



**Услугами 4G  
уже пользуется  
пятая часть  
всех абонентов  
мобильной связи.**

**Василий ТКАЧЕНКО**

# LTE: на пути к пятому поколению

**К**оличество абонентов LTE в мире перевалило за миллиард, а число запущенных в коммерческую эксплуатацию сетей превысило 500. Четверть операторов уже внедрили следующую итерацию — LTE-A, а некоторые успели запустить технологию следующего поколения — LTE-Advanced Pro, которая обеспечивает пиковые скорости на уровне 1 Гбит/с и выше. Тем временем постепенно обретает очертания следующее поколение мобильной связи 5G, первые внедрения которой планируются уже в ближайшие годы. Производители оборудования уже тестируют и демонстрируют технологии, которые лягут в основу 5G.

В традиционном обзоре «СиБ» представляет срез ситуации по состоянию на конец лета 2016 года и дальнейший путь эволюции технологии.

## Люди и сети

Согласно последнему на момент написания статьи отчету GSA, в июле текущего года по всему миру работала 521 сеть LTE в 170 странах. Еще 217 операторов так или иначе заявляли о планах внедрения LTE, 30 из них провели испытания. GSA прогнозирует, что к концу года количество сетей LTE в коммерческой эксплуатации достигнет 560. Среди наиболее значимых новичков можно выделить трех турецких операторов (Turkcell, Turk Telecom и Vodafone Turkey), которые вступили в LTE-клуб 1 апреля, а также две индийские компании — India Cellular и Vodafone India, запустивших LTE соответственно в декабре

прошлого года и в марте нынешнего. Добавились сети LTE в Кыргызстане, Казахстане, Узбекистане и Беларуси. LTE теперь есть даже в Сомали: оператор Somcable предоставляет доступ с 5 января.

При этом GSMA Intelligence отмечает, что пик развертываний пройден в прошлом году, теперь количество новых операторов и стран, в которых появляется LTE, пойдет на спад. На данный момент технологию не внедрили еще около 70 стран, на которые приходится порядка 8% абонентов мобильной связи в целом по миру. Большинство из этих стран — это небольшие рынки, до миллиона потенциальных абонентов.

С другой стороны, до насыщения абонентской базы еще далеко. GSMA оценивает, что в развитых странах сети LTE уже имеют национальный масштаб, но в развивающихся регионах покрытие в среднем охватывает менее 50% населения, в целом же услугами 4G пользуются менее четверти всех абонентов мобильной связи. Наибольший уровень проникновения демонстрирует Северная Америка (60%), в Европе этот показатель составляет 30%, а в странах «третьего мира», где есть LTE, едва дотягивает до 15%. Что касается распределения абонентской базы между регионами, то портал Statista приводит прогнозные цифры (рис. 1): к концу 2016 года на Азиатско-Тихоокеанский регион будет приходиться почти 42%, на Северную Америку — почти 22%, на Западную Европу — почти 16%.

Численные показатели таковы: по данным GSA на второй квартал (самым свежий на момент написания статьи), больше всего абонентов LTE в Азии (более 838 млн), из них более 590 млн приходится на Китай. На втором месте Северная Америка (268 млн), в Европе почти 200 млн, в Латинской Америке и на Карибах — 82 млн, на Ближнем Востоке — чуть более 50 млн, и 10 млн с небольшим — в Африке. В России, между прочим, почти 20 млн абонентов LTE.

В конце прошлого года количество пользователей в мире перевалило за 1 млрд. На конец второго квартала их численность достигла 1,453 млрд, а это значит, что каждый пятый абонент мобильной связи в мире подключен к сети LTE. За год база LTE увеличилась на 684 млн — это соответствует росту в 89%. Во втором квартале (это последние на данный момент цифры) скорость подключения оказалась в 4 раза выше, чем в системах HSPA (160 против 40 млн), тогда как число пользователей GSM в мире сократилось на 100 млн. GSA прогнозирует, что в 2019 году абонентов в сетях LTE станет больше, чем в 3G, а к 2020 году в мире их станет более 3,8 млрд, что составит 45% мировой базы абонентов мобильной связи.

## Покрывание и скорости

Уровень покрытия в разных странах можно посмотреть на сайте краудсорсингового проекта Open Signal, который анализирует данные, собранные непосредственно со смартфонов

с помощью специального приложения. Open Signal оценивает покрытие по совокупному времени, в течение которого пользователи подключены к сети LTE. По итогам 2015 года лидирует Южная Корея (97% территории), где одна из компаний (LGT) достигла показателя 99,6%, за ней следуют Япония и Гонконг (соответственно 90 и 86%), всего же рубеж в 80% покрытия преодолели пять стран. При этом в Корее и Японии уровень покрытия LTE превысил показатель 3G.

Корейские и сингапурские компании, опять-таки, оказались на первых местах по совокупности показателей покрытия и скорости передачи в направлении абонента. Самая высокая средняя скорость оказалась в Сингапуре — 37 Мбит/с, причем один из местных операторов показал 40 Мбит/с. Средняя скорость LTE в мире составила 13,5 Мбит/с, на целый мегабит больше по сравнению с прошлым исследованием. Скачок значительный: в 2014 году ни у одной компании средняя скорость не выходила за пределы 20 Мбит/с, а по миру едва превышала 9 Мбит/с. Рост объясняется инвестициями в инфраструктуру и развитие LTE-A в ряде стран, таких как Сингапур, Корея, Дания и Австралия, а также развертыванием новых сетей в различных регионах, хотя действует и обратный фактор: с увеличением числа абонентов скорости в этих новых сетях падают. В то же время страны LTE, такие как Швеция, Япония и США, начали отставать из-за отсутствия свободного спектра или «перенаселенности» сетей.

Ресурс отмечает, что это больше среднемировой скорости Wi-Fi (всего лишь 6 Мбит/с, что объясняется значительными различиями в проводной инфраструктуре в разных странах). При этом LTE не дотягивает до планки в 25 Мбит/с, которую многие страны теперь используют для определения широкополосного доступа. Настоящий мобильный ШПД, вероятно, обеспечит уже связь пятого поколения.

Что касается основных производителей оборудования, то «большая пятерка» стала «большой четверкой» после того, как *Nokia* купила *Alcatel-Lucent*. В «магическом квадранте сетевой инфраструктуры» Gartner, который был опубликован в августе, лидерами традиционно называются *Nokia*, *Ericsson*, *Huawei* и — с большим отставанием — *ZTE*.

### Терминалы

GSA по состоянию на июль насчитала свыше 5,6 тыс. моделей абонентских устройств, поддерживающих LTE, что на 72% больше, чем за год до того. За тот же период количество компаний-производителей выросло почти на половину (сейчас их 455). «Экосистема» (рис. 2) почти на две трети состоит из смартфонов, почти все они (98,5%) также поддерживает те или иные технологии 3G. Растет и номенклатура планшетов с LTE.

Более половины всех устройств (всего 2864) относятся к терминалам категории 4, обеспечивающим передачу данных в сторону абоненту с пиковой скоростью 150 Мбит/с. Число терминалов категории 6 перевалило за 300. Также появились 43 устройства категории 9 (до 450 Мбит/с), 1 терминал категории 11 (600 Мбит/с) и 12 категории 12 (для симметричной передачи по 100 Мбит/с). Из обще-

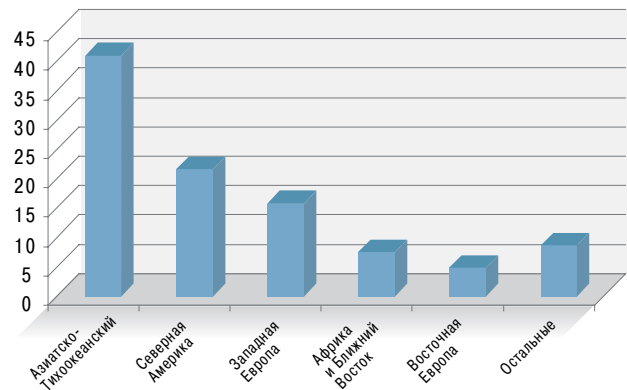


Рис. 1. Региональное распределение численности абонентов LTE по состоянию на конец 2016 года (данные Statista)

го числа 430 устройств поддерживают технологию VoLTE, в основном это смартфоны, что логично. По состоянию на август терминалы категории 6 могли использоваться в 103 сетях, из них половина поддерживала скорость 300 Мбит/с, и еще 30 сетей проходили тестирование.

### Частоты

Частоты, используемые операторами FDD LTE, приведены на рис. 3. Как и прежде, большинство сетей работают в диапазоне 1800 МГц, который достаточно свободен и обеспечивает хороший баланс между покрытием и скоростями передачи. На втором и третьем местах 2600 и 800 ГГц, при этом нужно подчеркнуть, что нередко операторы используют два и более взаимодополняющих диапазона, тем более в LTE-A с агрегацией несущих.

Среди экзотических полос частот можно назвать 450 МГц, которая не гарантирует большой абонентской емкости, но обладает хорошей дальностью связи (до 20 км), к тому же, сигнал хорошо проникает в помещения и подвалы. На данный момент эту технологию используют всего горстка операторов. Первым стал финский *Ukko Mobile*, который создал покрытие в дополнение к сети LTE-A, использующей диапазон 2,6 ГГц. В мае нынешнего года сеть LTE-450 запустил оператор *Tele2* в России. В июле LTE-450 внедрил «Вымпелком» в Армении. Британский оператор *EE* включил LTE-450 в сентябре, начав со стадиона «Уэмбли» и обеспечив агрегацию несущих в трех диапазонах.

Что касается верхней части спектра, то применение

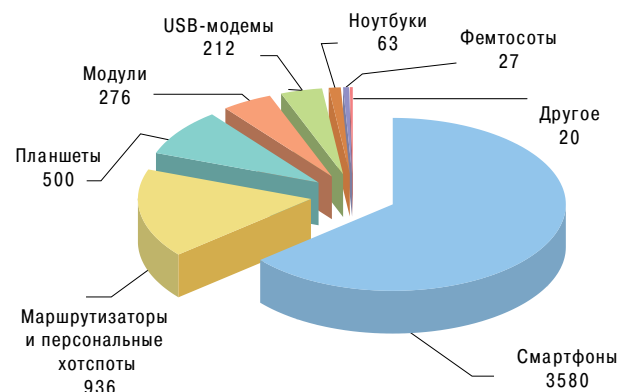
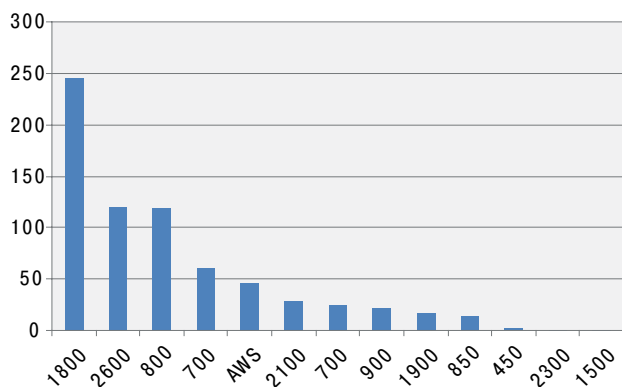


Рис. 2. Количественное распределение типов абонентских устройств LTE FDD по состоянию на август 2016 года (данные GSA)



**Рис. 3.** Использование частот операторами LTE FDD по состоянию на август 2016 года (данные GSA)

полосы 3,5 ГГц пока также ограничено — ее используют, например, канадские оператор Bell Mobility и CCI Wireless для организации фиксированного Интернета. Демонстрации, в том числе агрегация несущих с использованием 3,5 ГГц, проводились в Китае, и многие операторы по всему миру получили лицензии и/или тестируют технологию.

Но здесь LTE уже заходит на территорию Wi-Fi, для сосуществования с которой прорабатываются несколько вариантов. Так, есть технология LTE-U, использующая нелицензируемый спектр. Она была предложена в конце 2014 года компанией Qualcomm, которую поддержали Alcatel-Lucent, Ericsson, Samsung и крупные американские операторы. Производители оборудования Wi-Fi тогда выступили против, утверждая, что LTE будет заглушать сигналы Wi-Fi. Поэтому LTE-U сейчас разрешена лишь в некоторых странах (в том числе в США, Китае, Индии и Японии). В сентябре объединение Wi-Fi Alliance объявило о выработке плана испытаний продуктов LTE-U, который должен определить возможность сосуществования Wi-Fi и LTE в общем спектре.

В остальном мире, очевидно, получит применение технология LAA (Licensed Assisted Access), которая стандартизована 3GPP и устраняет недостатки LTE-U благодаря функции «слушай, прежде чем говорить» (связь допускается только по каналам, в которых не работают другие передатчики).

## Эволюция продолжается

Технология LTE-Advanced становится таким же мейнстримом, каким была LTE «начального» уровня несколько лет назад. На сегодняшний день ее уже внедрили полторы сотни операторов в 70 странах, то есть более четвертой части всех компаний, использующих LTE. Правда, речь в основном все еще идет об агрегации несущих. Самые высокие заявленные пиковые скорости — у австралийской Telstra (600 Мбит/с) и датского оператора TDC (412 Мбит/с). Еще три десятка компаний тестируют LTE-A.

Также 82 компании в 43 странах уже запустили услугу передачи голоса по LTE в высоком качестве (VoLTE HD). Таким образом, 4G перестает быть сервисом только для скоростного интернет-доступа, превращаясь в конвергентную услугу. Две компании (американская T-Mobile и японская DoCoMo) ввели поддержку стандартизированной

ванного в 3GPP Release 12 кодака EVS, который предусматривает использование полосы 20 кГц, что обеспечивает еще более высокое качество передачи речи. Две компании (СТМ в Макао и турецкая Turkcell) запустили услугу видео по LTE (VoLTE). Сервис LTE-вещания (LTE Broadcast, он же LTE Multicast), обеспечивающий одновременную рассылку мультимедийного контента на множество пользовательских устройств, в коммерческую эксплуатацию запустили также две компании: KT в Корее и Verizon в США, при этом ведущие компании Северной Америки, Европы и Юго-Восточной Азии продолжают ее тестирование и развертывание.

Следующим шагом является LTE-Advanced Pro — технология, окончательно стандартизованная 3GPP в марте этого года с выходом Release 13. Среди новых функций — агрегация до 32 несущих, взаимодействие с Wi-Fi и использование нелицензируемого спектра в диапазоне 5 ГГц, 3D-MIMO с использованием до 64 антенн, позиционирование в пределах здания и т.п. Все эти меры обеспечат скорость передачи в направлении абонента на уровне 1 Гбит/с — что, собственно, и являлось одним из требований к сетям 4G. Кстати, 3GPP одновременно стандартизировал и технологию LTE-M, нужную для «Интернета вещей» — она предусматривает передачу данных на скорости несколько кбит/с.

Тестирование LTE-Advanced Pro шло на протяжении всего года — например, Swisscom провел испытания на оборудовании Ericsson и достиг пиковой скорости 1 Гбит/с, запуск в коммерческую эксплуатацию планируется в следующем году. Канадский оператор Telus модернизировал до LTE-Advanced Pro участок своей сети в Ванкувере. Deutsche Telecom достиг скорости 1,22 Гбит/с с использованием оборудования Huawei

## Украинский путь

Тем временем Украина остается одним из немногочисленных «белых пятен» на мировой карте LTE, хотя кое-какие подвижки происходят — но медленно, как с пресловутым безвизовым режимом. Как известно, план состоит в том, чтобы сначала провести расчистку и дефрагментацию спектра, а уже затем — аукцион. В конце июля оператор «Интеллектуальные коммуникации» (TM Giraffe), провел тест LTE в диапазоне 2,3 ГГц, который использует для предоставления услуг доступа по технологии WiMAX — однако, насколько известно, дальше тестов дело так и не пошло и попытка таким образом получить лицензию на LTE без конкурса ничего не дала. Ранее НКРСИ отказала в выдаче лицензии на LTE другой компании — «Эс-Лайн», мотивировав отсутствием финансовой и технической возможности у этого оператора.

В начале сентября в Верховную раду был внесен проект закона «О радиочастотном ресурсе», который вводит принцип технологической нейтральности — в случае его принятия для использования технологии согласование со стороны государства будет уже не нужно. По оптимистичным оценкам, запуск LTE в Украине состоится где-то в 2018 году.

**Василий ТКАЧЕНКО, Сиб**