абсорбция радиоизлучения диапазона 60 ГГц на молекулярном кислороде ограничивает дальность пролета до 1 километра, при этом на небольшой площади можно разместить несколько каналов 60 ГГц, которые не будут создавать

помех друг другу. Все это позволяет получить максимальную полосу пропускания при малых затратах. Диапазон 80 ГГц поддерживает более длинные дистанции, до 5 км.

Отсутствие необходимости получения лицензии сокращает сроки и уменьшает соответствующие издержки, ускоряя развертывание и удешевляя эксплуатацию по сравнению с лицензируемыми диапазонами.

### Диапазон до 6 ГГц (Sub-6)

В диапазоне до 6 ГГц имеются как лицензируемые, так и нелицензируемые частоты, он может использоваться для связи при отсутствии прямой видимости. Параметры данного диапазона позволяют использовать его при наличии множества помех и каналов, то есть при высокой плотности малых сот в городской застройке. В то же время оборудование диапазона 6 ГГц обычно обладает более высокой задержкой и вариацией задержки по сравнению с оборудованием только прямой видимости.

В этом случае для соблюдения SLA по транспортировке необходимо избегать увеличения задержки и вариации задержки, для чего требуется тщательная техническая проработка решений. С учетом емкости полосы пропускания оборудование данного диапазона обычно не используется для агрегации, а только на оконечных станциях.

Решения диапазона 6 ГГц обычно поддерживают конфигурации "точка-точка" и "точка-многоточка". В последних используется общая центральная антенна, взаимодействующая с отдельными оконечными станциями, что позволяет сократить расходы по сравнению с развертыванием нескольких каналов "точка-точка".

### НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ТРАФИКА МАКРОСОТ

Упомянутый подход – использование имеющихся макросот для агрегации 3-10 малых сот – создает новые трудности. Как пропускать дополнительный трафик в дефицитной полосе радиочастот, в которой сегодня транспортируется большая часть трафика макросот?

Сегодня в мире больше половины трафика макросот транспортируется в диапазоне СВЧ. Причины хорошо известны: во многих случаях радиопередача позволяет быстрее и дешевле организовать транспорт, чем проводные альтернативы. В радиоканале на смену унаследованным соединениям PDH E1/T1 и SDH/SONET приходят пакетные Ethernet-соединения. По прогнозу Heavy Reading, в 2015 году более 80% всех транспортных соединений будут использовать пакетные технологии [2].

Внедрение малых сот ужесточает требования к масштабируемости РРЛ-транспорта трафика макросот. Малые соты предназначены для пакетной транспортировки трафика, поэтому их появление ускорит переход к пакетной передаче данных по радиоканалу. Это послужит стимулом для разработки модуляционных схем высшего порядка и подтолкнет регулятора к увеличению разрешенной ширины радиоканала для поддержки наращивания полосы пропускания (как, например, решение Федеральной комиссии США по связи, узаконившее расширение каналов в диапазонах 6 и 11 ГГц). Однако хотя эти инициативы и помогают масштабировать полосу пропускания радиоканала, их одних недостаточно для увеличения емкости радиоканала до необходимого уровня.

При переходе к модуляции более высокого порядка становится все труднее получить выигрыш в транспортной емкости из-за ухудшения производительности канала и соответствующей стоимости антенн. При этом расширение радиоканала также может отрицательно сказаться на производительности радиочастотного модуля и увеличить стоимость развертывания. В перегруженных городских районах, где больше всего востребована емкость, может быть затруднительно и даже невозможно расширить радиоканал путем суммирования (bonding) соседних каналов.

Итак, при том что поддержка модуляции высших порядков и расширение радиоканала могут способствовать увеличению полосы пропускания в СВЧ-диапазоне, сами по себе эти меры не лишены недостатков и их одних недостаточно для увеличения емкости радиоканала до необходимого уровня.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ТРАФИКА МАКРОСОТ**

Для того чтобы полностью масштабировать дефицитный СВЧ-спектр, необходим более развернутый подход с использованием методов суммирования РРЛ-каналов, в том числе:

- объединение на одной частоте каналов с разной поляризацией;
- сжатие потока данных;
- оптимальное мультиплексирование транспортируемого трафика с адаптивной модуляцией (adaptive modulation-aware);
- механизмы обеспечения качества обслуживания (QoS);
- продвинутая пакетная сеть.

Таким образом, для эффективной организации транспорта малых сот необходимо использовать все вышеперечисленные техники, а также весь набор доступных частотных диапазонов. В портфеле продуктов РРЛ компании Alcatel-Lucent можно найти

весь комплекс решений для диапазонов Sub-6, 60 и 80 ГГц с поддержкой всего требуемого функционала. Появление осенью 2014 года сервисного коммутатора Microwave Services Switch – Outdoor (MSS-O) упрощает развертывание малых сот и предлагает операторам больше вариантов размещения, позволяя при этом повысить емкость транспортного канала. А пополнение портфеля двумя новыми трансиверами – для беспроводной транспортировки мобильного трафика малых сот в диапазоне до 6 ГГц в условиях отсутствия прямой видимости в городских районах с плотной застройкой (9500 MPR Microwave Packet Transceiver-Sub6) и для диапазонов 60 и 80 ГГц в условиях прямой видимости (9500 MPR Microwave Packet Transceiver-Gigabit Services) – дает операторам еще больше гибкости при развертывании гетерогенной сети.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Переход к сетям 3G и 4G/LTE повышенной емкости одновременно с внедрением малых сот (metro cells) – это те стратегические средства, которыми операторы сотовой связи располагают для удовлетворения растущего спроса на мобильные сервисы. Вместе с тем, внедрение малых сот связано с появлением новых трудностей, так как для их оптимального расположения необходима установка в транспортной сети дополнительных беспроводных устройств. Кроме того, возникают эксплуатационные вопросы, обусловленные использованием новых, часто нелицензируемых частот в диапазонах 60, 80 и 6 ГГц (Sub-6). При таком подходе появляются также проблемы масштабирования транспортной сети макросот, в том числе масштабирования полосы пропускания, поддерживаемой в дефицитном СВЧ-диапазоне, который сегодня используется для транспортировки большей части трафика макросот.

Сотовые операторы и провайдеры транспортных сетей приходят к выводу о необходимости перехода к пакетному транспорту для поддержки расширения макросотовой сети за счет малых сот и упрощения эксплуатации сетей. При том, что решение существует, у операторов может не быть опыта и ресурсов для его реализации в требуемые сроки. Для определения правильного подхода к проектированию и построению надежной, расширяемой и устойчивой сквозной транспортной сети и необходим опыт работы с пакетным транспортом и средствами поддержки.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. ABI Research, Backhaul Options for Outdoor Small Cells. September 10, 2012.
2. Heavy Reading, Ethernet Backhaul Quarterly Market Tracker. January 2013.