

## 5G для цифровой промышленности

Д. Шульц (ABB)

Представлены основные спецификации, развиваемые в настоящее время для организации сетей 5G: сверхширокополосная мобильная связь, сверхнадежная связь с малой задержкой, массовая межмашинная связь. Сформулированы основные преимущества сетей 5G, показаны области их применения в промышленности.

Ключевые слова: сотовая связь, 5G, цифровизация, промышленность, гибкое производство.

В связи с быстро растущими темпами цифровизации предприятия различных отраслей промышленности стремятся повысить конкурентоспособность за счет интеграции коммуникационных сетей, производственных процессов и производственного оборудования. Пятое поколение технологии сотовой связи 5G является ключевым инструментом для реализации этих задач. Ожидается, что технологии передачи данных 5G позволят повысить гибкость систем автоматизации, увеличат производительность производств и снизят эксплуатационные риски.

## О технологии 5G

В связи с тем, что мир все больше зависит от средств коммуникации и скорости обмена данными, коммуникационная индустрия движется в направлении создания совершенно нового типа беспроводных сетей: 5G [1]. Сети 5G - это не просто более быстрый протокол передачи данных по сравнению с 4G, а совершенно новый стандарт с возможностью, например, обслуживать множество устройств почти одновременно, запускать различные логические сети для автономного вождения, голосовых и промышленных приложений на одной физической инфраструктуре.

Существуют три основных протокола 5G, которые станут доступны, постепенно, в течение следующих нескольких лет (рис. 1).

- Сверхширокополосная мобильная связь (Enhanced mobile broadband, eMBB) увеличивает пропускную способность на порядок по сравнению с 4G, ориентирована на такие приложения, как потоковое видео высокой четкости (HD) или приложения дополненной реальности (AR) не только в повседневном мире, но и в промышленной сфере. Покрытие публичной сети 5G началось в 2019 г.

- Сверхнадежная связь с малой задержкой (Ultra-reliable low-latency communication, URLLC) снижает достижимую задержку и повышает надежность связи. URLLC нацелена на критически важные для процессов и безопасности области применения, такие как автономное управление транспортными средствами (AGV), дистанционное управление промышленным оборудованием, мобильность в сфере услуг безопасности перевозок, приложения замкнутым контуром управления. Стандартизация этого протокола завершена; коммерческая доступность ожидается в 2021/2022 гг.

- Массовая межмашинная связь (Massive machine-type communication, mMTC) направлена на необходимость поддержания корректного функционирования большого количества устройств в сети, в первую очередь предназначенных для сенсорных приложений с низкой скоростью передачи данных (по сравнению, например, с видео), но высокой пространственной плотностью. Для реализации данного сценария важны низкая стоимость устройства и его энергоэффективность. Эта функция будет стандартизирована в последнюю очередь, и ожидается, что она станет доступной к концу 2023 г.

На практике приложения требуют сочетания функциональных возможностей этих протоколов. Хорошим примером является потоковое воспроизведение информации с расширенной реальностью (AR), которое требует как высокой пропускной способности для самого контента, так и низкой задержки для предотвращения запаздывания движения, так как если задержка между движением головы и AR-изображением слишком велика, технология становится непригодной для использования в полевых условиях. Аналогичным образом, приложения с замкнутым контуром

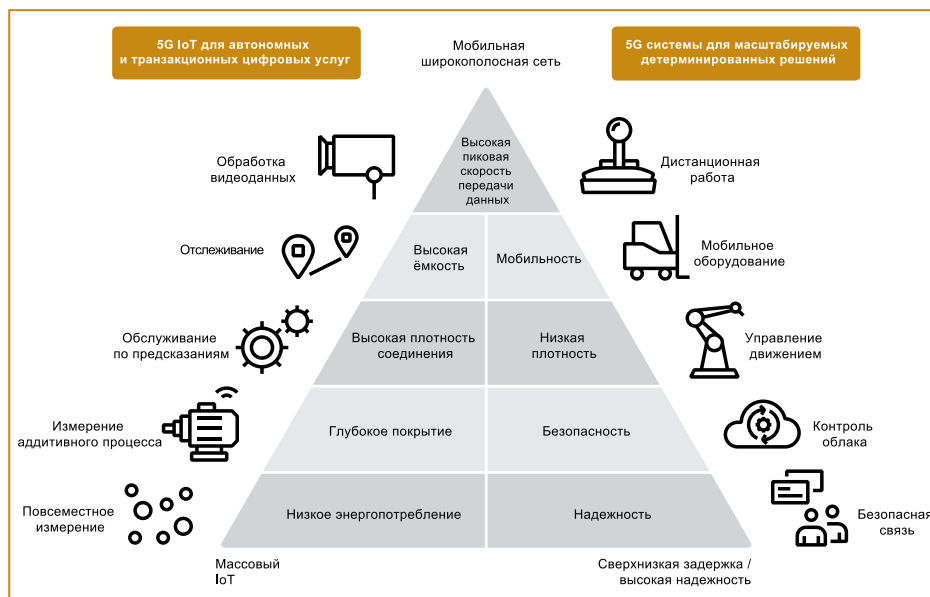


Рис. 1. Основные области применения 5G

Задержки: 125 мкс до порядка секунд. Радиус покрытия: 1 м...1 тыс. км.

Скорость передачи данных: в пределах кбит/с - Гбит/с.

Плотность устройства: 1...1 млн. устройств/км<sup>2</sup>. Доступность: 99...99,999%

управления требуют как высокой плотности датчиков, так и высокой надежности (но при этом достаточно низкой скорости передачи данных).

Эти два примера отражают сферу применения основных типов промышленной 5G-связи:

- детерминированная коммуникация для управления физическими процессами. Этот вид связи требует высокой надежности и низких задержек для замыкания контуров кибер-физических процессов.

- транзакционная связь для оптимизации и обслуживания технологического процесса и технологического оборудования. Здесь требуется подключение большого числа разнообразных датчиков.

Помимо простого улучшения производительности протоколов, сотовые экосистемы, построенные на технологии 5G, предлагают множество функций и инноваций с преимуществами для автоматизированных промышленных систем. Масштабируемая, детерминированная коммуникационная инфраструктура 5G предлагает механизмы гарантированной доставки данных с ограниченной задержкой. При наличии сетевых ресурсов приложения можно легко масштабировать, так как защита ресурсов встроена в технологию. Производительность сети в свою очередь может быть масштабирована путем подключения дополнительных радио-, оптоволоконных и компьютерных ресурсов там, где это необходимо.

*Сетевое нарезание* позволяет организовать многопользовательское использование сетей. Подписываясь на сетевой сегмент, можно запускать критически важные по времени приложения без необходимости инвестировать в специальную инфраструктуру (например, автономное управление и автономные установки могут совместно использовать сеть 5G). В пределах одной сети может надежно отделить сегменты управления офисными приложениями, промышленные системы, бухгалтерию, коммунальные службы и внешнюю инфраструктуру.

*Универсальность.* 5G предлагает универсальную и конфигурируемую радиотехнологию. Радиоборудование может быть сконфигурировано для поддержки определенного сочетания детерминизма, полосы пропускания и числа сегментов сети в зависимости от имеющихся ресурсов. При этом отпадает необходимость в специализированных радиотехнологиях для охвата различных типов приложений автоматизации от управления движением до обработки видео.

*Синхронизация точного времени.* Помимо низких задержек высокоточная синхронизация времени в широком диапазоне организует беспроводную последовательность событий (wireless sequence of events, SoE) для критических промышленных процессов, в которых сигналы тревоги и события от распределенного оборудования должны быть интегрированы в одну хронологическую последовательность.

*Мобильные периферийные вычисления.* Обработка сигналов и анализ данных могут быть реализованы в виде виртуализированных функций программного обеспечения в непосредственной близости от процесса, без необходимости нагружать датчики или критически важное технологическое оборудование. Такой подход имеет ряд преимуществ: данные могут передаваться обратно в процесс с малыми

задержками (например, для интеграции контроля качества продукции) и не требует добавления специализированного вычислительного оборудования в помещениях. При использовании так называемой частной сети конфиденциальные данные даже не покидают корпоративную сеть, не говоря уже о том, что передаются в сторонние дата-центры.

*Низкая мощность и высокая плотность.* 5G предлагает маломощные и низкоскоростные варианты протоколов передачи данных, использующие узкополосный IoT (NB-IoT) - стандарт сотовой связи для устройств телеметрии с низкими объемами обмена данными, но поддерживающий значительно увеличенную плотность устройств (mMTC). NB-IoT - это недорогая, маломощная широкополосная радиосеть стандарта, работающая на частоте 200 кГц, которая позволяет использовать широкий спектр сотовых устройств и услуг, уделяя особое внимание покрытию внутренних помещений, длительному времени работы от батарей и высокой плотности соединения. Имея мощность передачи в пределах мВт, NB-IoT обеспечивает гибкое размещение даже энергонезависимых датчиков без подключения к сети или наличия источника питания, что позволяет сократить как стоимость, так и время установки.

### Значимость 5G

Промышленные приложения на базе 5G могут одновременно работать по одной сетевой инфраструктуре, при условии наличия соответствующих радио- и сетевых ресурсов. Эти ресурсы могут быть реконфигурированы в программном обеспечении для адаптации к изменяющемуся сочетанию потребностей приложений в адаптивных производственных системах.

Так как производительность сети может быть настроена очень детально, дополнительные затраты (путем добавления ресурсов) увеличивают добавочную стоимость (производительность конкретного приложения).

Помимо технических инноваций, описанных выше, добавленная стоимость для заказчика является основным фактором, определяющим участие АBB в проекте 5G. Например, на первом этапе может быть целесообразным передать право собственности и эксплуатацию критически важной инфраструктуры автоматизации поставщику услуг по автоматизации. Собственники завода и фабрики могут отказаться от затрат и усилий на эксплуатацию и обслуживание оборудования уровня распределенных систем управления DCS, но сохранить контроль над своими полевыми шинами, контроллерами и устройствами ввода/вывода.

Применение 5G также помогает повысить производительность. Способность добавлять и подключать датчики без дополнительных затрат на инфраструктуру является катализатором повышения уровня цифровизации физических производственных процессов и инфраструктур. Появление новых производственных данных означает дополнительное понимание процессов и продуктов, которые могут быть использованы алгоритмами машинного обучения для прогнозирования и предотвращения простоев системы и проблем с качеством выпускаемой продукции.

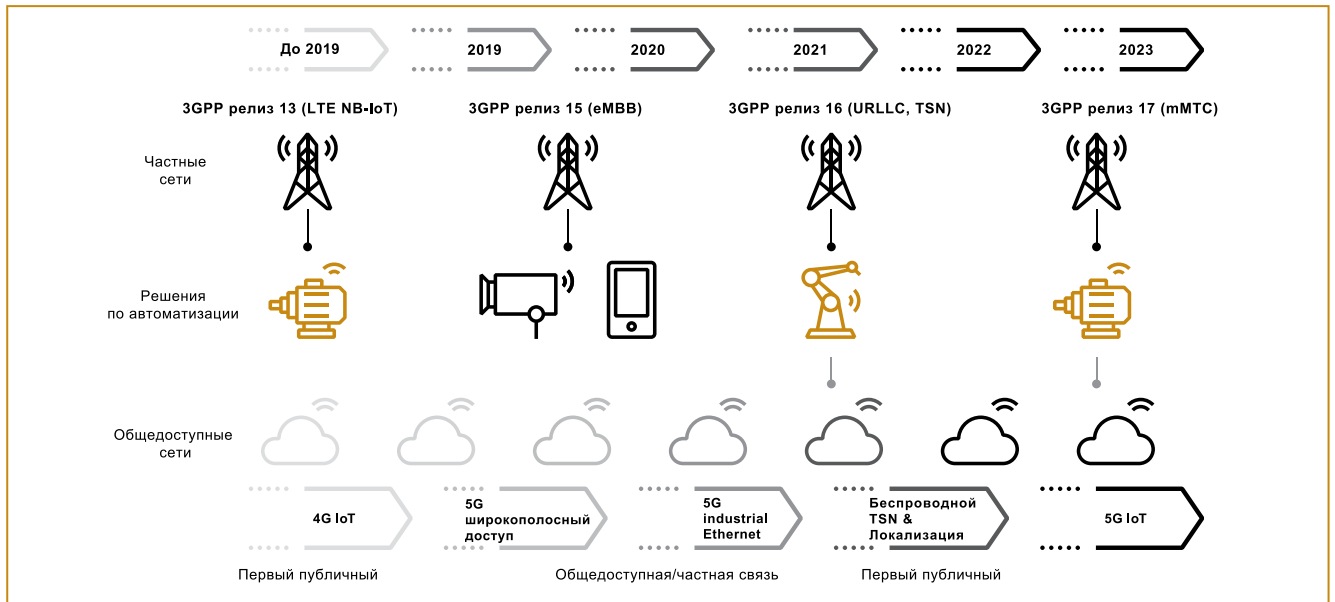


Рис. 2. Маршрутная карта распространения 5G в промышленности, 3GPP: проект партнерства 3-го поколения, общий термин для ряда организаций по стандартизации, которые разрабатывают протоколы для мобильной связи

*Дополнительные преимущества от использования сетей 5G*  
 - 5G повысит гибкость производственных процессов. Беспроводная связь в общем случае облегчает перестановку станков, производственных модулей или транспортировку материалов с помощью беспилотных транспортных средств. 5G обеспечивает надежность и детерминированность процессу передачи данных, необходимые для такой гибкости в промышленном масштабе.

- 5G является устойчивой технологией. Инфраструктуру 5G можно совместно использовать в различных областях применения и промышленности. Ожидается, что вложенные сегодня средства в датчики или оборудование для автоматизации сотовой связи прослужат многие годы.

Совместно 5G и чувствительные к времени сети IEEE (протокол TSN) - набор стандартов IEEE, которые образуют детерминированные сети на более низких уровнях управления [2] - предназначены для обеспечения универсальной связи и вычислений для промышленных систем и (крупномасштабных) инфраструктур. Функции автоматизации в приложениях обеспечения безопасности, управления замкнутого цикла, анализа данных или машинного обучения позволят использовать требуемые ресурсы без необходимости развертывания дополнительной коммуникационной инфраструктуры.

### 5G уже реальность

5G - это сложная и в то же время универсальная коммуникационная экосистема, включающая ряд различных радиотехнологий, глобальные проводные широкополосные сети, мощные компьютеры и значительное число «интеллектуальных» функций программного обеспечения. 5G обладает потенциалом для обеспечения универсаль-

ной связи для промышленных систем. Доступность 5G в ближайшие годы показана рисунке. Благодаря конфигурируемой производительности связи, маломощной опции радиосвязи, возможности совместного вычисления и доступности через подписку, 5G превосходит существующие технологии связи для промышленного применения.

Сегодня АБВ поставляет телекоммуникационные решения в нефтегазовой среде, и сотовые технологии уже являются частью многих продуктов АБВ. АБВ также является одной из первых компаний, которая использует протокол сотовой связи NB-IoT для управления парком оборудования и телеметрические приложения для повышения доступности активов.

Для дальнейшего развития цифровых возможностей АБВ сотрудничает с ведущими мировыми компаниями в области информационных и коммуникационных технологий, такими как IBM (искусственный интеллект), Microsoft (АБВ Ability™ cloud – облачные вычисления), HPE (периферийные вычисления) и совсем недавно Ericsson (для 5G). Вместе, АБВ и Ericsson руководят стандартизацией, регулированием и развитием технологий 5G. Ключевыми целями здесь являются доступность всего спектра возможностей данного протокола связи для промышленного назначения.

### Список литературы

1. Schulz D. Buzzword demystifier: 5G //ABB Review. 2020. № 3. pp. 78-79.
2. Bruckner D., Blair R., Stanica M-P. et al. OPC UA TSN A new Solution for Industrial Communication. WEKA Fachmedien, Available: [https://cdn.weka-fachmedien.de/whitepaper/files/OPC\\_UA\\_TSN\\_\\_A\\_new\\_Solution\\_for\\_Industrial\\_Communication.pdf](https://cdn.weka-fachmedien.de/whitepaper/files/OPC_UA_TSN__A_new_Solution_for_Industrial_Communication.pdf).

*Дирк Шульц* - исследовательское подразделение в области промышленной автоматизации корпорации АБВ.  
 E-mail: [dirk.schulz@de.abb.com](mailto:dirk.schulz@de.abb.com)