

ОБЗОР НА ПЯТОЕ ПОКОЛЕНИЕ СЕТИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

EVALUATION OF THE USE OF DIRECTIONAL ANTENNAS ON A MOBILE BASE STATION WITH AN EFFECT ON FADING

**A. Goltsov
V. Kotorov
I. Bulatov**

Summary. Formulation of the task. It's necessary evaluate the current level of development for fifth-generation networks.

Purpose is a survey comparison of the data received by leading developers in this field.

Methods. Analysis of statistics, media, literature.

Novelty. The relevance of this theme is to update and systematize the current state of development of the fifth-generation network technologies.

Results. Development progress assessment of the field.

Practical relevance. Combining various data from successful companies in the industry into a single whole and evaluating forecasts.

Keywords: 5G, IoT, future mobile networks, mobile communication, wireless communication.

Гольцов Александр Сергеевич

Аспирант, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики
gas06081992@yandex.ru

Которов Василий Владимирович

Аспирант, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики
kotorov@live.com

Булатов Иван Иванович

Аспирант, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики
bulatov.vanek@mail.ru

Аннотация. Постановка задачи: оценить текущий уровень разработок для сетей пятого поколения.

Целью работы является обзорное сравнение полученных данных ведущих разработчиков в этой области.

Используемые методы. Анализ статистики, изучение СМИ, литературы.

Новизна. Новизна данной работы заключается в актуализации и систематизации текущего состояния развития технологий сетей пятого поколения.

Результат: оценка прогресса развития данной области.

Практическая значимость. Сведение различных данных преуспевающих компаний в данной отрасли в единое целое и оценка прогнозов.

Ключевые слова: 5G, IoT, будущие мобильные сети, подвижная связь, беспроводная связь.

Актуальность

Проект 5G: концепция и перспективы

Мобильная индустрия до 2020 года планирует последовательно развивать идею пятого поколения, в нём не только смартфоны, но и все остальные электронные устройства, в том числе концепция интернета вещей с применением в умных домах, будут объединены в беспроводную сеть.

На сегодняшний день обмен данными между мобильными устройствами происходит в сетях LTE. Мы можем воспринимать четвёртое поколение как передовую технологию, однако сеть 4G — это всего лишь один из шагов в будущее. Если в случае с 2G (GSM) и 3G (UMTS) телефонные сети и сети передачи данных рассматривались отдельно, то в сети 4G обмен данными и телефонные переговоры производятся пересылкой IP-пакетов при помощи технологии передачи голоса по сети LTE (Voice over

LTE). Стандарт LTE использует только одну сеть — Интернет, а 5G расширяет эту идею на все сетевые устройства.

Несомненно, в ближайшем будущем прогнозируется увеличение объёмов трафика, используемого для передачи данных в мобильных сетях, в десять раз в течение следующих пяти лет. Дело здесь не только в росте популярности смартфонов. По большей части это обусловлено подключением чипов и датчиков различных устройств друг к другу по интернету, начиная от беспилотных автомобилей и дистанционно управляемого уличного освещения до фитнес-браслетов и умных часов.

Поставщик оборудования для сетей связи Cisco прогнозирует увеличение объёма передаваемых в беспроводных сетях данных в десять раз.

Эти перемены уже пришли. Но относительно того, сколько из этих «машин» в будущем будут обмениваться

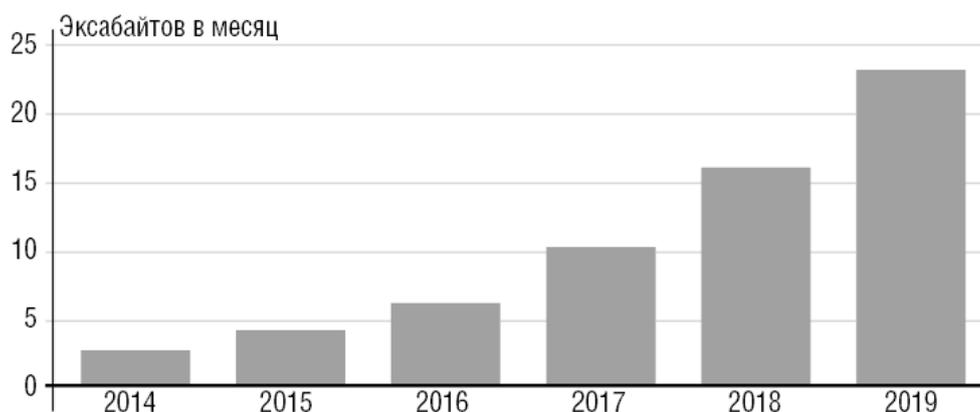


Рис. 1. Прогнозируемый рост беспроводного трафика

данными по Интернету, у специалистов нет единого мнения. В прогнозах на 2020 год этот показатель варьируется от 50 до 150 миллиардов.

Постановка задачи

Оценить результаты ведущих исследований, в области разработок для сетей пятого поколения и интернета вещей.

Сеть пятого поколения сможет объединить в единую гибкую сеть сотни тысяч абонентов на один квадратный километр от владельца смартфона, просматривающего фильм в разрешении HD, до энергосберегающих датчиков, передающих всего несколько бит. Для осуществления этого должны использоваться различные технологии беспроводного соединения. Так, смартфон сможет плавно переключаться с Bluetooth на мобильную сеть, а затем на WLAN, причём без участия в этом процессе владельца.

В сетях 5G становится возможным использование тактильного Интернета. Он предполагает возможность дистанционного управления устройствами в режиме реального времени. Это поистине революционное введение, которое придёт вместе с сетью 5G. Благодаря скоростным и надёжным соединениям станет возможной передача физических, тактильных ощущений. Например, в случае «удалённой» хирургии медицинское оборудование будут доставлять в определённые регионы Африки, а лучшие врачи и хирурги смогут выполнить операцию на расстоянии — с помощью осязательных технологий.

Тактильный Интернет будет касаться критически важных сфер деятельности, он должен быть сверхнадёжным, работать без сбоев и с минимальной задержкой сигнала — максимум несколько миллисекунд.

Линии коммуникаций должны иметь достаточную пропускную способность, чтобы многочисленные приборы общались между собой одновременно и автономно. Тактильный интернет будет обмениваться данными с традиционной кабельной сетью, мобильным Интернетом предыдущих поколений, с Интернетом вещей. Такой принцип «прямого общения» между устройствами (device-2-device, D2D) в настоящее время реализуется в новой версии стандарта LTE. Обмен данными на высоких скоростях в режиме реального времени и минимальное время отклика необходимы для работы тактильного Интернета. Изучается дистанционное управление устройствами — от роботов для спасательных работ до дистанционной операции, проводимой врачом скорой помощи, в сочетании с очками виртуальной реальности, например, Oculus Rift.

То есть образуется глобальная сеть совершенно новых масштабов и возможностей.

5G — технология мобильной связи пятого поколения на базе стандарта IMT-2020. Скорость доступа к интернету в сети 5G прогнозируется в районе 10 Гбит/с.

Архитектура представлена малыми сотами, которые уже давно используются в обычной передающей технике для локального усиления сигнала. То есть это подобие mesh сетей, каждый участник сети является одновременно и приёмником, и передатчиком, то есть подобием микросоты.

Основная часть

Ожидаемые сроки запуска

Вопросы выделения полос радиочастот для перспективных радиотехнологий рассматриваются, в том числе,

в рамках исследовательских комиссий, Международного союза электросвязи, напоминает Александр Понькин из Минком связи. Пока полосы частот под технологии 5G не определены МСЭ, а сроки коммерческого запуска сетей будут зависеть от этих решений. В Минком связи ждут первых сетей около 2020 года, но отмечают, что появятся они только в крупных городах.

При этом к тестовой эксплуатации первых в мире сетей 5G операторы могут приступить уже в 2018–2019 годах, как только будет представлено требуемое оборудование. Надо полагать, что будут и российские разработчики.

Революция 4G сетей продолжается. Сверхбыстрый мобильный сервис по-прежнему находится в зачаточном состоянии, как по части покрытия, так и по части скорости передачи данных.

Нынешние технологии предоставляют пользователям интернет скоростью до 150 Мбит/с, в то время как двойные сети LTE и LTE-A способны увеличить ее до 300 Мбит/с.

Исследователи предполагают, что 4G технология может достичь скорости до 1 Гбит/с. После этого возникает вопрос, действительно ли существует потребность в 5G?

5G сеть обеспечит невероятно высокую широкополосную скорость, но что еще более важно, она будет иметь достаточную емкость, так что любой пользователь сможет выполнить любые задачи без падения скорости или разрыва связи, независимо от того, сколько людей будут пользоваться им одновременно.

Профессор Энди Саттон считает, что основной целью 5G сети является стать «невидимой». Она должна быть технологией, которая «просто есть», подобно электричеству.

Одним из основных преимуществ 5G технологии над 4G будет совсем не скорость передачи данных, которая может быть между 10 Гбит/с и 100 Гбит/с, а задержка. В настоящее время задержки 4G сетей составляет между 40 мс и 60 мс, что, конечно, очень мало, но недостаточно мало, чтобы обеспечить моментальную реакцию в режиме реального времени. Например, многопользовательские игры требуют минимальную задержку между тем, как пользователь нажал на кнопку мышки и получил ответ от удаленного сервера.

Предполагается, что задержка 5G сетей могла бы составлять от 1 до 10 мс. Это позволило бы, например, наблюдать футбольный матч через интернет в прямом эфире.

Также ёмкость является важным фактором. Интернет становится всё более и более важной частью нашей жизни. Повседневно используются мобильные устройства и прочие гаджеты, которые имеют доступ в интернет, и нагрузка на пропускную способность будет продолжать расти.

5G технология будет более адаптивной к потребностям и запросам пользователя, и, следовательно, будет выделяться большая или меньшая пропускная способность в зависимости от применения.

Частотные диапазоны 5G

Большие скорости требуют больших частотных полос и, следовательно, высоких несущих частот. Спектр в диапазоне 5 ГГц (кроме каналов, выделенных военным) на сегодняшний день, не подлежит регулированию и поэтому не требует получения международного разрешения.

В итоге сетям 5G должны быть выделены частоты в диапазоне свыше 5 ГГц, поскольку только на них можно будет передавать данные на гигабитных скоростях. Однако, чем выше частота, тем меньше вероятность сигналу «добраться» до клиентского устройства без искажений. Например, в случае с технологией LTE, которая задействует частоту 800 МГц, мачта радиоантенны может находиться за пару километров. А для частот свыше 5 ГГц максимальное расстояние от антенны до клиентского устройства не сможет превысить сотни метров.

Уже давно проводятся эксперименты по передаче данных на частотах порядка 70 ГГц и выше.

А технология, использующая подобным образом высокие частоты, уже существует и регламентируется стандартом IEEE802.11ad. Им предусматривается передача информации со скоростью в несколько гигабит в секунду, правда, на расстоянии до десяти метров, поскольку задействуется диапазон 60 ГГц. Кроме того, к сожалению, сигнал не способен проникать сквозь стены и крыши зданий.

Для 5G всё это означает, что передающих станций должно стать больше, а они сами — ближе к абонентам.

У использования высоких частот есть преимущество: чем выше частота, тем короче длина волны сигнала, а вместе с тем меньше оптимальный размер приёмной антенны. То есть, например, для передачи на частоте 28 ГГц нужна антенна длиной всего 0,5 см. Однако сигнал на частоте 28 ГГц редко передаётся без искажений. Он настолько смещается, отражается и заглушается, что для чистого приёма одной-единственной антенны становится мало.



Рис. 2. Тестовый образцы малых базовых станций

Выход заключается в использовании MIMO. Обычная технология MIMO (Multiple Input Multiple Output) уже сейчас применяется для оптимизации приёма LTE и WLAN, но часто параллельно отправляется и принимается всего 2–4 сигнала. Технология Massive MIMO, использующая высокие частоты, позволяет размещать десятки маленьких антенн в мобильных устройствах и сотни в передающей станции. Первые прототипы показывают, что отрасли предстоит еще немалая работа над миниатюризацией технологии. Другие идеи уже воплощены в жизнь, например, направленная радиосвязь на группах крохотных антенн, которые выстраиваются в зависимости от угла падения сигнала.

В сети 5G данные будут передаваться на высоких частотах. Это означает, что радиус покрытия будет небольшим. Однако вследствие небольшой длины волны небольшим должен быть и размер антенн, что позволит устанавливать на терминал сотни антенн для увеличения радиуса действия.

Использование высоких частот в сочетании с мелко-сотовой архитектурой соответствуют требованиям сервисов будущего, которые зависят не столько от высоких скоростей передачи данных, сколько от стабильности соединения и времени отклика. В качестве примера можно привести беспилотный автомобиль на автострате: управляемые компьютерами участники движения обмениваются данными друг с другом при помощи малых сот, расположенных по всей длине обочины. Впрочем, варианты использования технологии 5G рассматриваются в следующем разделе.

Область применения 5G

Так выглядит диаграмма, иллюстрирующая стремительный рост эффективности аспектов человеческой деятельности при внедрении 5G (рис. 3).

Во многом повышению такой эффективности способствует принцип «прямого общения» между устройствами (device-2-device, D2D) в настоящее время реализуется в новой версии стандарта LTE. Обмен данными на высоких скоростях в режиме реального времени и минимальное время отклика необходимы для работы тактильного Интернета. Изучается дистанционное управление устройствами — от роботов для спасательных работ до дистанционной операции, проводимой врачом скорой помощи, в сочетании с очками виртуальной реальности, например, Oculus Rift.

Теоретически сети 5G могут обеспечивать передачу данных на скорости до 10 Гбит в секунду, что в 30 раз превосходит возможности 4G. По планам Международного союза электросвязи, стандарт будет внедрен к 2020 году.

Хотя игроки телекоммуникационного рынка еще даже не определили, что такое 5G, а по мнению экспертов внедрение сетей в стандарте 5G начнется только в 2020 году, компания Ericsson уже объявила о проведении успешной серии тестов 5G сети. И им удалось добиться передачи данных на скорости 5 Гбит/с в частотном диапазоне 15 ГГц. Это в 250 раз быстрее LTE. Для этого применялись базовые станции и радиомодули с интерфейсом нового типа, а также усовершенствован-



Рис. 3. Прогнозы

ная технология MIMO, предполагающая передачу и приём данных по каналу при помощи нескольких антенн. Инженеры Ericsson разработали антенны, работающие в более широком диапазоне и обеспечивающие минимальные задержки при передаче информации.

Новые сервисы с использованием 5G могут быть реализованы и в медицине. Например, для организации удаленного мониторинга состояния пациентов. Врач сможет оперативно получать информацию со специальных сенсоров и следить за состоянием пациентов круглые сутки.

Благодаря очень низким задержкам передачи данных 5G также откроет больше возможностей для удалённого проведения операций с использованием робота. Такой сервис особенно актуален для небольших населённых пунктов, где нет хирургов на местах: управляя манипуляциями робота, операцию может провести специалист, находящийся в совершенно другом месте. За счет 5G

такой сервис можно будет развернуть в беспроводных сетях.

Низкая задержка данных, которую способны обеспечить сети нового поколения, важна и для развёртывания «умных» сетей электропередач. Использование датчиков позволит мгновенно обнаруживать повреждения на линии электропередач и блокировать распространение последствий повреждения дальше по линии. Таким образом, повреждение затронет меньшее число потребителей электроэнергии.

Использовать роботов для переноса на производстве охватывая большую дистанцию. Также будет иметь преимущество 5G, можно привести и городские системы видеонаблюдения. 5G поможет упростить их развёртывание и использование. Сейчас трафик с тысяч камер в городах, в основном, передаётся по фиксированным сетям. Развернуть такую инфраструктуру — непростая задача, поскольку требуется уложить множество прово-



Рис. 4. Демонстрация работы адаптивной антенны Orange на MWC2016

дов. С помощью 5G можно будет получать терабайты видео высокого разрешения без использования проводов.

И, наконец, ещё одним важным преимуществом технологии 5G является то, что стандарты будут поддерживаться во всём мире. Ваш 5G телефон в Великобритании будет работать на той же системе и диапазоне, как в США, Южной Корее и других странах.

Развитие технологий 5G

2016 г. Разработки и испытания в области 5G в сотрудничестве с партнёрами ведут многие крупные производители сетевого оборудования и операторы связи. Свои последние достижения и планы они представили на Мобильном конгрессе в Барселоне (MWC) в феврале 2016 года. В их числе — China Mobile, Deutsche Telecom, Vodafone, Orange, SK Telecom, Nokia, Intel, Huawei, ZTE, Qualcomm, Samsung, Ericsson и другие.

Обширный блок сотрудничества в области 5G у Intel ведётся вместе с южнокорейским оператором SK Telecom. Последний на MWC продемонстрировал прототип системы 5G, обеспечивающей передачу данных на скорости 20,5 Гб/сек. В ней используется оборудование партнеров — Nokia, Ericsson, Intel и Samsung. Вкладом оператора является разработка программного обеспечения, позволяющего связать все компонен-

ты системы, рассказали TAdviser представители компании.

Демонстрацию работы сети нового поколения, а также смартфонов для неё, на MWC продемонстрировал и оператор Deutsche Telekom совместно с партнёрами Samsung, Huawei и Стэнфордским университетом. В ней использовалась технология радиодоступа в частотном диапазоне свыше 6 ГГц от Samsung. На начальном этапе оператор ориентируется, главным образом, на использование 5G с мобильных устройств, полагая, что большое количество свободных частот в спектре свыше 6 ГГц позволит обрабатывать огромный трафик данных, генерируемый и потребляемый смартфонами и носимыми устройствами.

В числе работ в области 5G, которые ведёт оператор Orange — разработка «зелёных» адаптивных антенн, потребляющих в 100 раз меньше энергии, чем существующие. Как объяснил TAdviser представитель R&D-подразделения Orange, современные антенны тратят энергию, излучая сигнал во всех направлениях, даже если он нужен какому-то одному устройству. «Зелёные» антенны Orange смогут фокусировать сигнал именно в тех точках, где это нужно в данный момент. Работу прототипа такой антенны с визуализацией оператор продемонстрировал на MWC.

Проект архитектуры сетей 5G показала на MWC компания ZTE совместно с оператором China Mobile. Они также продемонстрировали прототип высокочастотной 5G-системы, обеспечивающей скорость соединения свыше 10 Гбит/с. В ней задействована базовая станция ZTE с многоантенной технологией множественного доступа.

Когда он появится?

Ожидается, что стандарты для 5G будут согласованы и установлены к 2020 году и развёртывание технологии начнётся в 2022–2023. Потребуется еще два-три года до того, как каждый потребитель получит доступ к технологии.

Ожидается использование более высоких частот радиосигнала, по сравнению с которым мы используем в наше время.

Основное развитие будет продолжаться по технологии 4G до тех пор, пока большая часть Земли не будет охвачена ею.

Будет ли 6G?

«Это десятилетие для 4G», сказал профессор Саттон. «Следующее уже для 5G». «4G может привести нас к 1 Гбит», добавил он. «5G примет на себя дальнейшее

развитие». «Если мы получим право на 5G, никакого 6G не будет».

Идея состоит в том, что, если правильно сформулировать инфраструктуру, а не так, как были разработаны 1G, 2G и 3G, и основное внимание будет уделено гибкой системе, которая будет лишь развиваться, и больше не потребует замены. В прошлые годы мобильные технологии передачи данных были разработаны вокруг аппаратных средств, в то время как 5G будет зависеть от программного обеспечения. Программное обеспечение может быть легко обновлено, аппаратное обеспечение — значительно сложнее.

Заключение

В данном обзоре были рассмотрены возможности развития мобильной сети, базовые станции пятого поколения и пример развития мобильной связи. Сеть пятого поколения, предназначена кардинально изменить сетевое пространство, дать бесперебойное подключение к интернету в любой точке мира на высочайшей скорости. Она должна распространиться намного быстрее, чем развивались предыдущие поколения и не приводить к подорожанию связи и интернет-трафика. Сети пятого поколения должны революционно изменить облик существующего представления о сетях и существующем мире в привычном понимании этого слова.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.corporacia.ru/pages/page/show.htm> — портал Корпорация Связи (Корпорация. ру)
2. <http://www.3dnews.ru/577282>
3. <https://habrahabr.ru/company/beeline/blog/192430/>
4. <http://www.corporacia.ru/pages/page/show/2723.htm>
5. <http://telekomza.ru/2015/03/05/kuda-idet-5g-novinki-i-tendencii-s-mobile-world-congress-2015/>
6. Акчуринов Э. А., Николаев Б. И., Рудь В. В., Тяжев А. И. — История инфокоммуникаций: Самара 2012 год.
7. <http://nag.ru/articles/article/28884/teoriya-i-praktika-5g-obretaet-korni.html>
8. <http://www.xn — h1aafbgonr.xn — p1ai/>
9. <http://celnet.ru/ustrbs.php>
10. <http://pro3gsm.com/bazovaya-stantsiya-sotovoy-svyazi-standarta-gsm/>
11. <http://gsmrepeater.ru/articles/?id=94>
12. <https://ru.wikipedia.org>
13. <http://5fan.ru/wievjob.php?id=49709>
14. Попов. В. И. Основы сотовой связи стандарта GSM / В. И. Попов. — М.: Эко-Трендз, 2005. — 296 с.
15. Теория телетрафика: учебник для вузов / Лившиц Б. С., Пшеничников А. П., Харкевич А. Д.
16. Marcus K. Weldon — The Future X Network
17. Л.Л. Егоров — Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. Доклады ТУСУРа, № 2 (22), часть 2, декабрь 2010 22 УДК 621.396.41
18. ВКР А. А. Сычёва «Переоборудование базовых станций мобильной связи под перспективные технологии», ПГУТИ, кафедра ТОРС, Самара 2016 год.

© Гольцов Александр Сергеевич (gas06081992@yandex.ru),

Которов Василий Владимирович (kotorov@live.com), Булатов Иван Иванович (bulatov.vanek@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»