

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ 5G СЕТЕЙ

**В.А. Ефанов, Л.П. Козлова**

*Внедрение новой технологии 5G позволит решить задачу, над которой работают все операторы в мире, – повысить эффективность сетевой инфраструктуры. Новый стандарт даст скорости в 10 раз больше, чем у кабельного доступа и кардинально изменит ситуацию с тем, кто контролирует интернет. Значительно уменьшится энергопотребление в сетях, повысится скорость передачи данных, станет устойчива к поломкам.*

*Ключевые слова: стандарт 5G, мобильная связь, современные технологии, энергоэффективность, надежность, устойчивость к поломкам.*

### PROSPECTS OF DEVELOPMENT AND POSSIBILITIES OF 5G NETWORKS

Efanov V., Kozlova L.

*The introduction of the new 5G technology will allow to solve the task, on which work s all operators in the world, is to increase the efficiency of network infrastructure. The new standard will provide speeds 10 times more than cable access and will radically change the situation with those who control the Internet. Significantly reduced power consumption in networks will increase the data transfer speed will be resistant to breakages.*

*Keywords: standard 5G, mobile communications, modern technology, efficiency, reliability, resistance to breakage.*

Стремительное развитие технологий беспроводной связи в сочетании с разработкой стандартов на конвергентные сети являются предвестниками появления систем мобильной связи 5-го поколения.

Для того чтобы открыть путь для внедрения 5G, Международный союз электросвязи вынужден начать полную реструктуризацию участков частотного спектра, используемого для передачи данных, сохраняя при этом возможности для дальнейшего функционирования существующих технологий связи, включая 4G и 3G. В последнее время в частотном диапазоне наблюдается некоторый беспорядок. Развиваются новые технологии, и в поисках частот для их работы приходится втискиваться в промежутки, некогда служившие для разграничения различных диапазонов. Такое положение дел становится причиной проблем со скоростью и надёжностью соединений.

Единый международный стандарт на сети мобильной связи 5-го поколения должен обеспечить «бесшовную» совместимость с существующими сетями стандартов HSPA (*High Speed Packet Access*), LTE и Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), а также с будущими беспроводными системами с широким набором новых мультимедийных сервисов. О существовании на рынке потребности в новых приложениях и сервисах говорят передача видео высокой четкости и сенсорный характер управления Интернетом. Другими примерами возможного применения мобильной связи стандарта 5G являются «умные города», транспорт без

водителя и перспективные системы охраны здоровья, проводящие обследование пациента непосредственно у него на дому [1].

Стандарт 5G интегрирует технологии, применимые в различных областях (рис.) [2]:

1) массивные MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) – метод пространственного кодирования сигнала, т. е. использование нескольких антенн на приемопередатчиках;

2) переход в сантиметровый и миллиметровый диапазоны (на данный момент сети LTE работают в частотных диапазонах ниже 3 ГГц);

3) мультитехнологичность, т. е. необходима поддержка как существующих стандартов, таких как UMTS, GSM, LTE, так и других;

4) D2D (*Device-to-device*) – технология, позволяющая устройствам, находящимся неподалеку друг от друга, обмениваться данными напрямую.

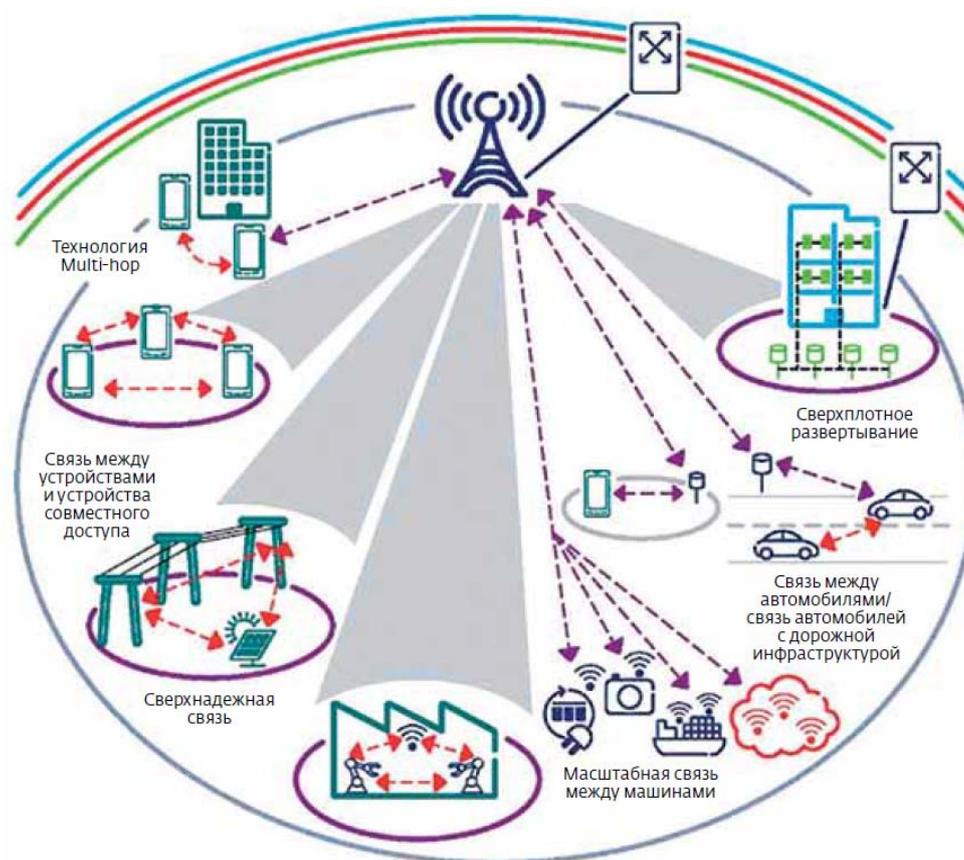


Рисунок. Стандарт 5G интегрирует технологии, применимые в различных областях

Мобильные технологии следующего поколения должны не только ускорить обмен информацией с телефонами и планшетами, но и найти множество других применений, к каждому из которых будут предъявляться собственные требования.

Увеличение скорости работы мобильных сетей потребует совершенствования антенн и радиооборудования. Операторам понадобится более широкий

спектр частот, регулируемых государством. Так в 2015 г. Федеральная комиссия США по связи начала открывать новые частотные диапазоны.

Так как к сетям 5G будет подключено множество устройств Интернета вещей (в 2015 г. начали появляться выделенные сети для Интернета вещей, функционирующих в узком частотном диапазоне), которые передают небольшие объемы данных и при этом должны размещаться в весьма ограниченном пространстве и долго работать от батарей, то увеличения скорости при построении сетей 5G недостаточно – появится потребность и в замедлении.

Таким образом, радиосети должны будут обеспечивать не только новые возможности, но и новые пути совместного использования, так как требования подписчиков широкополосных мобильных сетей и устройств Интернета вещей разные. Потребуется дополнительные расходы, и специальные способы управления прерывистым трафиком.

Стандарт следующего поколения подразумевает переход к полностью новой сетевой архитектуре, предполагающей уменьшение объемов информации в централизованных центрах обработки данных и распределение ее между оконечными узлами, в том числе и между устройствами, что позволит исключить задержку передачи информации (в сетях 4G задержка составляет не менее 10 миллисекунд).

Для успешного выполнения требований необходима разработка новых, более совершенных и эффективных решений беспроводного доступа. Усовершенствованные версии существующих технологий радиодоступа будут дополнены новыми, нацеленными на конкретные сценарии и способы применения.

При проектировании сетей 5G преследуются следующие цели.

Энергоэффективность. Значительное уменьшение энергопотребления в сетях планируется достичь за счет сокращения радиуса сот в плотных сетях, интеллектуальных возможностей «спящего» режима базовых станций, минимизации сигнального трафика при обнаружении сети и синхронизации.

Мероприятия, направленные на расширение существующих технологий, 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.

Надежность. 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, связанных с использованием средств связи для интеллектуальных энергосистем или безопасности движения, требования ко времени задержки, например, могут быть выше, чем могут предложить современные системы, т. е. не более нескольких милли-

секунд 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 пересмотреть взаимодействие элементов сегодняшних систем мобильного широкополосного доступа, которые в основном нацелены на пропускную способность, покрытие и скорость передачи данных. В целях оптимизации сетей и обеспечения малых значений времени задержки следует изменить соотношение между конструкцией управляющего канала, кодированием, адаптивной модуляцией и управлением радио-ресурсами. Там, где необходимо крайне малое время задержки, например, одна миллисекунда или ниже, нужно будет внедрить новую технологию, позволяющую обеспечить более короткие временные интервалы передачи данных.

Скорость передачи данных. Профессор Тафацолли уверен в том, что не за горами тот день, когда мы сможем передавать данные в беспроводных сетях с ошеломляющей скоростью – 800 Гбит/с, что в 100 раз быстрее показателей, достигнутых на сегодняшний день в процессе тестирования 5G. Когда в 2013 году компания Samsung сообщила о начале тестирования 5G сети со скоростью передачи данных 1 Гбит/с, журналисты с восторгом писали о том, что теперь HD-фильм можно будет скачивать за секунду. А скорость в 800 Гбит/с значит, что мы сможем за одну секунду скачивать целых 800 HD-фильмов. Предполагается, что к 2020 году во всём мире к интернету будет подключено от пятидесяти до ста миллионов различных устройств. Таким образом, для удовлетворения спроса, будут запущены соединения, использующие различные диапазоны частот. Повышение пропускной способности сети подобно расширению автомобильного туннеля. При добавлении новых полос для движения через туннель сможет пройти большее количество машин. Да и порядок движения можно разработать более эффективным: одни полосы – для транспорта дальнего следования, другие – для местного трафика.

Выделение необходимых частотных диапазонов. Устройства сами смогут динамически переключаться между тремя выделенными для них диапазонами частот, дабы не стоять в очереди, скопившейся в полосе перегруженных частот.

Устойчивость к помехам. По своей надёжности такая сеть должна быть равна существующим сегодня оптико-волоконным соединениям. Усовершенствования в конструкции антенны, ставшие доступными благодаря использованию новых технологий, должны положить конец внезапным обрывам связи и потерям данных.

Это невероятно важно с точки зрения безопасности. Ведь ряд компаний, включая китайскую Huawei, уже обсуждают возможность использования сети 5G для связи автомобилей, двигающихся без водителя, между собой и с объектами инфраструктуры, мимо которых они проезжают. Такие технологии, как «умный транспорт» и дистанционная хирургия, позволяющая человеку дистан-

ционно управлять роботом, проводящим сложные операции, также нуждаются в низких показателях задержки. Под «задержкой» понимается временной промежуток между действием и откликом на него. В компании Ericsson предостерегают, что показатели задержки в сети 5G будут равны примерно одной миллисекунде – время, которое даже не ощущается человеком. То есть, улучшение в 50 раз в сравнении с 4G!

И это улучшение может быть критичным, в частности, для врача, который управляет оборудованием, проводящим операцию на пациенте, находящемся в другом помещении. Таким образом, с появлением 5G станет возможным неограниченный доступ к информации.

#### Список используемых источников

1. Из зарубежных источников. Недалекое будущее сетей 5G // Век качества: журнал для руководителей, менеджеров и специалистов. 2015. № 2. С. 22–25.
2. Оссейран А. Технологии мобильной связи 5G: анализ и перспективы // Первая миля. 2013. № 5. С. 16–21.

## АНАЛИЗ СЦЕНАРИЕВ МИГРАЦИИ К СЕТЯМ NGN/IMS С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Н.А. Куликов**

*Операторы связи, абоненты, поставщики услуг, производители оборудования – все участники телекоммуникационного рынка находятся под влиянием собственных интересов, оказывая влияние друг на друга. Подобное влияние приводит к последовательной смене технологических поколений оборудования: от аналоговой телефонии до концепции post-IMS. Анализ процессов, основанный на создании сценарных графодинамических моделей, позволяет выработать последовательность шагов по достижению стратегических целей.*

*Ключевые слова: IMS, NGN, сценарный анализ, графодинамическое моделирование.*

## ANALYSIS OF SCENARIOS OF MIGRATION TO NGN/IMS NETWORKS USING DYNAMICAL GRAPH MODELING

Kulikov N.

*Telecom operators, subscribers, service providers, vendors - all telecommunications market members are influenced by their own interests, influencing each other. Such influence leads to sequential technology generations changes from analog telephony to post-IMS concept. Analysis of the processes based on the creation of dynamical graph scenario models to develop a series of steps to achieve strategic goals.*

*Keywords: IMS, NGN, scenario analysis, dynamical graph modeling.*

В России и на постсоветском пространстве идет строительство сетей следующего поколения. Этот процесс отличается от пошаговой эволюции техно-