

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

Д.Шнауфер¹, Г.Кон²

УДК 621.39
БАК 05.12.00

На долю телекоммуникационного сектора приходится около 4% глобального потребления электроэнергии [1]. Внедрение энергосберегающих технологий позволит существенно уменьшить энергопотребление и, как следствие, снизить выбросы в атмосферу парниковых газов (CO₂ и др.), которые образуются при выработке энергии. Ряд проектов, таких как EARTH (Energy Aware Radio and network Technologies – энергосберегающие радио- и сетевые технологии), предусматривают исследование использования энергии в телекоммуникационных сетях. Об энергопотреблении в телеком-системах и современных технологиях, направленных на его уменьшение, рассказывается в статье.

ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ

При снижении потребления энергии в мобильных устройствах по традиции акцент делался на продолжительности их работы от аккумулятора. Согласно исследованиям [2] средний срок функционирования смартфона от аккумулятора увеличился за пять лет с 310 до 430 мин.

Для минимизации потребления тока от аккумулятора при разработке телекоммуникационного оборудования применяют различные способы, такие как настройка антенны; использование усилителей мощности с высоким КПД и поддержкой технологии отслеживания огибающей (envelope tracking); адаптивное регулирование мощности передачи; повышение степени интеграции ИС. Вместе с тем, принцип оптимизации энергопотребления быстро распространяется на сети мобильной связи в целом.

Энергопотребление мобильных телекоммуникационных систем увеличивается за счет роста объемов данных, проходящих через смартфоны, планшеты, ноутбуки и цифровые "умные" телевизоры. Согласно исследованиям Международного союза электросвязи [3], сетевые магистрали используют примерно столько же энергии, сколько расходовалось на освещение всей нашей планеты в 1985 году. Суммарно затраты на передачу информации сейчас превосходят расход энергии на перемещение самолетов в глобальном масштабе.

В сегменте фиксированной связи наибольшая часть потребления электроэнергии приходится на оборудование пользователей. В мобильной связи большую часть энергии расходует аппаратура инфраструктуры сети. Недавние исследования [4] показали, что до 80% потребления в данном секторе приходится на базовые станции сотовой связи. Больше всего энергии расходуется в системах охлаждения, фидерных устройствах, усилителях мощности, процессорах, преобразователях AC/DC и DC/DC.

¹ Компания Qorvo, менеджер по маркетингу направления "Коммуникации".

² Макро Групп, ведущий product-менеджер СВЧ-направления, George.Cohn@macrogroup.ru.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ

Базовые станции разработаны таким образом, чтобы справиться с пиковыми нагрузками, минимизировать время простоя и оптимизировать работу пользователя. Но на практике сети, которые отличаются хорошей энергоэффективностью при высокой нагрузке, намного менее эффективны с точки зрения расхода энергии для передачи единицы информации в условиях низких нагрузок. В то же время очень часто [5] в течение 24 ч нагрузка в сотовых сетях далека от пиковой (рис.1).

Снижение потребления энергии в периоды низкой нагрузки на сеть значительно сократит затраты операторов и уменьшит выбросы CO₂. Такие методы, как временное отключение антенны (активирование передачи при наличии пользовательских данных), развертывание небольших ячеек и использование режимов энергосбережения в радиосети – примеры того, как можно уменьшить потребление энергии.

Режимы энергосбережения могут длиться от нескольких минут до нескольких часов и очень эффективны для снижения потребления энергии. Этот способ уменьшает потребляемую мощность и количество тепла, выделяемого оборудованием. Но проблема возникает при обратном переходе радиосистем в активный режим. Он выполняется не мгновенно, и задачи разработчиков – уменьшить воздействие любых задержек и исключить сбои при работе сети.

Применение малых базовых станций (рис.2) помогает оптимизировать затраты на эксплуатацию сотовой сети, поскольку их оборудование пассивно охлаждается

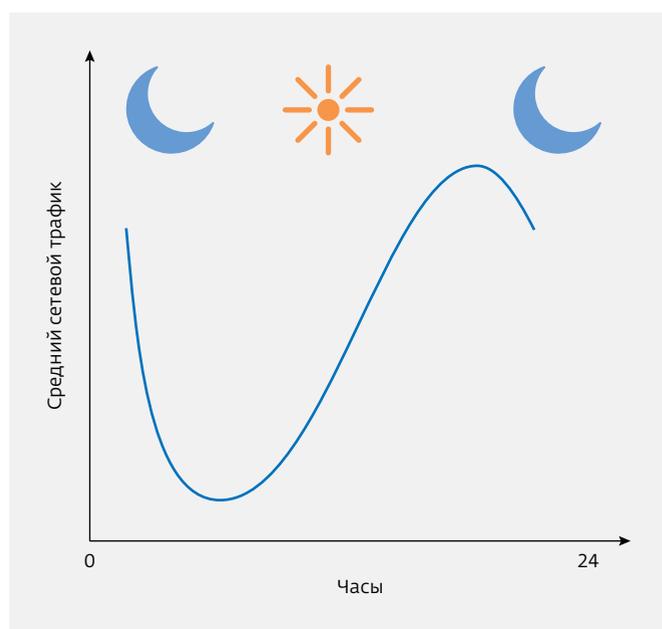


Рис.1. Суточная нагрузка на базовую станцию

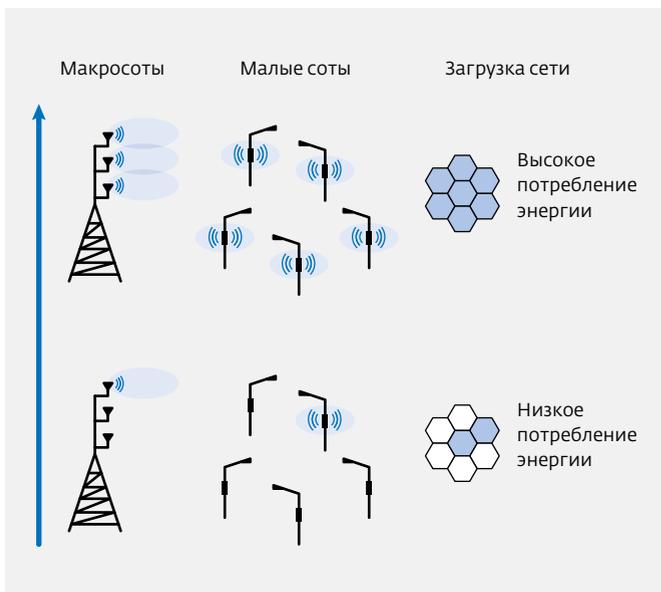


Рис.2. Использование сот разных размеров для различной загрузки сотовой сети

и отличается гораздо меньшей мощностью радиоизлучения. Преимущества для пользователя – в большем времени работы аккумулятора из-за меньшего расстояния от пользовательского устройства до базовой станции. Операторы связи могут выбирать из нескольких типов малых базовых станций (например, фемтосоты, пикосоты или микросоты) исходя из достижения требуемого покрытия сети при поддержании мощности станции на минимальном уровне, достаточном для обеспечения высокого качества соединений с большой пропускной способностью и малыми задержками.

Традиционные (макро) базовые станции также становятся более эффективными. Надежность и устойчивость к воздействию окружающей среды активных компонентов радиостанций значительно повысилась за последнее десятилетие, что позволяет использовать выносные радиомодули (Remote Radio Head, RRH), размещаемые на вышках сотовой связи. Преимущества таких модулей – возможность пассивного охлаждения и минимизация потерь в подводящих проводах благодаря близкому расположению RRH к антенне. За счет снижения этих потерь можно вдвое уменьшить мощность передатчика при сохранении той же мощности радиочастотного сигнала, подводимого к антенне. Кроме того, улучшенные шумовые характеристики приемного тракта позволили снизить мощность передатчика мобильного устройства для обеспечения того же соотношения сигнал/шум.

Архитектура базовых станций также меняется, обеспечивается поддержка технологии FD-MIMO (full-dimensional MIMO). В системах FD-MIMO используется большое количество активных приемопередатчиков, индивидуально подающих сигналы на антенны, расположенные близко друг к другу в двухмерной матрице. Такие системы позволяют минимизировать взаимные помехи между пользователями, увеличить емкость сети и формировать диаграмму направленности антенны как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях.

С точки зрения энергопотребления эта архитектура дает возможность одной базовой станции обслуживать большее количество пользователей. Она также снижает требования к усилителю мощности. Во-первых, общая подаваемая мощность базовой станции разделена между большим количеством меньших усилительных модулей, которые распределены по большей площади, что

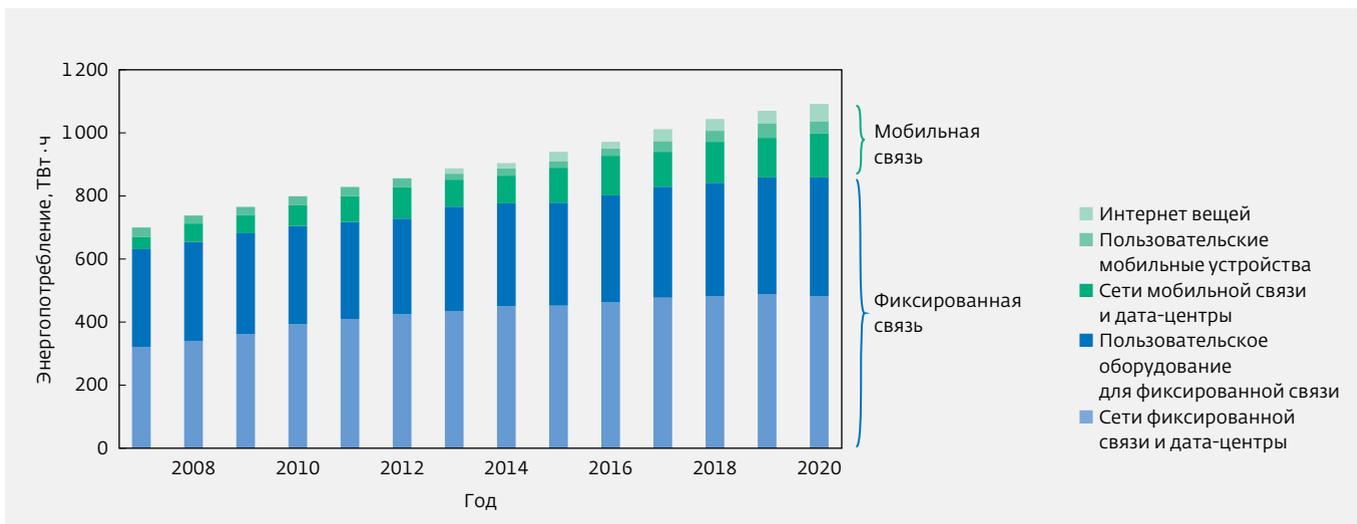


Рис.3. Глобальное потребление энергии телекоммуникационными сетями мобильной и фиксированной связи. Источник: *Edie Newsroom, 2015*

облегчает пассивное охлаждение. Во-вторых, что, возможно, более существенно – большая активная антенная решетка может формировать игольчатые диаграммы направленности, которые обеспечивают значительное увеличение коэффициента усиления антенны. Это означает, что мощность, проводимая к каждому усилителю, может быть значительно ниже. Комбинация более высокой емкости сети и расширенного охвата также способствует уменьшению количества дополнительных базовых станций и снижению энергопотребления сети в целом.

Сети радиодоступа с использованием облачных технологий (cloud-based radio access network, C-RAN) и виртуализация сетевых функций также влияют на потребление энергии. Данные решения позволяют объединять и распределять вычислительные ресурсы по мере того, как трафик изменяется в течение дня, а также снижать объем обработки на каждой базовой станции.

В заключение отметим, что потребление энергии, как и численность населения, продолжает расти (рис.3).

Объем потребления энергии в будущих фиксированных и беспроводных сетях будет увеличиваться. Гетерогенные сети (HetNets), состоящие из размещенных в важных местах небольших ячеек, так же, как и технологичные макробазовые станции, будут необходимы для решения проблемы энергопотребления

и снижения эксплуатационных расходов. Продолжая использовать технологические достижения, такие как FD-MIMO, отслеживание огибающей, GaN-усилители мощности со схемами Догерти и др., разработчики оборудования прокладывают путь к более "зеленому" будущему, с низкими выбросами CO₂.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Koutitas G.** A Review of Energy Efficiency in Telecommunication Networks // IEEE Telfor Journal. 2010. Vol. 2. № 1.
2. **Pratt C.** Smartphone battery life over the years: A surprising study. – https://www.phonearena.com/news/Smartphone-battery-life-over-the-years-A-surprising-study_id82315
3. **Mills M. P.** The cloud begins with coal. Big data, big networks, big infrastructure and big power. – http://www.electronicsilentspring.com/wp-content/uploads/2016/02/Cloud_Begins_With_Coal.pdf
4. **Auer G. et al.** How Much Energy is Needed to Run a Wireless Network? // IEEE Wireless Communications. 2011. Vol. 18. № 5. P. 40–49.
5. 2014-2, Ericsson review. The communications technology journal since 1924. – https://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/publications/ericsson_review/2014/er-radio-network-energy-performance.pdf