

# Переход от LTE-Advanced к 5G

**Современные средства связи развиваются с невероятной скоростью. Только появилось четвертое поколение и еще не успело полноценно развиваться, а уже анонсировано пятое. Авторы предпринимают попытку разобраться, будет ли новый стандарт выгодно отличаться предыдущего или станет еще одним «из».**

**Владислав Долгун**  
dolgun.vlad@mail.ru

**Ольга Козлова**  
K\_Olga\_A@mail.ru

## Введение

Одним из ключевых понятий современного мира стала информация. Для ее хранения, обработки и использования ежедневно разрабатываются сотни методов. Но, так или иначе, на передний план всегда выходит своевременная и качественная передача данных. Если 10 лет назад стационарный компьютер, подключенный к Интернету, был в состоянии удовлетворить потребности человека, то сейчас нам зачастую необходимо передать какую-либо информацию в ситуации «здесь и сейчас». И тут на помощь приходят мобильные технологии.

На сегодня в мире насчитывается четыре поколения сотовой связи. Но уже сейчас существует анонс пятого поколения. Ориентировочно сеть 5G будет доступна для мобильных пользователей к 2020 г. При этом состояние современного рынка свидетельствует о том, что, несмотря на бурное развитие технологий, второе, третье и четвертое поколения существуют параллельно, а не замещают друг друга. Причем ко второму поколению и стандарту GSM вопросов нет: количество абонентов, подключенных к нему

во всем мире, ежедневно растет. Третье поколение и стандарт Wi-Fi тоже заняли свою нишу. А вот что относится к четвертому поколению, до сих пор является спорным вопросом. Так есть ли смысл в стандарте (стандартах) 5G и что это будет такое с точки зрения пользователя? Схематично сравнение возможностей сетей 3G, 4G и 5G показано на рис. 1.

## Что такое 4G?

Для начала проанализируем, что же представляет собой существующее на сегодня последнее поколение.

Стандарт сети 4G предполагает предоставление услуг посредством протокола IP и подразумевает под собой в первую очередь две технологии: WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) и LTE (Long-Term Evolution). Конечно, это не единственные стандарты 4G, но на слуху именно они.

Для успешной работы технологии WiMAX необходимы базовая станция и приемник. Приемник и антенна базовой станции соединяются в низкочастотном диапазоне 2–11 ГГц. Пропускная способность стандарта — до 1 Гбит/с, радиус действия до 10 км. Схема работы сети 4G показана на рис. 2.

Однако прогнозы в основном говорят, что технология LTE со временем полностью вытеснит технологию WiMAX. И на данный момент некоторые авторы, говоря про сеть 4G, уже подразумевают только LTE.

Согласно исследованиям, в мире к концу 2015 г. насчитывалось приблизительно 400 коммерчески используемых сетей LTE в более чем 138 странах мира.

В основу работы LTE положен принцип передачи данных между базовой и мобильной станциями. Сеть делится на узлы радиодоступа и узлы опорной станции. Чтобы обеспечить двустороннюю передачу данных между базовой и мобильной станциями, стандарт использует частотный и временной дуплекс [1]. Для обеспечения множественного доступа сеть использует OFDMA в нисходящем канале













Поколение	 <b>3G</b>	 <b>4G</b>	 <b>5G</b>
Скорость	384 кБит/с	1 Гбит/с	10 Гбит/с
Возможности	 SMS  доступ в интернет	 SMS  доступ в интернет  мультимедиа	 SMS  доступ в интернет  мультимедиа  интернет вещей

Рис. 1.

и CS-FDMA в восходящем. OFDMA базируется на совокупности модульных ортогональных несущих — до 2048, в противовес 256 технологии OFDM, используемой в стандарте Wi-Fi. OFDM диктует устройству передачу данных, используя весь набор поднесущих, тогда как OFDMA поддерживает передачу данных на поднесущих выделенного пользователю канала, что увеличивает мощность передатчика.

К основным преимуществам технологии OFDMA можно отнести уменьшение взаимных помех у устройств со всенаправленными антеннами и большую гибкость устройств с разными типами антенн [2].

На увеличение скорости передачи данных также направлена и технология MIMO (Multiple Input–Multiple Output), которая, в отличие от предыдущих стандартов, была заложена в LTE с самого начала. Увеличение скорости достигается использованием разных антенн, которые могут передавать разные потоки данных. Также разные антенны могут повышать надежность, передавая одни и те же данные [1].

Если говорить о скорости передачи данных, то LTE предполагает 150 Мбит/с, что позволяет смотреть фильмы в режиме он-лайн, играть в игры, слушать музыку и т. п.

Наконец, нельзя забывать, что когда мы говорим об LTE, то имеем дело с мобильными технологиями, а значит, и со скоростью перемещения. В принципе, система способна сохранять характеристики при скорости передвижения до 350 км/ч, а при скорости до 500 км/ч поддерживать высокие показатели. Обе эти цифры во много раз превышают возможную скорость перемещения пешехода или даже автомобилиста.

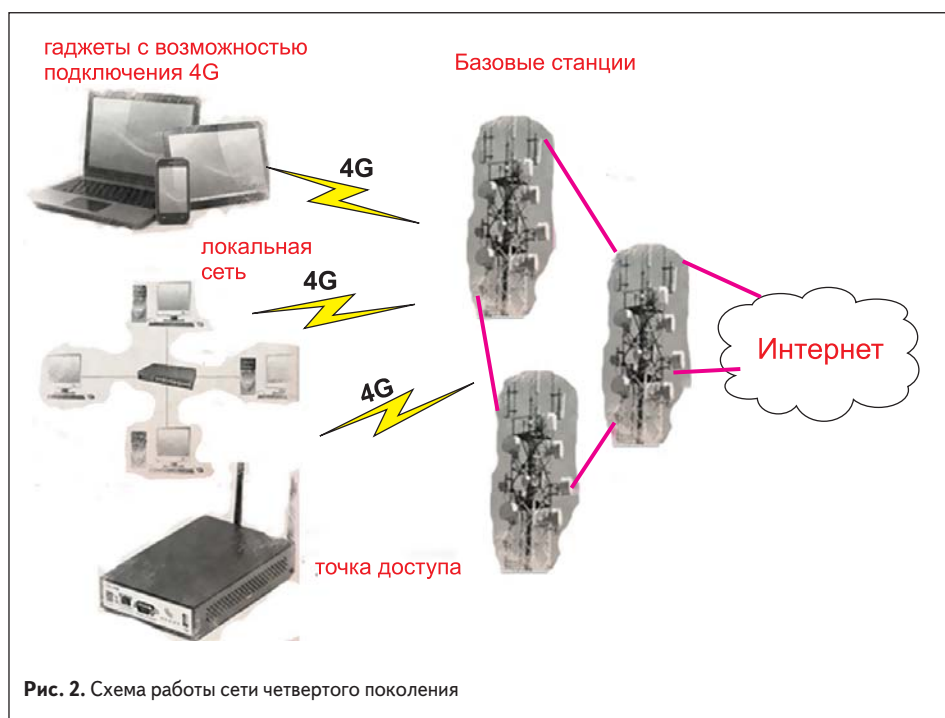
### LTE-Advanced — шаг вперед

Стандарт LTE занял свою нишу с учетом снижения стоимости услуг и более гибкого использования новых и существующих частот и получил свое развитие в технологии LTE-A (LTE-Advanced).

В первую очередь новый стандарт продекларировал увеличение скорости до 1 Гбит/с. Естественно, проще всего это может быть достигнуто с помощью расширения пропускного канала, которое в LTE-A обеспечивается за счет совмещения несущих. Этот метод носит название Carrier Aggregation. Объединение несущих может, в данном случае, достигать 5, увеличивая суммарную ширину канала до 100 МГц. Причем, объединенные несущие могут располагаться как в непрерывном частотном диапазоне, так и в разных частотных диапазонах; но общее количество объединенных несущих в нисходящем диапазоне должно быть больше количества объединенных несущих восходящего диапазона [3].

В результате для LTE-A в разных источниках предлагаются разные скоростные варианты, но максимальное заявленное значение — 1 Гбит/с у стационарных абонентов и 300 Мбит/с у передвижных.

Что же мы получаем в реальности? Тут, увы, все не так радужно. Максимальные показатели достижимы только при нагрузке одного-единственного абонента на базовую станцию, что, учитывая количество абонен-



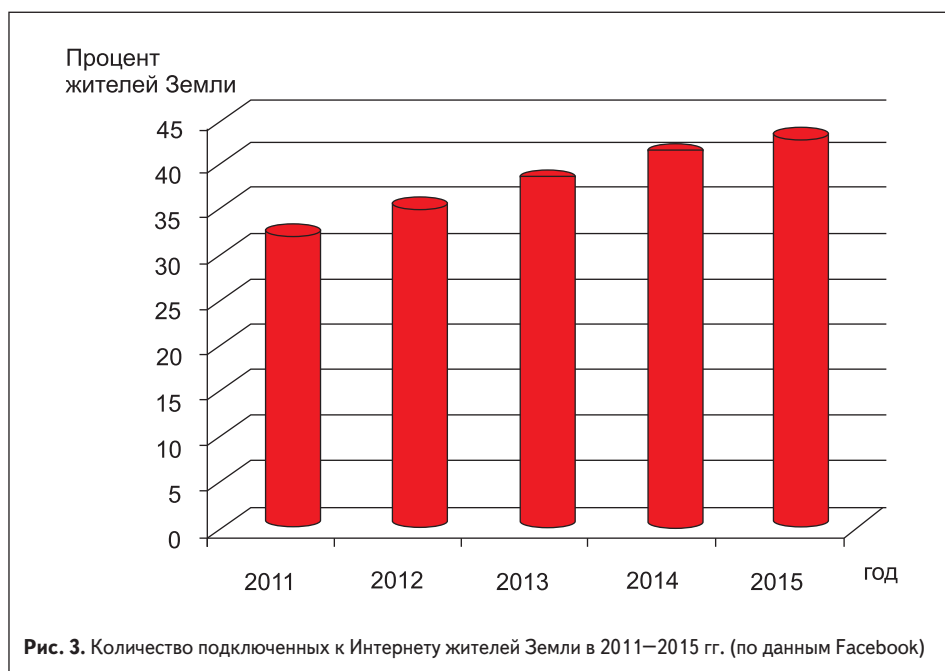
тов каждого оператора, просто невозможно. А с каждым новым человеком нагрузка только растет. В результате даже те тарифы, которые предполагают безлимитный трафик, на деле вносят ограничения.

### 5G — не роскошь, а необходимость

На рис. 3 показан рост пользователей Интернета за последние пять лет. По данным из различных источников, к 2020 г. их количество возрастет до 5 млрд чел. А значит, количество скачиваний данных различной «тяжести», количество абонентов, слушающих музыку и смотрящих видео в онлайн-режиме, а также использующих прочие услуги, тоже пропорционально возрастет. Следует учитывать также, что потребности людей непрерывно

растут: если еще совсем недавно примитивные flash-игры на мобильном телефоне считались верхом развития игровой индустрии, то сейчас большинство абонентов хотят иметь хорошую графику, 3D-эффекты, качественные саундтреки, а производители гаджетов с удовольствием идут навстречу клиентам. Все это неизбежно приведет к тому, что существующие сейчас сети просто не справятся с увеличившейся нагрузкой. Если говорить о промышленности, то тут в первую очередь имеет значение «Интернет вещей» — концепция, предполагающая бесперебойную связь с высокой скоростью. Но сегодня это далеко не всегда можно гарантировать.

Таким образом, все это в совокупности и подвело к необходимости новой концепции сети. Как она будет реализовываться, сейчас сказать сложно. На передний план, естественно, выхо-



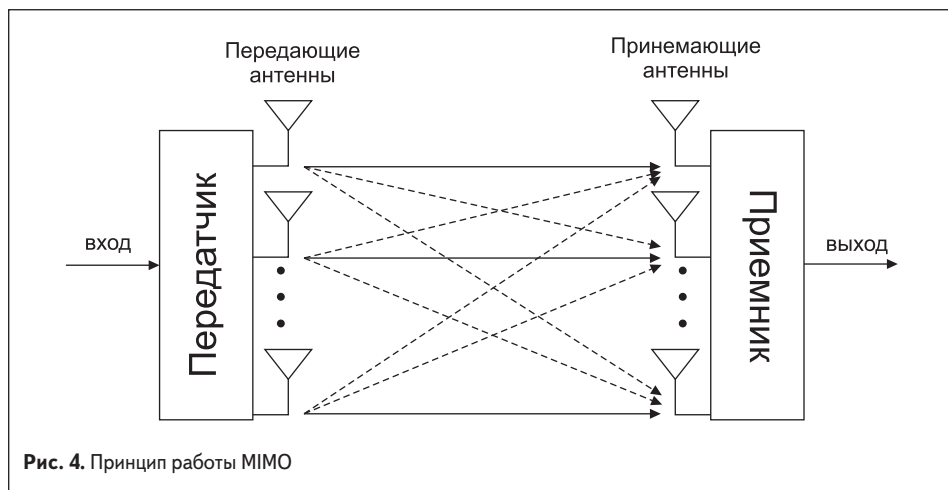


Рис. 4. Принцип работы MIMO

дит увеличение скорости посредством высокой широкополосности — по прогнозам, от 10 до 100 Гбит/с. При этом задержка сети не будет превышать 10 мс. Это позволит подключать устройства различной сложности.

Также предполагается, что благодаря адаптации сети, которая будет автоматически распределять размер полосы пропускания в зависимости от нагрузки (типа устройства или в зависимости от приложения, которое с данного устройства запущено), в прошлое уйдет понятие «падения сети», снижения скорости во время работы и прочие неудобства, связанные с увеличением количества абонентов.

Как уже говорилось, технология MIMO предполагает использование разных антенн (рис. 4). Это, без сомнения, преимущество. Однако стоит понимать, что увеличивать количество антенн до бесконечности невозможно: размер телефонов будет также расти, превращая их из мобильных в стационарные. К тому же не стоит забывать и о том, что кроме данных (голосовых, графических, прочих — информации пользователя) необходимо передавать еще и служебные сигналы.

Предполагается, что 5G сможет решить и эту проблему. Во всяком случае, устройства, которые находятся достаточно близко друг к другу (мера близости характеризуется техническими характеристиками конкретных устройств, но составляет приблизительно не более десятка метров), смогут передавать личные данные непосредственно от устройства к устройству,

минуя сеть, тогда как по сети пойдут только служебные сигналы.

Разумеется, это не ново, но в этом и заключается основная концепция: не новая технология, но интеграция всех имеющихся. В ряде публикаций даже обозначается, что 5G исключит аппаратную составляющую, используя уже имеющееся оборудование. Зато именно программным образом будет возможно переключение между сетями. Например, при выходе из зоны действия 4G автоматически начнет функционировать 3G, если же и она будет недоступна, то в ход пойдет 2G. Справедливости ради надо сказать, что операторы уже сейчас продают свои модемы с этой услугой, но в реальности перехода не происходит не только в автоматическом, но и в ручном режиме. И получается, что если абонент попадает в промежутки вне зоны действия 4G, которых у нас не так уж и мало, то он просто лишается Интернета.

Если говорить о базе, то 5G будет основываться на стандарте IMT-2020.

### Что сделано на сегодня

Уже известно, что в Японии были проведены первые испытания, которые прошли успешно. Остальные страны, работающие на рынке инфокоммуникационных технологий, не отстают. Так, в университете Суррея (Великобритания) при помощи инновационного набора оборудования была достигнута рекордная на данный момент скорость передачи — более 1 Тбит/с.

Публичную демонстрацию университет предполагает произвести в 2018 г.

В России также планируется первый запуск 5G к 2018 г., а именно к чемпионату мира по футболу. Сразу несколько компаний уже тестируют новую технологию [4].

На сегодня существует технология LTE-U (LTE Unlicensed), смысл которой вытекает из ее названия: использование стандарта LTE на нелицензируемом спектре частот. Конечно, это допускается только на маломощных базовых станциях и предназначается для работы в закрытом пространстве. Использование набора небольших диапазонов неиспользуемых частот приводит к увеличению пропускной способности.

Не обошел вниманием новый стандарт и широко распространенную технологию Wi-Fi. Однако применение ее тут несколько необычно, а именно — для проектирования локальных сетей. Для одновременного использования LTE и Wi-Fi была разработана технология Link Aggregation, которая делает возможным использование обоих стандартов в устройствах, поддерживающих одну из технологий [5]. Но нюансов использования LTE-U пока что слишком много. И неизвестно, будут ли они преодолены, или технология так и не получит широкого распространения.

### Заключение

Резюмируя все вышеизложенное, можно заключить, понятно, что новая технология будет. Она обоснована предпосылками, и работа над ней уже перешла на стадию испытаний, в том числе и на открытом пространстве. Однако смогут ли быть реализованы анонсированные показатели и выполнены поставленные задачи, или стандарт станет просто «перевалочным пунктом» для следующей технологии, можно будет узнать только когда произойдет коммерческий запуск сетей 5G. ■

### Литература

1. [http://anisimoff.org/lte/lte\\_performance.html](http://anisimoff.org/lte/lte_performance.html)
2. <http://bwa.lgp.kz/ofdm.php>
3. <http://anisimoff.org/lte/lte-advanced%20overview.html>
4. <http://wimax.livebusiness.ru/tags/5G/>
5. <https://blog.kaspersky.ru/lte-unlicensed-explanation/8415/>