

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.2+004.73

Боков

Василий Михайлович

Методы построения мобильных сетей связи 4G и 5G поколений

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-39 80 02 «Радиотехника, в том числе системы и устрой-ства
радионавигации, радиолокации и телевидения»

(подпись магистранта)

Научный руководитель
Титович Николай Алексеевич

(фамилия, имя, отчество)

Кандидат технических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

(подпись научного руководителя)

Минск 2020

Нормоконтроль

(фамилия, имя, отчество)

Введение

Стремительно растет количество подключенных к Всемирной паутине устройств и требования абонентов к скорости мобильного интернет-доступа. Разработчики телеком-оборудования и операторы связи, стремясь ответить на новые вызовы, готовятся серьезно преобразить архитектуру сетей и регламенты взаимодействия. Так появляются сети пятого поколения (5G), которые являются следующим этапом эволюции сетей четвертого поколения (LTE, 4G)

Белорусские компании уже продемонстрировали возможности технологии 5G на выставке ТИБО-2019, а также рассказали про решения на основе нового стандарта высокоскоростной беспроводной передачи данных.

Уже сейчас в крупных городах скорость мобильного интернета, как правило, достаточна для решения большинства задач, включая и просмотр фильмов, и сетевые игры. Однако те возможности, которые дает 5G, жизненно необходимы для внедрения других технологий, например, интернета вещей. Уже через несколько лет кроме пары SIM-карт на члена семьи у нас может появиться еще пара десятков SIM-карт, отвечающих за открытие ворот гаража, управление освещением, системы видеонаблюдения за домом и так далее.

Отдельная проблема — беспилотные автомобили и другие подобные устройства, например, дроны. По замыслу производителей, они будут обмениваться друг с другом информацией о ситуации на дороге, изменениях погодных условий, возникновении неожиданных препятствий — такой своего рода коллективный разум, объединяющий десятки тысяч транспортных средств. Этим устройствам также понадобится ежесекундно передавать огромные объемы информации, и с этим должны, по замыслу телеком-компаний, справиться сети 5G.

Еще один важный нюанс, который касается уже простых абонентов, — рост популярности облачных сервисов. Люди уже привыкли хранить свои фото и другие данные в сервисах вроде Dropbox, Microsoft OneDrive, Яндекс.Диск. Но сейчас все более популярным становится подход «программное обеспечение как услуга», когда человек не скачивает программу на свой компьютер, а подключается к удаленному серверу и работает там. По такой схеме можно пользоваться как обычными офисными приложениями, так и, к примеру, играть в игры. Причем в последнем случае это позволяет человеку с устаревшим компьютером играть в самые современные игры без потери качества. Естественно, работа всех подобных сервисов приводит к дополнительной нагрузке на сети сотовых операторов, а решение данной проблемы заключается в технологии 5G.

Общая характеристика работы

Ключевые слова: концепция системы мобильной связи пятого поколения (5G), радиочастотный спектр, технологический облик 5G, технологии развития 5G, интернет вещей, сотовая связь, облачные технологии, информационная безопасность 5G, D2D, мобильные сети четвертого поколения.

Цель работы – разработка методов построения сетей мобильной связи четвертого и пятого поколения

Актуальность темы магистерской диссертации:

Сети четвертого и пятого поколения – это следующий этап развития мобильных технологий, предполагающий принципиально новый уровень сервиса и возможностей. Основные особенности разрабатываемого стандарта – высочайшие скорости передачи данных (значительно больше 1 Гбит/с), сверхмалые задержки передачи информации (1 миллисекунда). Эти преимущества позволят решать множество новых задач, предъявляющих высокие требования к надежности соединения в режиме реального времени.

Задачи исследования:

Основными задачами исследования являются: 1. Анализ перспектив развития и современных требований к сетям мобильной связи. 2. Разработка структурной схемы сетей мобильной связи четвертого и пятого поколений. Обоснование оптимальной модели. Использование принципа гетерогенных сетей. 3. Обоснование использования новых видов сигналов для технологий четвертого и пятого поколений мобильной связи. 4. Анализ изменения структуры сетей при переходе на более высокий диапазон частот. 5. Аппаратурное обеспечение сетей мобильной связи нового поколения. 6. Оценка информационной безопасности и электромагнитной совместимости сетей нового поколения.

Объект исследования: Системы мобильной связи четвертого и пятого поколений.

Предмет исследования: Структурные схемы сетей мобильной связи четвертого и пятого поколений, обеспечивающие высокие скорости и минимальные задержки передачи информации, высокую надежность соединения в режиме реального времени.

Текст обоснования:

Мобильные сети получают качественное развитие с интервалом примерно 10 лет. Несмотря на то, что развитие сетей четвертого поколения еще активно продолжается, международные организации, производители оборудования, операторы и исследовательские центры уже ведут разработки по созданию сетей следующего, пятого поколения мобильной связи. 5G в очередной раз увеличит пропускную способность и снизит задержки при передаче данных. Таким образом откроются двери для абсолютно новых, невообразимых ранее, сервисов. В данный момент операторы в партнёрстве с инфраструктурными компаниями тестируют новое оборудование и программное обеспечение. В разгар 5G-гонки самое время разобраться в возможностях и преимуществах грядущего стандарта. Это особенно важно для модернизации отечественных систем мобильной связи. Предполагается, что проведенный в работе анализ будет полезен для информирования и обучения специалистов в этой области.

Структура магистерской диссертации:

Работа изложена на 68 страницах, состоит из разделов «Введение», основной части, разбитой на главы, в которой приводится анализ научной литературы, описание использованных методов, оборудования и материалов, а также сущность и основные результаты исследования; заключение (выводы); список использованной литературы.

План магистерской диссертации:

Введение

- 1.История развития мобильной связи
- 2.Современные требования к параметрам сетей мобильной связи
- 3.Архитектура опорной сети (Core Network) 5G
- 4.Нарезка сетевых ресурсов (Network Slicing)
- 5.Методы построения сетей нового поколения и их атрибутов
 - 5.1Особенности перехода от сети 4G к 5G
 - 5.2Использование новых видов сигналов для технологии четвертого и пятого поколений мобильной связи
 - 5.3Расширение частотного диапазона в системах мобильной связи
 - 5.4Аппаратурное обеспечение сетей мобильной связи нового поколения
- 6.Обеспечение информационной безопасности и электромагнитной совместимости сетей нового поколения
 - 6.1Информационная безопасность сетей 5G
 - 6.2Электромагнитная совместимость сетей нового поколения

Заключение

Список использованных источников

Краткое содержание работы

В данной работе описаны история развития мобильной связи, как создавалась и как быстро прогрессировала мобильная связь, какие изменения вносились в последующие поколения, современные требования к параметрам сетей мобильной связи. Описаны технические характеристики пятого поколения мобильной связи и произведены их сравнения с предыдущим поколением мобильной связи. Подробно расписаны инновационные технологии, которые будут запущены в технологии 5G, такие как *Network slicing* – означает, что инфраструктура сети 5G может быть логически нарезана на «сетевые слои», *D2D (Device-to-Device)* - это непосредственное взаимодействие «устройство-устройство» без участия базовой станции, (*Network Functions Virtualization, NFV*) - предполагает использование технологий виртуализации для отделения функций логических сетевых элементов от аппаратной инфраструктуры сети связи, *Fog computing*(туманные вычисления) - развертывание микроЦОДов максимально близко к месту генерации трафика (*Mobile Edge Computing*), в частности, непосредственно на базовых станциях. Описаны услуги, которые будут доступны в сетях 5G, пример:

- мультимедийные услуги: видео в разрешении 4K, 8K, 3D-видео, *online* игры, услуги на основе голограмм и мультимедиа с полным эффектом присутствия,
- облачные услуги: файловые хранилища, государственные услуги, бизнес-приложения;
- услуги виртуальной реальности (*Virtual Reality, VR*);
- услуги дополненной реальности (*Augmented Reality, AR*): здравоохранение, военная промышленность, образование, развлечения;
- интеллектуальные услуги на основе *Big Data* с целью повышения эффективности бизнеса (*business intelligence, BI*), а также эксплуатации и управления сетью (*network intelligence, NI*);
- услуги Интернета вещей (*IoT*) на основе массового подключения устройств: энергетика, транспорт, здравоохранение, торговля, общественная безопасность, промышленность, ЖКХ ;
- услуги со сверхнизкой задержкой: управление роботизированными механизмами, телемедицина, беспилотный автотранспорт, 3D-игры.

Произведены расчеты отношение сигнала к сумме интерференции и шума на стороне приемника. Описана архитектура опорной сети нового поколения мобильной связи, ее реализация и работа в новом для мобильной связи *mmWave*-диапазоне. Расписана нарезка сетевых ресурсов под разные типы трафика, причем для каждого слайса (буквально — куска сети) используется своя технология передачи данных, приведены особенности

перехода от сети 4G к 5G, интеграция архитектуры Mobile Fronthaul (MFH) и Mobile Backhaul (MBH). Описаны новые сигнально-кодовые конструкции с повышенной спектральной эффективностью и их особенности, для технологии четвертого и пятого поколений мобильной связи, а так же расширение частотного диапазона в 5G, в частности преимущества и недостатки различных диапазонов для сетей 5G. Произведено сравнение сигналов *SC-FDMA* с *OFDM*. Приведены примеры нового аппаратного обеспечения сетей мобильной связи нового поколения от мировых производителей, их параметры и совместимость с устройствами различных производителей. Описано обеспечение информационной безопасности и основные особенности оценки электромагнитной совместимости сетей нового поколения, ключевые требования к системам без постоянного централизованного управления.

Библиотека БГУИР

Заключение

Захват и анализ широкополосных, высокочастотных сигналов систем 5G со сложными схемами формирования диаграммы направленности и поляризации будет представлять собой реальную проблему. Для решения данной задачи требуется внедрение и применение нового тестового оборудования, а инженеры и специалисты должны пройти подготовку. Телекоммуникационная промышленность и ученые-исследователи все еще находятся на относительно ранних этапах понимания среды распространения сигналов миллиметровых длин волн. По-прежнему необходимы хорошие модели для различных условий применения сетей пятого поколения, таких как городские, пригородные и многоквартирные жилые единицы. Несмотря на то, что новые полосы частот открыли путь для разработки новых технологий и услуг сетей 5G, распространение радиочастотных сигналов в данных частотных диапазонах различно и зависит от многих факторов. Например, наружные сигналы миллиметровых длин волн могут быть значительно ослаблены такими факторами, как дождь или листва, в то время как аналогичные сигналы внутри зданий подвержены влиянию даже тонких стен и перегородок. Технология 5G очень тесно переплетена с виртуализацией сетевых функций *NFV*. До полномасштабного развёртывания услуг 5G операторам необходимо пройти процесс «цифровой трансформации» своей сети, бизнеса и организационной структуры. По такому пути сейчас идут наиболее передовые операторы: *AT&T, Verizon, Vodafone, Orange, China Mobile, Telefonica* и другие.

5G-сети и технологии виртуальной реальности открывают новые возможности в различных видах деятельности, будь то видеоигры, трансляция концертов и спортивных передач, медицинские операции и многое другое. Если для абонента 5G это сплошные преимущества, то для операторов связи – новые проблемы и задачи, которые уже сейчас можно начать решать заменой оборудования и программного обеспечения сетей данных. В целях ускорения развёртывания сетей 5G необходимо пересмотреть применяемый регуляторными органами, государственными и местными органами власти подход к цифровой политике. Важно чтобы этот подход предусматривал приемлемый в ценовом отношении доступ к общественным ресурсам, что сделает инвестиции в инфраструктуру малых сот и спектр 5G коммерчески привлекательными.

Список опубликованных работ

Статьи

1. Боков В.М. Спутники — пассивные и активные, регенеративные и нерегенеративные ретрансляторы. / Боков. В.М. //54-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов
2. Боков В.М. Перспективы развития мобильной связи. / Боков. В.М. //55-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов

Автор

В.М.Боков

Заведующий кафедрой ИРТ

Н.И. Листопад

Научный руководитель

Н.А. Титович