

Исследование путей развития сетей мобильной связи пятого поколения 5G в России (история и современность)

Д. Я. Барановский, С. М. Гурский, С. А. Макарьев
Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского
vka@mil.ru

Аннотация. На данный момент телекоммуникационный сектор Российской Федерации находится на пороге внедрения пятого поколения мобильной связи (5G), которого многие ожидают. Справедливо ожидается, что пятое поколение мобильной связи будет способствовать развитию многих сфер общества: экономических; социальных; оборонных. Инновационная составляющая технологий стандарта пятого поколения позволит увеличить пропускную способность и скорость передачи данных. Все это будет способствовать появлению нового вектора развития общества и страны, в первую очередь, за счет повышения производительности труда и улучшения качества управления в Вооружённых Силах Российской Федерации благодаря внедрению систем мобильной связи 5-го поколения.

Решению данной актуальной задачи посвящена настоящая работа.

Ключевые слова: мобильная связь; беспроводная сеть; полоса частот; машинные коммуникации

I. ОСНОВЫ СТАНДАРТОВ ЧЕТВЁРТОГО 4G И ПЯТОГО 5G ПОКОЛЕНИЙ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

Перспективное пятое поколение мобильной связи (5G) крайне отличается от поколений связи третьего и четвертого поколений. Её основной способностью является то, что 5G использует высокие частоты в диапазоне от 30 ГГц до 300 ГГц, в отличие от формата 4G, который работает на частотах не превышающих 6 ГГц. Такой переход к высоким частотам обеспечивает большую скорость передачи и увеличение объёма передаваемой информации. Диапазоны высоких частот способны обеспечивать растущие требования к сети, так как особенностью работы на таких частотах является четкая направленность сигнала, обеспечивающая параллельный обмен данными с другими беспроводными устройствами. Сети 5G станут широко доступны, данные будут передаваться на крайне высоких скоростях большому количеству пользователей. Точность передачи возрастет, а задержки станут минимальны [1–3].

Эволюцию сетей мобильной связи от 4G к 5G можно представить в виде схемы на рис. 1 [1–3].



Рис. 1. Расширение ключевых показателей от LTE-A (Long Term Evolution Advanced – улучшенный вариант стандарта мобильной связи «Долговременное развитие») до 5G [1–3]

II. ПЛАНИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ 5G

С момента появления первого поколения мобильной связи прошло почти 40 лет, за этот промежуток времени сменилось четыре поколения мобильной связи. Каждое поколение играло значительную роль в развитии, путем внедрения новых услуг связи, бизнес-моделей и устройств [4–6].

Можно сказать, что развитие мобильной связи – это технологическая эволюция. Об этом можно судить по увеличению скорости передачи данных. Задачей каждого нового поколения является внедрение передачи данных с чрезвычайно низкой задержкой по времени. На сегодняшний день можно выделить четыре основные тенденции, которые будут определять процесс совершенствования и развития сетей 5G. В последние годы трафик очень сильно увеличился, поэтому необходимо обеспечить [7–9]:

1. использование широкого диапазона высоких частот – низких (<1 ГГц), средних (1–6 ГГц) и высоких (>20 ГГц).
2. Новая высокоэффективная система передачи радиосигнала, повышающая пропускную способность сетей и скорость передачи данных, а также радиус передачи сигнала.
3. Эволюционное развитие 5G основано на мультистандартных сетях 4G / 5G. Использование низких и средних радиочастотных диапазонов позволяет операторам развивать сети на основе су-

существующей структуры сетей мобильной связи. Высокие диапазоны используются для обеспечения чрезвычайно высокой дальности действия пропускной способности.

«Технологии пятого поколения обеспечивают беспрецедентное увеличение пропускной способности мобильных сетей связи, что прогнозирует рост пропускной способности сети 4G в 9–18 раз. Внедрение 5G с применением радиочастотного диапазона 700 МГц и 3,5 ГГц позволит увеличить емкость существующих сот оператора в 50–60 раз» [10–12].

На гистограммах (рис. 3 и 4) приведено сравнение скоростей передачи данных между поколениями мобильной связи, на (рис. 3), значения приведены в Кб/с. Видно, что четвертое и пятое поколение уже достигло значения в 1 Гб/с согласно теории. Для 5G – это значение составит 20 Гб/с [3].

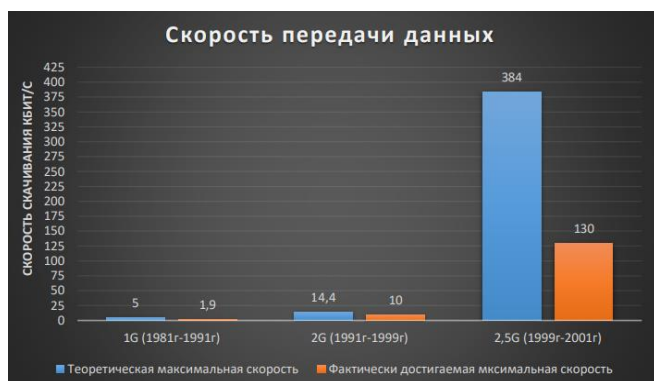


Рис. 2. Анализ скорости передачи данных мобильных сетей [3, 6]



Рис. 3. Развитие и эволюция систем мобильной связи [3, 6]

III. СУЩЕСТВУЮТ 3-И БЛОКА СЦЕНАРИЕВ ПЕРСПЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

«По мнению экспертов, существует три блока сценариев, которые обещают применение мобильных технологий: расширенная мобильная широкополосная связь (eMBB), массовая машинная связь (mMTC) и высоконадежная связь одновременно со сверхнизкой задержкой передачи данных (uRLLC)» [1, 3, 14].

Рассмотрим каждый из сценариев.

A. «Расширенный мобильный широкополосный доступ (eMBB)»

В дальнейшем будущем основным спектром развития мобильных сетей будут сервисы eMBB [13–15].

Необходимо отметить важные требования, которые включают в себя: высокие пиковые скорости, низкую задержку сигнала и сверхвысокую пропускную способность сети в ограниченном диапазоне. Важно подчеркнуть, что технологии сотовой связи пятого поколения позволяют эффективно внедрять такие услуги, но большая часть услуг также может быть основана на развивающихся сетях четвертого поколения [13–15].

B. «Массовые машинные коммуникации (mMTC)»

Сфера беспроводной связи включает в себя различные устройства, от простых бытовых приборов до массовых промышленных устройств, управляемые через сеть связи, предназначенную для сбора информации о внешней среде и собственном техническом состоянии. Развитие массовой машинной связи и Интернет вещей становится наиболее актуальным сценарием развития цифровых информационно-коммуникационных технологий нового поколения, в том числе и в оборонной сфере. «Связь – она как воздух. Пока она есть, это воспринимается как само собой разумеющейся, но когда она пропадет, процессы управления стремительно погружаются в пучину хаоса, а командиры становятся бессильными наблюдателями, обреченными безмолвно созерцать свой неминуемо приближающийся бесславный конец...» [9, 13, 15]. Высокая стабильность и надежность передачи данных, низкое энергопотребление и поддержка большого количества устройств на ограниченной территории – вот основные требования, которые предъявляются к таким, в том числе и оборонным телекоммуникационным системам [13–15].

Существует два сценария использования, для которых разработка сетей пятого поколения чрезвычайно важна из-за высоких требований к количеству поддерживаемых соединений на 1 квадратный километр [2, 3, 14]:

1. всестороннее совершенствование интеллектуальной системы городского управления в районах с крайне высокой плотностью населения и необходимостью передачи огромного количества медиатрафика в поддержку системы видеонаблюдения – «умный город». Данная система необходима для наших городов.
2. Сценарии высокой концентрации подключенных устройств в наиболее технически развитых городах, а именно одновременное внедрение всех услуг умного дома, портативных и медицинских устройств, транспортного контроля и других услуг в ограниченной зоне с высокой плотностью населения и экономической активностью, что в приоритете для Москвы и Санкт-Петербурга, а также городов-миллионников.

С. «Связь с высокой надежностью и сверхнизкой задержкой передачи данных (uRLLC)»

Многие перспективные услуги будут иметь высокие требования, предъявляемые к качеству и надежности услуг связи, являются uRLLC. В соответствии с определением, которое выполняют эти службы: удаленный мониторинг, управление и контроль производственных операций, транспортных средств в соответствии со следующими параметрами [4–6]: сверхнизкая задержка сигнала, высокая надежность и минимальная вероятность ошибок при передаче данных.

Технологии мобильных сетей пятого поколения необходимы для реализации наиболее ожидаемых и прибыльных услуг [3, 13, 14]:

1. «дистанционное управление производственным оборудованием»;
2. «полностью функциональная автоматизированная транспортная система»;
3. «дистанционная тактильная интернет-медицинская диагностика, обследование, выполнение тонких хирургических операций с помощью роботов и непосредственно самими роботами»;
4. «точное управление дронами при минимальной задержке сигнала».

IV. ОТСУТСТВИЕ СВОБОДНЫХ ЧАСТОТ В РОССИИ

«От 14 августа 2019 года, президент Российской Федерации Владимир Путин одобрил решение совета безопасности отказать в выделении частот 3,4–3,8 ГГц для разработки сети пятого поколения, хотя она считается самой популярной в мире и особенно для 5G. Это связано с тем, что в ряде стран этот диапазон оказался самым низким диапазоном, обеспечивающим широкие спектры, а также, большая часть оборудования не требует модификаций при работе на этих частотах, а это приводит к значительной экономии средств. Широкая доступность этого диапазона делает его приоритетным при разработке пользовательских устройств, в первую очередь смартфонов» [9, 14, 15].

Главная проблема в России с использованием технологии 5G заключается в том, что наземные станции занимают фиксированную полосу частот 3,4–3,8 ГГц. И многие страны, которые находятся на грани внедрения 5G, используют данные диапазоны. И если Российская Федерация начнет использовать другие полосы частот, то иностранные системы и оборудование будет трудно интегрировать в нашу экономику и повседневную жизнь [7, 8, 14].

Министерство связи предложило рассматривать диапазон 4,4–4,99 ГГц как приоритет для внедрения стандарта связи 5G, поскольку технические характеристики близки к диапазону 3,4–3,8 ГГц, но для его полного внедрения и использования требуется 3–5 лет. Кроме того, в мире, диапазон частот 4,4–4,99 ГГц широко используется для бортового электрооборудования авиации [7, 8, 12].

В августе 2021 г. Госкорпорация Ростех приступила к формированию национального вендора телекоммуникационных решений для 4G, 5G и следующих поколений связи. Специально созданная компания получила наименование «Спектр». Перед ней поставлена задача обеспечения реализации «дорожной карты» развития высокотехнологичной области «Мобильные сети связи пятого поколения». Вскоре в состав новой компании вошла группа разработчиков, имеющих успешный опыт создания отечественной базовой станции стандарта LTE-Advanced, во главе с Вадимом Белявским, который стал директором департамента исследований и разработки решений радиосистемы «Спектра». Отвечая на вопрос корреспондента журнала «Первая миля» С.А. Попова: На каких диапазонах частот сконцентрированы сегодня ваши разработки в первую очередь? – Вадим Белявский сообщил: «В соответствии с решениями Совета Безопасности РФ принято принципиальное решение сделать приоритетным при строительстве сетей 5G диапазон 4,4–4,99 ГГц (п79). Соответственно, решения в области оборудования связи делаются в первую очередь для данного диапазона. Операторы связи считают оптимальным диапазон 3,4–3,8 ГГц (п78), использование которого пока невозможно. Мы готовы разработать оборудование и под этот диапазон. Модернизация наших решений для работы в нем займет несколько месяцев» [16].

Важно понимать, что проблема доступности бесплатного спектра чрезвычайно важна для Российской Федерации. На данном этапе ведётся разработка другого пути для развития 5G в России, проблема всё еще не решена, но важные наработки рассматриваются и финансируются [12–14].

А. Вышки 5G в России, первые испытания сетей нового поколения

«По состоянию на 2020 год вышки 5G в России работают в тестовом режиме и находятся в следующих городах (рис. 4, 5)» [11].

Москва	4 шт.
Казань	2 шт.
Санкт-Петербург	4 шт.
Екатеринбург	1 шт.
Набережные Челны	1 шт.
Томск	1 шт.
Абакан	1 шт.

Рис. 4. Количество вышек 5G в городах [11]

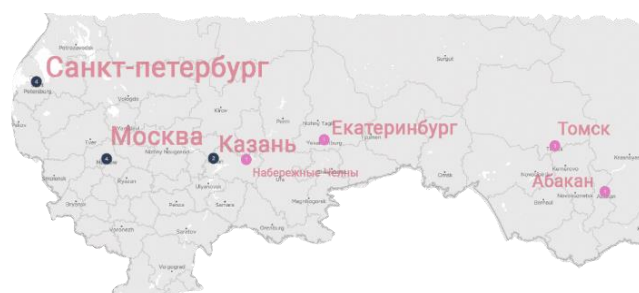


Рис. 5. Карта вышек 5G в Российской Федерации [11]

«На данном изображении можно увидеть 14 пилотных проектов. К примеру, в странах Евросоюза на одно государство приходится около 50 вышек. Больше всего вышек в США и Китае, так как количество вышек в этих странах около 20 000 штук» [11].

«Технологию тестируют, преимущественно в крупных городах – Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Набережных Челнах, Томске, в техноградах Иннополис (рядом с Казанью) и Сколково. Такие сети операторов называются 5G-ready. Это характеризует этап развития 5G в России как подготовительный» [13–15].

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конечно, сеть нового поколения 5G предоставляет новые горизонты для совершенствования и создания цифровых телекоммуникационных систем, как военного, так и гражданского назначения. Однако по мере развития новых мобильных сетей в течение следующего десятилетия пользователи неизбежно столкнутся с проблемами, описанными в настоящей работе.

Предполагаемое влияние применения технологии стандартов пятого поколения 5G проиллюстрировано на (рис. 6).

Сфера	Эффект
Беспилотные автомобили	Ликвидация опасной задержки сигнала на большой скорости
Промышленность	Быстродействие промышленных роботов и унификация инфраструктуры
Сельское хозяйство	Удаленное управление сельхозтехникой, мониторинг полей и стад
Образование	Наглядное обучение через VR-трансляцию
Телемедицина	Удаленные операции в реальном времени
Развлечения	Быстрая беспроводная передача видео сверхвысокой четкости, трансляция мероприятий с эффектом VR
Общение	Интерактивная виртуальная реальность

Рис. 6. Применение сети пятого поколения и ее эффективность

Следовательно, можно сделать вывод о том, что переход и внедрение стандартов пятого поколения 5G возможно уже в ближайшие годы.

Все вышеперечисленные проблемы можно обойти, есть возможность использовать зарубежные наработки, обеспечивающие путь «наименьшего сопротивления» по внедрению сетей мобильной связи пятого поколения.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают признательность руководству Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского за оказанную помощь при проведении данного исследования и благодарят свои семьи за оказанную поддержку, долготерпение и любовь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Обзор исследования, 05.2018, «5G в России. Перспективы, подходы к развитию стандарта и сетей». URL: <https://roscongress.org.turbopage-razvitiyu-standarta-i-setey/>.
- [2] Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Юбилейное издание. СПб.: Питер, 2022. 1008 с.
- [3] Степунин А.Н., Николаев А.Д. Мобильная связь на пути к 6G. В 2 Т. Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. Том 1. 380 с. Том 2. 416 с.
- [4] Таненбаум Э.С., Фимстер Н., Уэзеролл Д. Компьютерные сети, 6-е изд. СПб.: Питер, 2023. 992 с.
- [5] Лохвицкий М.С., Сорокин А.С., Шорин О.А. Мобильная связь: стандарты, структуры, алгоритмы, планирование. М.: Горячая линия – Телеком, 2018. 264 с.
- [6] Бакулин М.Г., Крейнделин В.Б., Панкратов Д.Ю. Технологии в системах радиосвязи на пути к 5G. М.: Горячая линия – Телеком, 2018. 280 с.
- [7] Сборник статей: технологии связи – архитектура сети 5G; сеть радиодоступа 5G; коррекция ошибок в сетях 5G – <https://itechinfo.ru/>.
- [8] Системы связи 5G. [электронный ресурс] URL: <http://exponenta.ru/5g>.
- [9] Афонин И.Е., Макаренко С.И., Михайлов Р.Л. Быстрый глобальный удар: ретроспективный анализ концепции, вероятный сценарий нанесения, состав сил и средств, последствия и приоритетные мероприятия по противодействию. Монография. СПб.: Научные технологии, 2022. 174 с.
- [10] TAdviser [Электронный ресурс], статья: «Пятое поколение мобильной связи», 28.01.2018, URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/>.
- [11] Карта 5G в России – Актуальные данные. [электронный ресурс] URL: https://4gconnect.ru/karta-5g-v-rossii#_5G-2.
- [12] Состояние дел с 5G в России. [электронный ресурс] URL: <https://tass.ru/ekonomika/13746159>.
- [13] Гурский С.М., Баев В.А., Дьяков А.В. Анализ и основные технологии стандарта мобильной сети пятого поколения // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 4-2. С. 201-209; URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37997> (дата обращения: 18.02.2023).
- [14] Гурский С.М., Баев В.А., Дьяков А.В. Технологии мобильной связи пятого поколения: анализ и перспективы развития // СПб НТО РЭС: Труды ежегодной НТК Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) Номер: 1 (75) Год: 2020. с.303-306.
- [15] Макаренко С.И. Модели системы связи в условиях преднамеренных дестабилизирующих воздействий и ведения разведки: Монография. СПб.: Научные технологии, 2020. 337 с.
- [16] Белявский В.А. «Спектр» – это возможность создать собственное оборудование на собственных принципах // Первая миля. №3. 2022 / 103. с. 58–61. DOI: 10.22184/2070-8963.2022.103.3.58.61.