

ТЕХНОЛОГИИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ 5G: анализ и перспективы

А.Оссейран (Afif Osseiran), Ph.D., ведущий исследователь Ericsson

Стандарт 5G – новый этап развития беспроводных технологий, который обеспечит неограниченный доступ к сети для индивидуальных пользователей и устройств. Это будет полностью интегрированное сочетание усовершенствованных моделей беспроводных и дополнительных технологий, используемых в настоящее время. Реализация проекта "5G к 2020 году" сделает возможным поистине неограниченный доступ к информации.

С момента своего появления сети мобильной связи непрерывно эволюционировали; возникли новые типы пользовательских устройств – смартфоны и планшеты. Возможности, которые предоставляют мобильные технологии, уже давно вышли за рамки голосовых услуг: мы получили новые способы общения и обмена данными. Неудивительно, что распространение мобильных устройств привело к экспоненциальному росту трафика в сетях по всему миру. Однако это только начало той революции, которую приближает активное развитие технологий, соединяющих общество.

С развитием мобильных сетей и их адаптацией к новым типам устройств и услуг – от интеллектуальных электросчетчиков, автомобилей и бытовых приборов до промышленных объектов – к этим сетям выдвигаются новые и самые разнообразные требования. Поэтому подход "одна технология для всех" вряд ли может быть эффективным для удовлетворения растущего числа потребностей со стороны бизнеса, общества и отдельных пользователей.

Технологии продолжают свое развитие, наращивая производительность и увеличивая возможности. В дополнение к существующим технологиям радиодоступа появятся также новые

технологии, которые позволяют решать непосильные для 3G/4G задачи. Интеграция уже существующих и новых технологий будет способствовать появлению целого ряда новых услуг. В долгосрочной перспективе такого развития появится то, что мы называем 5G, т.е. набор органически интегрированных технологий радиодоступа.

LTE – это эволюционный шаг в развитии технологий мобильной связи, так же как и развитие HSPA и Wi-Fi. Но и GSM будет играть важную роль, продолжая оставаться доминирующей технологией во многих уголках земного шара и после 2020 года (рис.1). Поэтому речь идет не о замене существующих технологий на 5G, а, скорее, об их развитии и дополнении новыми технологиями радиодоступа, предназначенными для конкретных сценариев и определенных целей.

Вызовы 2020 года и последующих лет

Основные требования, предъявляемые пользователями к сетям мобильного широкополосного доступа (МШПД), прежде всего, касаются производительности.

Современные сети развиваются так, чтобы в будущем доступ к данным осуществлялся мгновенно, а оказание услуг происходило без задержек и не прерывалось из-за ненадежной связи.

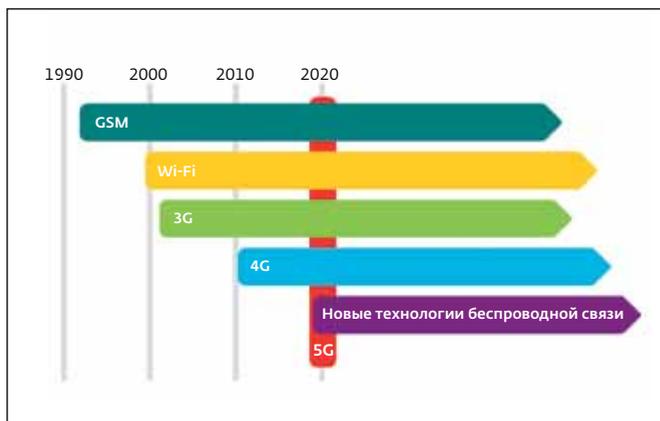


Рис.1. 5G – это полностью интегрированное сочетание усовершенствованных моделей беспроводных и дополнительных технологий, реализация которого запланирована уже к 2020 году

Значение МШПД для общества и бизнеса неуклонно растет, и зачастую надежная связь становится вопросом жизни и смерти, особенно если речь идет об обеспечении надежного соединения для работы медицинских и спасательных служб.

Стремительно увеличивается количество подключенных устройств. Общая тенденция такова, что в конечном итоге будет подключено все, что может выиграть от подключения к сети, начиная от светофоров и бытовой техники до автомобилей, медицинского оборудования и систем электроснабжения. Это открывает неограниченные возможности для людей, бизнеса и общества. Эффективные и высокопроизводительные решения, необходимые для такого рода подключений, могут быть реализованы на базе стандарта 5G. Однако на пути воплощения этой идеи возникает ряд сложностей, которые необходимо предусмотреть.

Последние несколько лет мобильный трафик демонстрирует устойчивый рост, и эта тенденция продолжится и в будущем. На основании различных прогнозов [2, 3] можно заключить, что после 2020 года емкость систем должна будет обеспечивать обработку трафика, в объеме превышающего нынешний более чем в 1000 раз.

В сетях по всему миру работают более 5 млрд. мобильных устройств [2, 3], большинство из которых представляют собой мобильные терминалы или устройства, обеспечивающие мобильный широкополосный доступ и интегрированные в переносные компьютеры и планшеты. В будущем ожидается, что число подключенных

устройств, задействованных в умных городах, умных домах и интеллектуальных энергосетях, превысит количество пользовательских устройств в 10–100 раз.

Обеспечить бесперебойную работу 50 млрд. (а возможно, и 500 млрд.) устройств – задача непростая. Вместе с ростом количества подключаемых устройств будут значительно возрастать и требования к сети.

Потоковое видео, файлообменные сети и облачные сервисы по-прежнему будут оставаться наиболее популярными приложениями, требуя все более высоких скоростей. В офисных помещениях и городской среде, где плотность обращений к сети наиболее высокая, необходимо обеспечить скорость передачи данных в несколько Гбит/с. Такая скорость позволит синхронизировать локальные хранилища с облачными и сетевыми дисками, передавать видео сверхвысокой четкости и поддерживать работу приложений виртуальной и дополненной реальности.

Для воплощения идеи о неограниченном доступе к информации пользователям должны быть доступны скорости передачи данных, измеряемые в сотнях Мбит/с. Кроме того, в целях обеспечения гигабитных скоростей, необходимых для работы приложений виртуальной или дополненной реальности, нужно будет и далее сокращать время отклика до нескольких миллисекунд.

Рост числа подключенных устройств будет сопровождаться появлением новых способов их применения, что приведет к возникновению новых требований к сетям, варьирующихся в зависимости от устройства и от конкретной цели использования:

- в некоторых случаях, например для снятия показаний счетчиков, требования к времени ожидания достаточно низки. В других же случаях, например, в системах управления промышленными объектами, энергораспределения или безопасности движения, требования к времени ожидания высоки. Для удовлетворения этих потребностей технологии 5G должны обеспечивать время ожидания в несколько миллисекунд и меньше;
- в случае управления инфраструктурой первостепенной важности (например, электросетями), промышленного управления жизненно важными социальными функциями (дорожным движением), электронными системами здравоохранения и "умными городами", требования к надежности сети чрезвычайно высоки – выше, чем могут предложить

сегодняшние сети. Если же речь идет, к примеру, о датчиках температуры и влажности в доме, требования, конечно, значительно ниже;

- для некоторых целей, например для дистанционного видеонаблюдения, необходима передача значительных объемов информации, в то время как для других, например отслеживания груза судоходными компаниями, объем передаваемых данных достаточно мал;
- для некоторых целей, например, для сетей датчиков, питающихся от аккумуляторов, чрезвычайно важна низкая стоимость устройства и (или) низкое энергопотребление. В других же случаях это не столь критично.

Стоимость развертывания, эксплуатации и обслуживания сети, а также стоимость устройств должны находиться на уровне достаточно низком, чтобы предоставлять популярные услуги по привлекательной для пользователя цене, но в то же время быть выгодными и для операторов сетей.

И наконец, немаловажное значение для достижения низкой стоимости эксплуатации сетей имеет эффективность энергопотребления. Хотя сегодня выбросы CO₂ в секторе информационно-коммуникационных технологий составляют всего около 2% от выбросов по всему миру [4], важно работать над изменением эффективности энергопотребления, снижая выбросы CO₂.

РЕШЕНИЯ ДЛЯ СЕТЕЙ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

Для того чтобы успешно справиться с поставленными задачами, требуется разработка новых, более совершенных и эффективных решений беспроводного доступа.

Усовершенствованные версии существующих технологий радиодоступа будут дополнены новыми, нацеленными на конкретные сценарии и способы применения. Таким образом, 5G можно рассматривать как результат развития существующих технологий радиодоступа. Разработанная в итоге система, включающая в себя различные технологии радиодоступа 2G, 3G и 4G, полностью интегрированные и используемые как единое целое, может называться системой 5G, так как она позволит вывести качество и производительность сети на уровень, недоступный системам 4G (рис.2). Технологии 5G позволят пользователям полностью раскрыть потенциал технологий мобильной связи и новых сервисов, а операторам связи – реализовать дополнительные источники дохода.

ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ДОСТУПА К УСЛУГАМ МШПД

Существующие технологии мобильного широкополосного доступа, такие как HSPA и LTE, будут и далее развиваться и обеспечат основу нового стандарта сетей пятого поколения. Так, например, повсеместно станут доступными скорости передачи данных на уровне сотен Мбит/с. Высокое качество доступа к высокоскоростным мобильным сервисам станет возможным благодаря внедрению интеллектуальных антенн с большим числом управляемых элементов, освоению новых диапазонов и более высокой степени координации между базовыми станциями.

Появятся новые сценарии развертывания сетей. Так, все больше операторов будут прибегать к стратегии развертывания малых сот. Кроме того, изменения произойдут и в парадигме коммуникаций в сторону все большего расширения межмашинного взаимодействия.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВЕРХВЫСОКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И ЕМКОСТИ СЕТИ

Для обработки сверхвысокого объема пользовательского трафика и достижения скорости передачи данных в несколько Гбит/с в конкретных сценариях предвидится сверхплотное развертывание сетей, базовые станции в которых будут использовать очень широкую полосу пропускания в верхних диапазонах частот с помощью новых технологий радиодоступа.

Сверхплотные сети будут состоять из маломощных базовых станций, устанавливаемых с гораздо более высокой плотностью по сравнению с базовыми станциями, существующими сегодня. В крайних случаях внутри помещений базовые станции будут устанавливаться в каждой комнате, а вне помещений они будут размещаться по отношению друг к другу на расстоянии осветительных столбов. Для надежной поддержки гигабитных скоростей сверхплотные сети должны обеспечивать полосу пропускания не ниже нескольких сотен мегагерц с возможностью расширения до нескольких гигагерц. Сверхплотные сети будут работать главным образом в диапазоне 10–100 ГГц. До сих пор остается много вопросов в отношении использования таких частот для глобального развертывания, в том числе в отношении затухания сигнала при его проникновении в помещение; такие частоты более подходят для передачи данных на короткие расстояния, свойственные сверхплотным сетям.

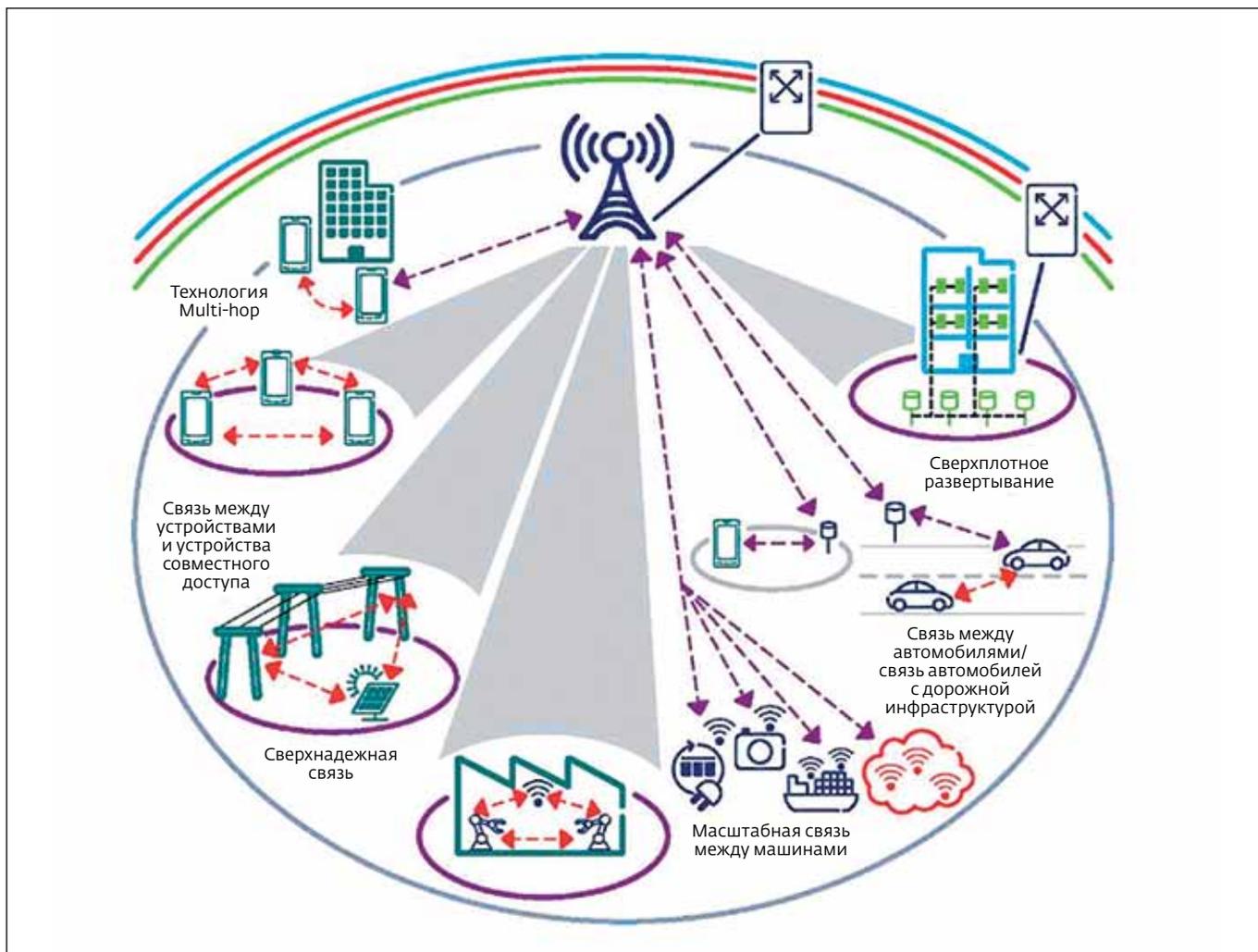


Рис.2. Стандарт 5G интегрирует технологии, применимые в различных областях

Высоочастотные диапазоны облегчают задачу обеспечения широкой полосы пропускания, необходимой для поддержания гигабитных скоростей передачи данных. Сверхплотные сети будут включать в себя применение передовых сетевых решений, например, технологий интегрированных беспроводных многоканальных транспортных сетей Multi-hop и усовершенствованных технологий координирования работы базовых станций.

Несмотря на то что сверхплотные сети будут работать в другом диапазоне и, скорее всего, будут основаны на новых технологиях радиодоступа, они должны быть хорошо интегрированы с уже построенным уровнем сотовых сетей. При этом пользователь не должен ощущать никакого дискомфорта при перемещении из зоны покрытия сверхплотных сетей и обратно.

ПОДДЕРЖКА ОГРОМНОГО КОЛИЧЕСТВА МАЛОМОЩНЫХ M2M-УСТРОЙСТВ

Мероприятия, направленные на расширение существующих технологий (главным образом LTE) в целях поддержки огромного количества подключенных M2M-устройств, уже разрабатываются в рамках стандартов 3GPP. Однако стандарты LTE не смогут удовлетворить высочайшим требованиям некоторых приложений. Поэтому необходимо внедрять альтернативные технологии, например, для поддержки устройств с крайне высокими ограничениями по энергопотреблению. Такие технологии будут полностью интегрированы в сотовые технологии, что позволит обеспечить пользователей возможностью непрерывного доступа. К примеру, капиллярные сети, использующие альтернативные технологии, будут соединяться с остальным миром посредством сотовых сетей.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОКСИМАЛЬНОЙ СВЯЗИ

В ситуациях, когда пользователи находятся близко друг от друга, и в особенности когда информация специфична для конкретного места использования (безопасность движения, государственная безопасность, охрана общественного порядка и общие службы ближнего действия), имеет смысл организация обмена данными непосредственно между устройствами по протоколу "устройство-устройство" (D2D), нежели посредством инфраструктуры сети. Под управлением сетевого протокола D2D предложит локальным службам надежность класса оператора мобильной связи, т.к. сеть сможет управлять трафиком D2D в лицензированном диапазоне. В рамках стандартов LTE уже делаются первые шаги к интеграции D2D в сетевые коммуникационные технологии. Кроме того, D2D сможет послужить важным компонентом для приложений охраны общественного порядка, поскольку позволяет использовать локальную связь даже в случае повреждения сетевой инфраструктуры.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВЕРХНАДЕЖНОЙ СВЯЗИ

В промышленной связи и социальных службах, например, при обеспечении безопасности движения, в работе электронного здравоохранения и в управлении "умными" городами, современные радиосети не всегда могут удовлетворить требования к надежности. В некоторых случаях требования ко времени задержки могут быть выше, чем предлагают современные системы, т.е. не более нескольких миллисекунд при сквозной передаче данных.

Надежность в значительной степени зависит от архитектуры и конфигурации сети, а также достаточного количества ресурсов для обработки пиковых нагрузок. В отношении инфраструктурного оборудования нового поколения необходимо будет дифференцировать различные виды трафика на уровне сети и в первую очередь обрабатывать критически важные. Значительная сложность заключается в сочетании сверхмалого времени задержки и высокой надежности. Для этого потребуются пересмотреть взаимодействие элементов современных систем мобильного широкополосного доступа, которые в основном нацелены на пропускную способность, покрытие и скорость передачи данных. Для оптимизации сетей и обеспечения малых значений времени задержки следует изменить соотношение между конструкцией управляющего канала, кодированием, адаптивной модуляцией и управлением радиоресурсами. Там, где необходимо крайне малое время задержки, например, одна миллисекунда или ниже, нужно будет внедрить новую

технология, позволяющую обеспечить более короткие временные интервалы передачи данных.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ

Как было сказано выше, в будущем еще более важную роль будет играть энергоэффективность, которая должна стать главной целью при проектировании всех решений 5G. Сокращение радиуса сот в плотных сетях, а также интеллектуальные возможности "спящего" режима базовых станций, минимизация сигнального трафика при обнаружении сети и синхронизации значительно уменьшат энергопотребление в сетях 5G.

ОСВОЕНИЕ НОВЫХ ЧАСТОТНЫХ СПЕКТРОВ

Технологии 5G к 2020 году и в последующий период потребуют значительно более широкого диапазона частот и более высоких несущих в целях поддержки ожидаемого прироста трафика и еще более высоких скоростей передачи данных; и это не считая уже ведущихся работ по поиску новых частотных диапазонов для современных систем LTE и HSPA. До 2020 года и далее будут необходимы новые частотные спектры, как в уже используемых сегодня, так и в более высокочастотных диапазонах. Первое необходимо для улучшения качества обслуживания на глобальном уровне, а второе обеспечит более широкие полосы для сверхвысокого качества обслуживания в конкретных ситуациях.

Выводы

Реализация проекта "5G к 2020 году" сделает возможным неограниченный доступ к информации. Совершенно очевидно, что для реализации этой перспективы необходимо будет решить проблему возрастающего числа подключающихся к сети устройств. Разнообразие подключенных устройств, приложений и задач позволяет предположить, что 5G станет результатом интеграции существующих технологий радиодоступа как усовершенствованных LTE и HSPA, так и более специализированных, направленных на конкретные цели.

Уже проведено немало исследований в области развития 5G. Недавно учрежденный консорциум METIS (Mobile and wireless communications Enablers for the Twenty-twenty Information Society) [5] нацелен на разработку фундаментальных концепций 5G и определение дальнейших путей развития мобильной связи.

Предположим, что концепция системы 5G, разработанная, например, в рамках проекта METIS, может быть предложена к стандартизации уже через

несколько лет. В таком случае постепенный переход к сетям 5G может начаться уже в 2020 году.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ericsson, 2013. Networked society essentials. [pdf] Stockholm: Ericsson. – <http://www.ericsson.com/res/docs/2013/networked-society-essentials-booklet.pdf> [Accessed 17 June 2013].
2. Ericsson, June 2013. Ericsson mobility report – on the pulse of the networked society. [pdf] Stockholm: Ericsson. – <http://www.ericsson.com/res/docs/2013/ericsson-mobilityreport-june-2013.pdf> [Accessed 17 June 2013].
3. Cisco, February 2013. Cisco visual networking index: Global mobile data traffic forecast update, 2012–2017. [pdf] USA: Cisco. – http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-520862.pdf [Accessed 17 June 2013].
4. Ericsson, April 2013. Technology for Good – Ericsson sustainability and corporate responsibility report 2012. [pdf] Stockholm: Ericsson. – http://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/corporate-responsibility/2012/2012_corporate_responsibility_and_sustainability_report.pdf [Accessed 17 June 2013].
5. METIS, February 2013. Mobile and wireless communications Enablers for the Twenty-twenty Information Society. [pdf] – https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/2012/10/METIS_factSheet_2013.pdf [Accessed 18 June 2013].

КОММЕНТАРИЙ ЭКСПЕРТА

К.Коловский, старший менеджер департамента маркетинга компании Huawei в России

Я согласен с тем, что в ближайшем будущем системы MBW столкнутся с взрывным ростом объемов трафика, но 1000-кратный рост к 2020 году – это, скорее всего, завышенная оценка. По отношению к 2013 году, по нашим оценкам, трафик вырастет примерно в 500 раз. Есть еще серьезная проблема, которую предстоит решить сетям MBW в будущем – резкий рост объемов сигнализации к 2020 году – по отношению к современным объемам в 150 раз. Кроме того, ожидается рост в 4–5 раз числа новых соединений за счет M2M, к 2020 году их будет около 20 млрд.

По вопросам выделения новых частотных ресурсов для мобильного доступа мы работаем с такими международными организациями по стандартизации, как МСЭ (ITU). Но в первую очередь наши специалисты борются за выделение спектра в диапазоне до 5–6 ГГц, а не в диапазоне 10–100 ГГц. Все-таки для мобильной связи лучше подходят диапазоны более низких частот. Диапазон 10–100 ГГц больше подходит для транспортной сети. Возможно, он будет актуален в совсем уж отдаленном будущем, ближе к 2020 году.

Что касается "доселе неизвестных" технологий, то наши разработчики работают и над ними вместе со всеми активными участниками отрасли связи: вендорами, производителями чипсетов, стандартизаторами и ведущими операторами. У нас, кстати, самое большое среди вендоров количество принятых предложений в стандарты 3GPP за последние три года, что говорит о нашей активности и научно-исследовательском потенциале. Следующий шаг развития технологий мобильного доступа, над которым мы работаем

совместно с партнерами по отрасли, – LTE-Beyond (LTE-B), технологии которого будут включать:

- агрегацию большого количества частот в разных диапазонах (до 1 ГГц);
- MIMO гораздо более высокого порядка вплоть до 64T64R или 128T128R;
- трехмерное формирование луча на абонента или группу абонентов;
- динамическое изменение диаграммы направленности антенн в зависимости от количества абонентов и их распределения по соте;
- более эффективные алгоритмы помехоустойчивого кодирования.

Все это позволит обеспечить пропускную способность одной базовой станции до 50 Гбит/с. Кроме того, мы работаем над технологией FusionNet, которая объединит системы мобильной связи разных стандартов (GSM, UMTS, LTE, WiFi и т.д.) и позволит постоянно держать подключенными к сети абонентов по радиоканалу одного стандарта и диапазона частот (например, LTE800), выделяя им при этом частотные ресурсы из сетей других стандартов и других диапазонов частот (например, GSM900, LTE2600 или WiFi) в сотах разного уровня (макро, микро, пико...) в зависимости от возможности абонентского терминала, запрашиваемых абонентом услуг, наличия радиопокрытия соответствующей соты и загрузки сети. Это позволит максимально эффективно использовать сети существующих и новых стандартов связи и значительно повысить качество предоставления абонентам самых разнообразных услуг.