

## РОЛЬ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ 6G В РАЗВИТИИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ЭКОСИСТЕМЫ ИНТЕРНЕТА-ВЕЩЕЙ

**Панов М. А.**, к.э.н., доцент,

ФГБОУ ВО «УрГЭУ», г. Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Умные сервисы, основанные на искусственном интеллекте, машинном обучении и автоматизации, а также построенные на экосистеме интернета-вещей (Internet of Things, IoT) продолжают приобретать популярность. Беспроводные сети играют здесь ключевую. Они обеспечивают связь между устройствами, позволяя им обмениваться данными без необходимости проводных соединений. Беспроводные сети 5G успешно продемонстрировали свои возможности на момент появления экосистемы интернета-вещей, но в перспективе развития технологий этого недостаточно. Поэтому спрос на создание систем беспроводной связи 6G для преодоления основных ограничений существующих сетей 5G может стать ключевым стимулом для инноваций в области технологий передачи данных, предоставляя более высокую скорость передачи данных, потрясающую пропускную способность и повышенную надежность связи в разнообразных сферах, включая мобильную связь, интернет вещей, автономные транспортные средства и медицинские технологии.

**Ключевые слова:** умные сервисы, интернет вещей, интернет всего, беспроводные сети, сети 6G.

Примерно раз в десятилетие происходит обновление мобильных коммуникационных систем, для соответствия требованиям современных технологий и эффективного удовлетворения потребностей пользователей. В 2020 году многие страны начали активное внедрение и расширение сетей 5G. Это был значимый этап в разворачивании этой новой технологии связи, хотя в разных регионах запуск сетей 5G происходил с разной скоростью и в разных масштабах.

Сети 5G были восприняты как один из наиболее существенных и значительных этапов в эволюции мобильной связи, предлагающих ряд ключевых преимуществ по сравнению с предыдущими поколениями сетей (3G и 4G).

Сети 5G играют ключевую роль в развитии и ускорении интернета-вещей. Они предоставляют несколько преимуществ, которые способствуют расширению и улучшению возможностей IoT:

1. 5G обеспечивает значительно увеличенную скорость передачи данных по сравнению с предшествующими поколениями сетей, что реализует более эффективный обмен большими объемами данных устройствам интернета-вещей. Это, безусловно имеет важное значение для приложений, требующих высокой пропускной способности в силу более быстрой передачи данных [2].

2. Минимальная задержка (низкая латентность) представляет собой одно из ключевых преимуществ технологии 5G, обеспечивающее сокращение времени ожидания при передаче данных. Для приложений в сфере интернета-вещей (IoT), где необходима реально-временная обработка данных (например, в автономных транспортных системах, умных городах и промышленной автоматизации), это имеет безусловно критическое значение.

3. Высокая пропускная способность и возможность масштабирования - одна из уникальных характеристик 5G, позволяющая одновременно подключать большое количество устройств к сети без ухудшения производительности. Это существенно увеличивает потенциал интернета-вещей и способствует формированию обширных сетей устройств.

4. Энергоэффективность представляется одной из важных особенностей некоторых технологий 5G, таких как Narrowband-IoT (NB-IoT) и LTE-M, которые специально разработаны для устройств интернета-вещей с низким энергопотреблением. Это обеспечивает продолжительное время работы устройств без необходимости зарядки и их применение в различных областях, включая сельское хозяйство, медицину и умные дома.

Благодаря вышеперечисленным преимуществам, сети 5G становятся основой для создания и развития более эффективных и умных устройств интернета-вещей, а также для расширения их применения в различных областях, улучшая тем самым качество жизни и повышая эффективность бизнес-процессов.

По мере развития умных городов, которые автоматизируют окружающую среду с помощью создания цифрового слоя поверх уже существующей традиционной инфраструктуры, интерес заинтересованных сторон к этим проектам резко возрастает.

Поэтому, критической важностью становится эффективное управление этим цифровым преобразованием, обеспечивающее универсальные решения для умных городов. Учитывая предстоящие инновации в сфере беспроводных технологий, особенно в контексте умных городов, 5G может оказаться недостаточным для соответствия будущим требованиям, в отличие от 6G, по следующим причинам:

1. В связи с экспоненциальным ростом числа устройств Интернета вещей, которые обеспечивают беспроводную связь в умных городах, возникает необходимость усовершенствовать стабильное соединение в плотных сетях. Плотные сети (или плотные сетевые развертывания) обычно относятся к сетям, в которых устройства или узлы сети находятся очень близко друг к другу или плотно распределены в пространстве. Это означает, что в таких сетях устройства имеют высокую концентрацию в определенной области или географическом регионе. В контексте умных городов или сетей Интернета вещей (IoT), плотные сети могут включать в себя большое количество устройств, таких как датчики, мониторинговые устройства, камеры и другие, размещенные в городской среде или определенной зоне. Эти устройства работают в тесном соседстве друг с другом, что создает плотную сеть.

2. Внедрение автомобилей с автопилотом, технологий расширенной реальности (XR), телемедицины и прочих сервисов требует высокой скорости передачи данных, минимальной задержки и высокой надежности от сотовых сетей. Для удовлетворения этих требований потенциально способными будут являться будущие сети 6G. Именно они будут способствовать обеспечению необходимых параметров для эффективного функционирования таких передовых технологий. Это включает в себя возможность передачи огромных объемов данных на высокой скорости, минимизацию задержек в коммуникациях для обеспечения реального времени в важных приложениях, а также надежную связь даже в условиях высокой загруженности сети. Новые разработки и стандарты сетей 6G могут стать фундаментом для поддержки таких передовых технологий, переводя их в реальность и расширяя границы их применения.

3. Будущие сотовые сети предполагаются быть сверхнадежными, высокодинамичными и интегрированными в чипы с большим масштабом. Для 6G требуется современная, динамическая архитектура, способная автоматически оптимизироваться в зависимости от потребностей пользователей. Важно разработать архитектуру, которая не только предоставляет улучшенные характеристики, такие как надежность и динамичность, но и способна адаптироваться к изменяющимся требованиям пользователей. Это означает, что сеть должна быть гибкой и интеллектуальной, способной оптимизировать использование ресурсов для различных сценариев, отвечая на запросы пользователей в реальном времени. Такой подход обеспечит более эффективное использование сетевых ресурсов и улучшит общий опыт пользователей в сетях 6G.

Сети 5G не смогут предоставить полностью автоматизированную и интеллектуальную сеть, которая предоставляет все как услугу. Тем не менее, быстрый рост ориентированных на данные и автоматизированных систем может превысить возможности беспроводных систем 5G. Определенные устройства, такие как устройства виртуальной реальности (VR), должны выходить за пределы 5G (B5G), поскольку им требуется скорость передачи данных не менее 10 Гбит/с [1].

Экстремально высокая скорость передачи данных, которую ожидают от сетей 6G, будет достигаться благодаря нескольким инновационным технологиям и подходам:

1. 6G планирует использовать более широкий спектр частот, включая терагерцовый диапазон (THz). Этот диапазон частот выше частот, используемых в текущих сетях, что

позволяет увеличить пропускную способность и скорость передачи данных.

2. Использование более эффективных антенн и передающих устройств, которые могут обеспечить более точную и направленную передачу данных. Множественные антенны и технологии формирования пучков (beamforming) могут быть использованы для повышения эффективности передачи данных.

3. Использование более сложных методов модуляции, которые позволяют упаковывать больше данных в каждом символе и использовать спектральные ресурсы более эффективно.

Сети 6G будут играть важную роль в развитии Интернета вещей (IoT) и его приложений. Ожидается, что 6G сможет значительно улучшить поддержку для IoT за счет следующих особенностей:

1. Высокая скорость и емкость сети. 6G предполагается обеспечить не только более высокие скорости передачи данных, но и большую емкость сети. Это позволит подключать к сети больше устройств одновременно и передавать большие объемы данных, что важно для масштабирования сетей IoT;

2. Низкая задержка (латентность). Одной из ключевых характеристик 6G будет минимизация задержки в передаче данных. Это критически важно для реального времени в приложениях IoT, таких как умный дом, автономные транспортные средства, медицинские устройства и другие, где требуется мгновенная обработка информации;

3. Улучшенная поддержка большого количества устройств. 6G планируется предоставить поддержку для огромного количества устройств IoT, позволяя им работать сетевым образом более эффективно и надежно;
  
4. Энергоэффективность. Развитие технологий, которые обеспечат более энергоэффективную связь для устройств IoT, что поможет увеличить срок службы батарей и снизить энергопотребление;
  
5. Развитие новых IoT-приложений. Благодаря улучшенным возможностям передачи данных, 6G способствует созданию новых инновационных приложений IoT, таких как расширенная реальность, умные города, технологии здравоохранения и многое другое;
  
6. Безопасность и конфиденциальность данных. 6G будет уделять большое внимание вопросам безопасности и защите данных IoT, используя современные методы криптографии и защиты информации.

Таким образом, 6G будет играть важную роль в развитии и совершенствовании экосистемы Интернета вещей, предоставляя более высокую производительность, улучшенную связь и новые возможности для множества приложений в различных областях, где используется IoT.

## Литература

1. Попова Ю.П., Увакин Д.П. 6G беспроводные системы связи: приложения, требования, технологии, проблемы и исследование направления // Наука и общество в эпоху перемен. – 2019. – № 1(5). – С. 36-44.

2. Саломатина Е.В. О поддержке сверхнадежной передачи данных с низкой задержкой в сетях 5G и будущих B5G/6G // Перспективные технологии в средствах передачи информации: материалы 14-ой международной научно-технической конференции, Владимир, 06–07 октября 2021 года. – Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2021. – С. 404-407.