

Области применения сетей 5G

Дунайцев Р.А. (СПбГУТ)

roman.dunaytsev@spbgut.ru

Предпосылки появления

- Согласно правилу «10 лет», коммерческие сети мобильной связи новых поколений появляются примерно каждые 10 лет
- Сети 5G – это новый этап развития технологий для расширения возможности доступа в сеть Интернет через сети радиодоступа
- Предпосылки появления сетей 5G:
 - рост объемов мобильного трафика;
 - увеличение числа мобильных устройств, подключаемых к сети;
 - выделение новых участков частотного спектра.

Предпосылки появления

- Увеличение числа устройств, подключаемых к сети Интернет, а также появление новых услуг будут предъявлять дополнительные требования к сетям 5G:
 - более высокая скорость передачи данных;
 - минимальная задержка доставки данных (до 1 мс);
 - поддержка большого количества классов обслуживания (Quality of Service, QoS);
 - обеспечение надежной защиты передаваемых данных;
 - постоянная доступность сети (99,999% времени);
 - эффективное использование ресурсов сети;
 - обеспечение разных вариантов взаимодействия абонентских терминалов (терминал-термина и терминал-терминал-сеть, где терминал выполняет роль ретранслятора);
 - повышение энергоэффективности для увеличения времени автономной работы абонентских терминалов;
 - и т.д.

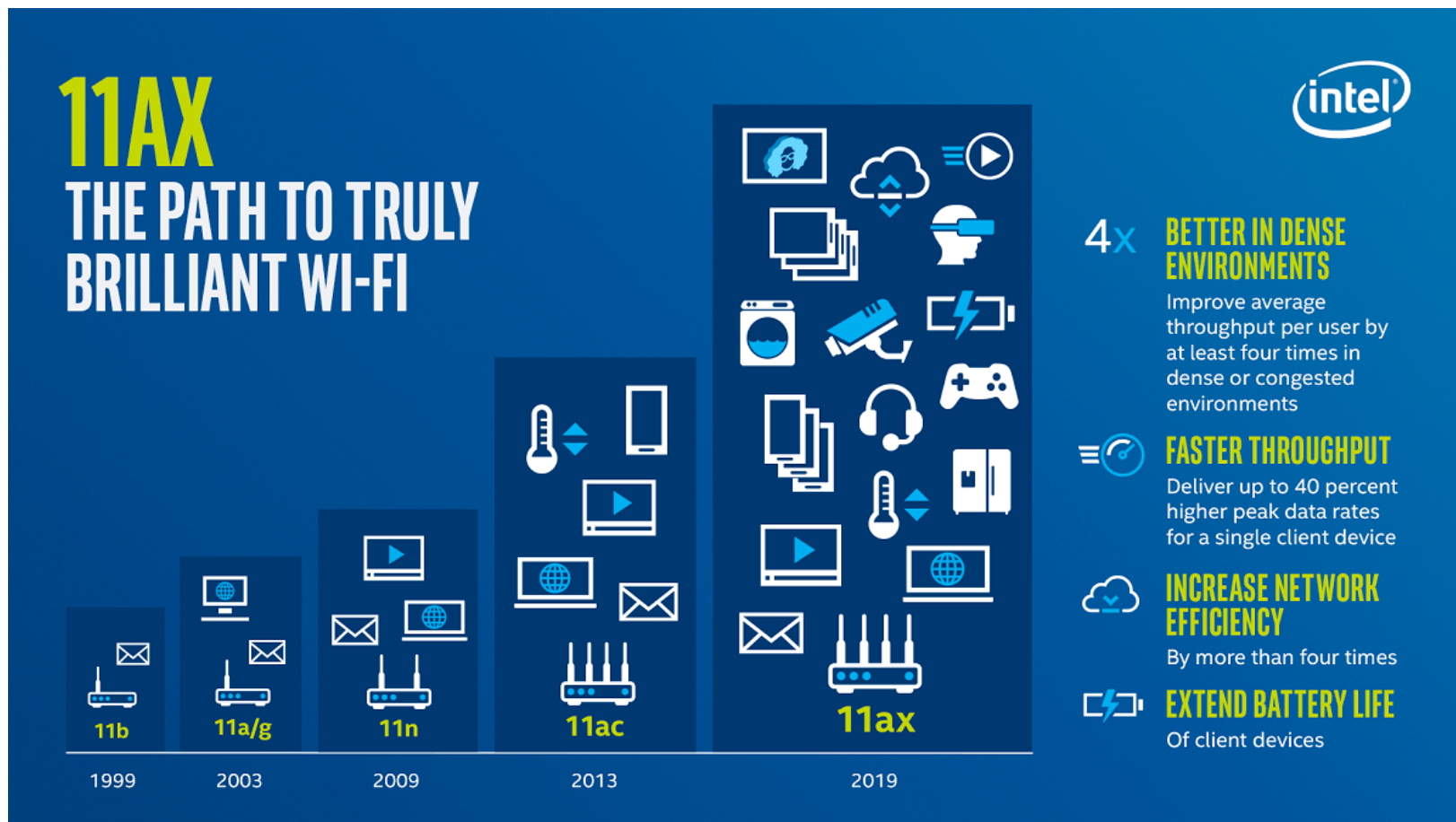
Предпосылки появления

- Развитие услуг с использованием сетей мобильной связи и систем беспроводного доступа, начиная с 2020 г., ассоциируется с переходом к сетям 5G или, в терминах МСЭ-Р, к сетям **IMT-2020**
- Эти сети, помимо новых радиointерфейсов, объединят в себе и эволюцию сетей 4G (LTE-A Pro), и ставшие не менее важными для абонентов сети **Wi-Fi** (IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax), в том числе сети **WiGig** (IEEE 802.11ad) в частотном диапазоне 60 ГГц

Предпосылки появления

Year	WiFi Versions/Protocols	Old name	New name
1999	First Generation	WiFi 802.11b	WiFi 1
1999	Second Generation	WiFi 802.11a	WiFi 2
2003	Third Generation	WiFi 802.11g	WiFi 3
2009	Four Generation	WiFi 802.11n	WiFi 4
2014	Fifth Generation	WiFi 802.11ac	WiFi 5
2019	Sixth Generation	WiFi 802.11ax	WiFi 6

Предпосылки появления



Предпосылки появления



Предпосылки появления

- К основным причинам увеличения трафика относятся:
 - рост объема потребления видеоуслуг и увеличение разрешения видеоизображения (720p, 1080p, 4K, ...);
 - увеличение количества устройств, начиная со смартфонов и планшетов и заканчивая многочисленными датчиками класса M2M (Machine-to-Machine);
 - рост темпов использования приложений;
 - популяризация облачных технологий;
 - компьютерные облачные и online-игры.

Требования к сетям 5G

- Пиковая скорость передачи данных на абонента
 - Т.е. максимальная достижимая скорость в идеальных условиях на один абонентский терминал
 - В нисходящем направлении = 20 Гбит/с
 - В восходящем направлении = 10 Гбит/с
- Практическая скорость на абонента
 - Т.е. скорость передачи данных на один абонентский терминал, достижимая по всей зоне покрытия
 - В любом направлении = не менее 100 Мбит/с

Требования к сетям 5G

- **Спектральная эффективность**
 - Т.е. средняя скорость передачи данных на единицу спектра и на соту (бит/с на Гц)
 - В нисходящем направлении = 30 бит/с/Гц
 - В восходящем направлении = 15 бит/с/Гц
- **Энергоэффективность**
 - На стороне сети = количество информационных бит, передаваемых абонентом или получаемых от абонента, на единицу потребления энергии в сети радиодоступа (бит/Дж)
 - На стороне абонентского терминала = количество информационных бит на единицу потребления энергии модулем связи (бит/Дж)

Требования к сетям 5G

- **Временная задержка на радиоинтерфейсе**
 - Т.е. вклад радиосети в интервал времени от момента посылки пакета данных отправителем до момента получения его адресатом
 - Для сервисов URLLC = 0,5 мс
 - Для сервисов eMBB = 4 мс
- **Мобильность абонента**
 - Т.е. максимальная скорость (км/ч), которая может быть достигнута при заданном QoS и непрерывности обслуживания радиоузлами, которые могут принадлежать к разным уровням или технологиям радиодоступа
 - Может достигать 500 км/ч

Требования к сетям 5G

- Плотность распределения трафика
 - Т.е. общая скорость трафика, обслуживаемого на единице географической площади (Мбит/с на квадратный метр)
 - Более 10 Мбит/с на квадратный метр
- Количество активных абонентских терминалов
 - Т.е. общее число подключенных абонентских терминалов на единицу площади
 - Более 1 млн. на квадратный километр (т.е. примерно 1 абонентский терминал на квадратный метр)

Требования к сетям 5G



Multi-Gigabit

Скорость, сравнимая с оптоволокном

Пиковая скорость в несколько Гбит/с при скачивании и загрузке



Равномерное покрытие сети

Надёжная работа на скорости около 100 Мбит/с даже в условиях плотной застройки и на границе соты



Низкая задержка

Около 1 мс для интерактивного контента, а также снижение требований к буферизации



Низкая стоимость передачи бита

Существенно ниже, чем в современных сетях, что позволит внедрить недорогие тарифы для передачи данных

10x

Повышение пропускной способности сети

10x

Снижение общей задержки в сети

10x

Повышение плотности соединений

3x

Повышение эффективности спектра

100x

Повышение ёмкости трафика

100x

Повышение эффективности сети

Услуги сетей 5G

- Сети 5G должны обеспечивать поддержку разнообразных услуг, которые можно объединить в 3 сценария использования:
 - **Enhanced Mobile Broadband (eMBB)** – усовершенствованная мобильная широкополосная связь
 - **Massive Machine-Type Communication (mMTC)** – массовая межмашинная связь
 - **Ultra-Reliable and Low-Latency Communication (URLLC)** – сверхнадежная связь с низкими задержками
- Последние 2 особенно важны в контексте концепции **Интернета Вещей (Internet of Things, IoT)**

Услуги сетей 5G

- **Сценарий eMBB**
- **Приложения и требования:**
 - Видео со сверхвысоким разрешением (4K, 8K) и 3D – требует сверхвысокой скорости передачи данных и низкой задержки
 - Тактильный Интернет (Tactile Internet) – требует сверхвысокой скорости передачи данных и сверхнизкой задержки
 - Виртуальная реальность (Virtual Reality, VR) – требует сверхвысокой скорости передачи данных и сверхнизкой задержки
 - Дополненная реальность (Augmented Reality, AR) – требует сверхвысокой скорости передачи данных и низкой задержки
 - Игры в облаке (Cloud Gaming) - требует сверхвысокой скорости передачи данных и низкой задержки

Услуги сетей 5G



Услуги сетей 5G



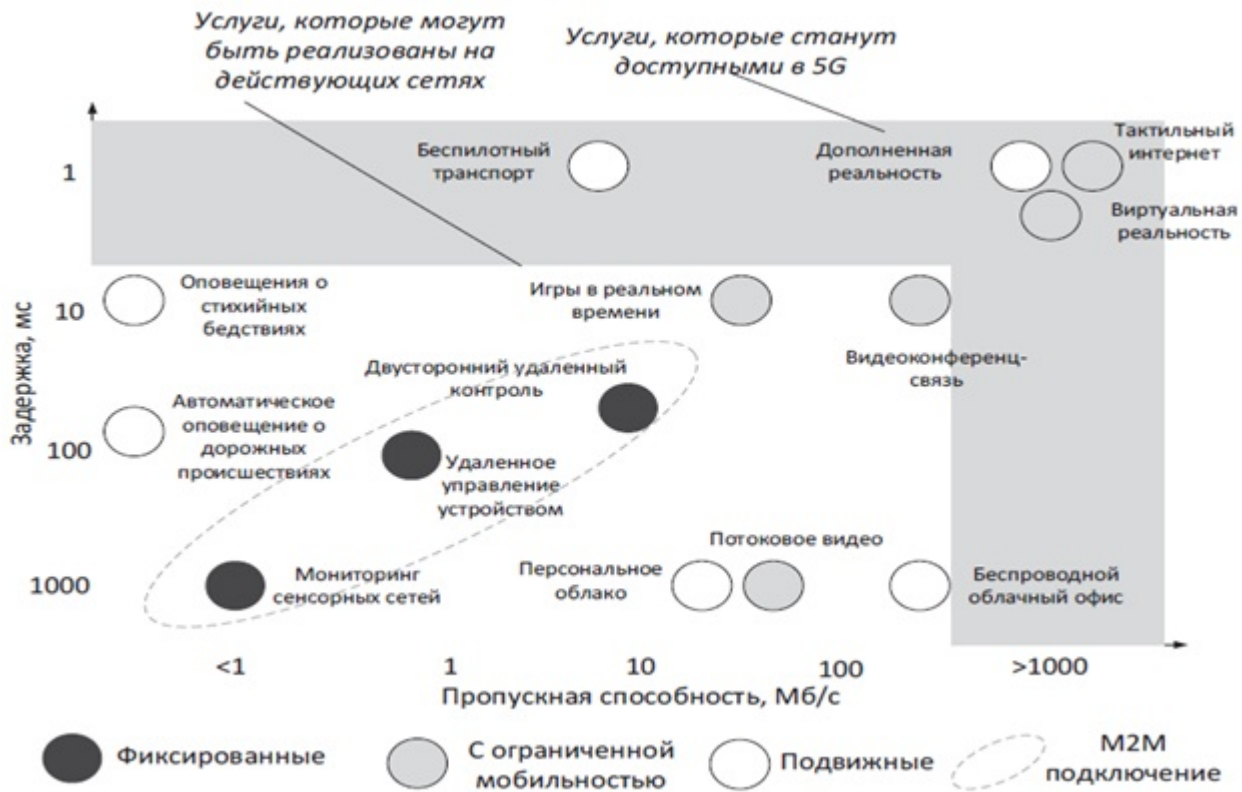
Услуги сетей 5G

- **Сценарий mMTC**
- **Приложения и требования:**
 - Умный город (Smart City) – функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций, работа в условиях быстродвижущихся объектов, работа на коротких и дальних дистанциях, высокая надежность
 - Беспроводные сенсорные сети (Wireless Sensor Networks, WSN) – функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций, работа на коротких и дальних дистанциях, высокая надежность

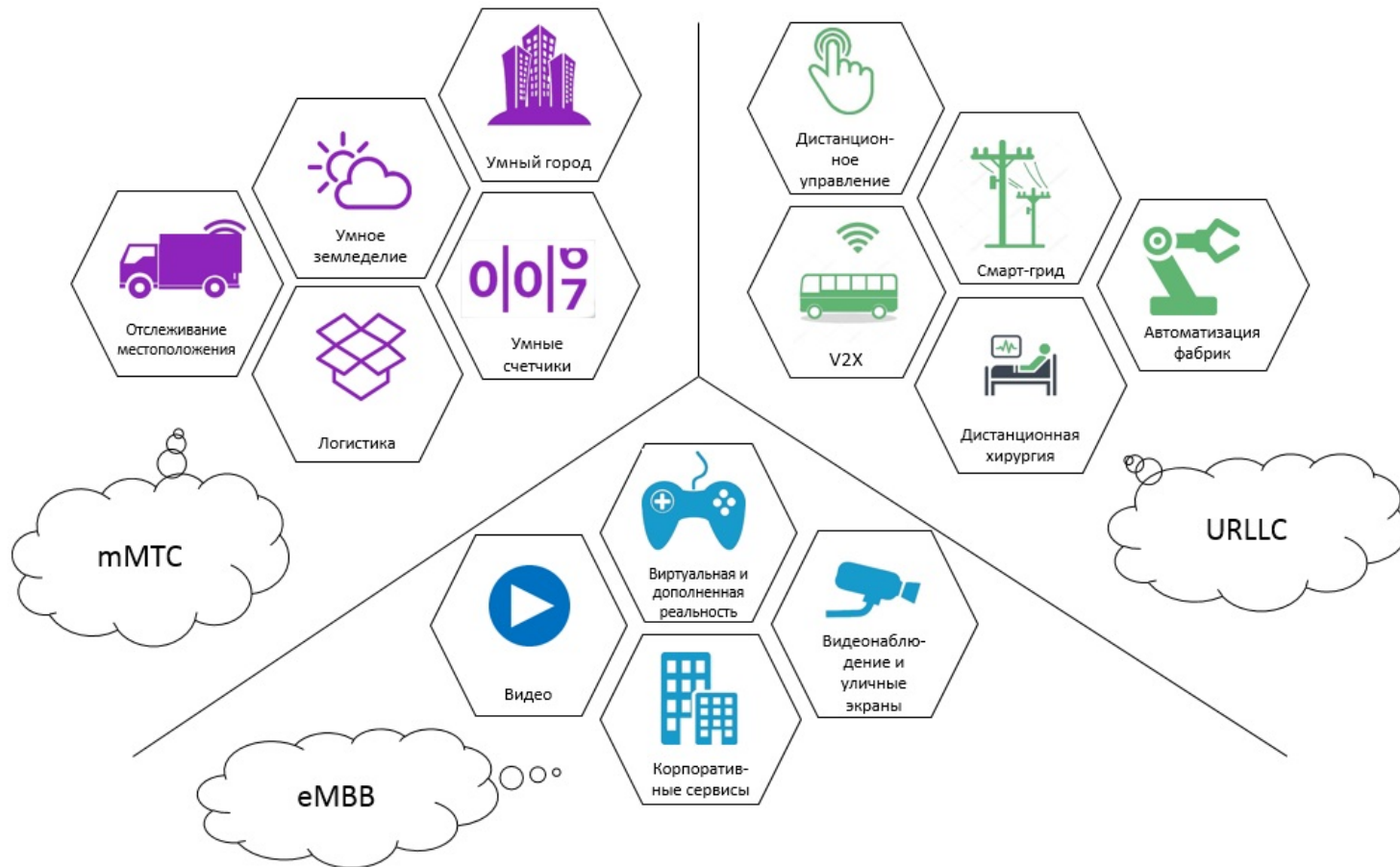
Услуги сетей 5G

- **Сценарий URLLC**
- **Приложения и требования:**
 - Промышленная автоматизация – функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций, сверхвысокая надежность и высокая скорость передачи данных, низкая или сверхнизкая задержка
 - Критически важные приложения (телемедицина, спасательные миссии и т.п.) – функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций, сверхвысокая надежность и высокая скорость передачи данных, низкая или сверхнизкая задержка
 - Беспилотный автотранспорт – функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций, сверхвысокая надежность и высокая скорость передачи данных, низкая или сверхнизкая задержка, работа в условиях быстродвижущихся объектов, работа на коротких и дальних дистанциях

Услуги сетей 5G



Услуги сетей 5G



Литература

- 1) Мобильная связь на пути к 6G / А. Н. Степутин, А. Д. Николаев ; рец.: М. А. Сиверс, В. Г. Скрынников. - 2-е изд. - М. : ИНФРА - Инженерия ; Вологда. Т. 1. - 2018. - 384 с.
- 2) Мобильная связь на пути к 6G / А. Н. Степутин, А. Д. Николаев ; рец.: М. А. Сиверс, В. Г. Скрынников. - 2-е изд. - М. : ИНФРА - Инженерия ; Вологда. Т. 2. - 2018. - 418 с.
- 3) Сети 6G. Путь от 5G к 6G глазами разработчиков. От подключенных людей и вещей к подключенному интеллекту / пер. с англ. В. С. Яценкова. – М. : ДМК Пресс, 2022. - 624 с.