

**ITU Workshop on Innovative ICT Technologies  
Tashkent, Uzbekistan  
21-22 September 2016**

**Сети пятого поколения и Тактильный Интернет.  
Децентрализация сети и предоставления услуг**

**Ruslan Kirichek**

**Head of Internet of Things laboratory SPbSUT,  
Saint - Petersburg State University of  
Telecommunications**

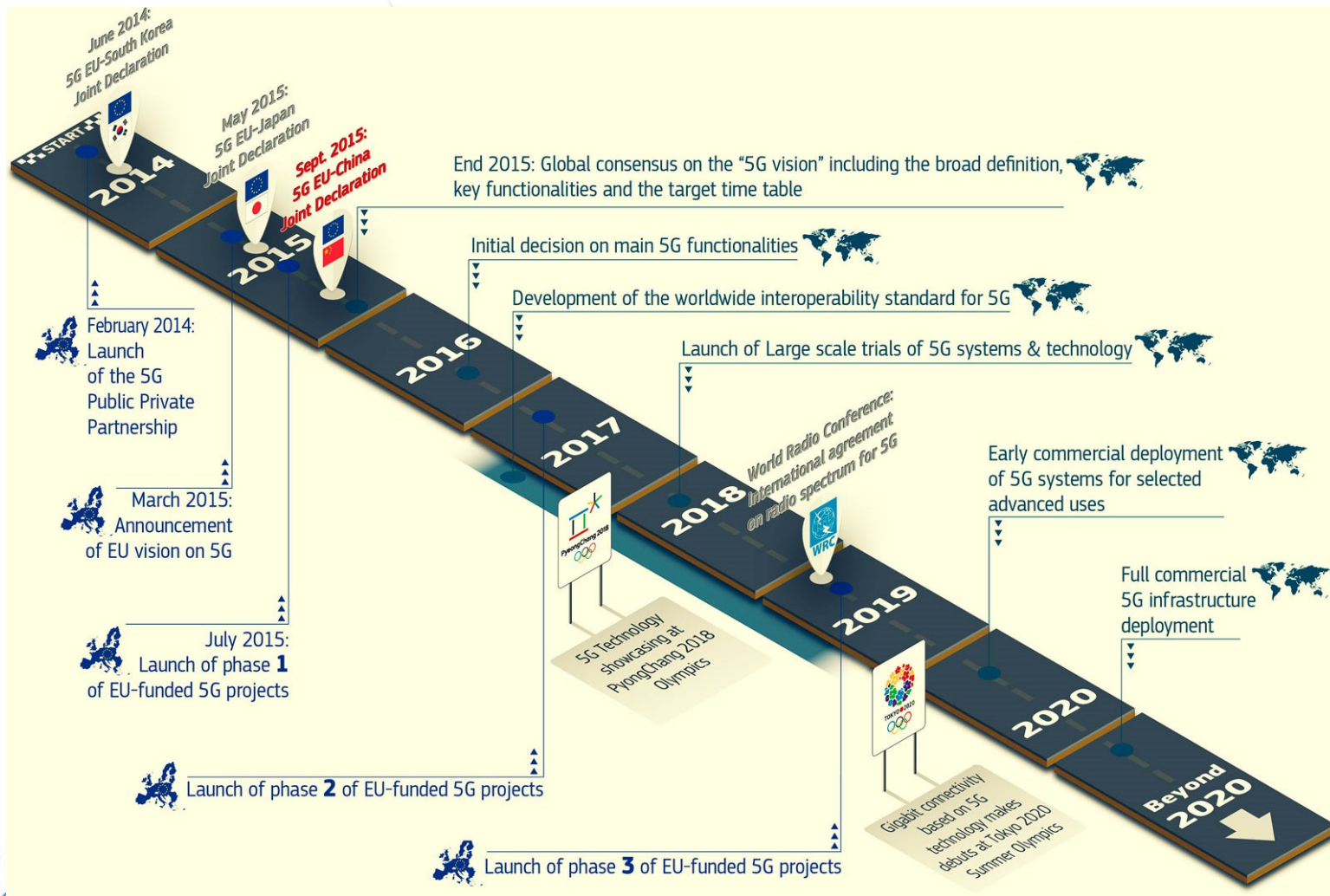
**[kirichek@sut.ru](mailto:kirichek@sut.ru)**



# Сети пятого поколения

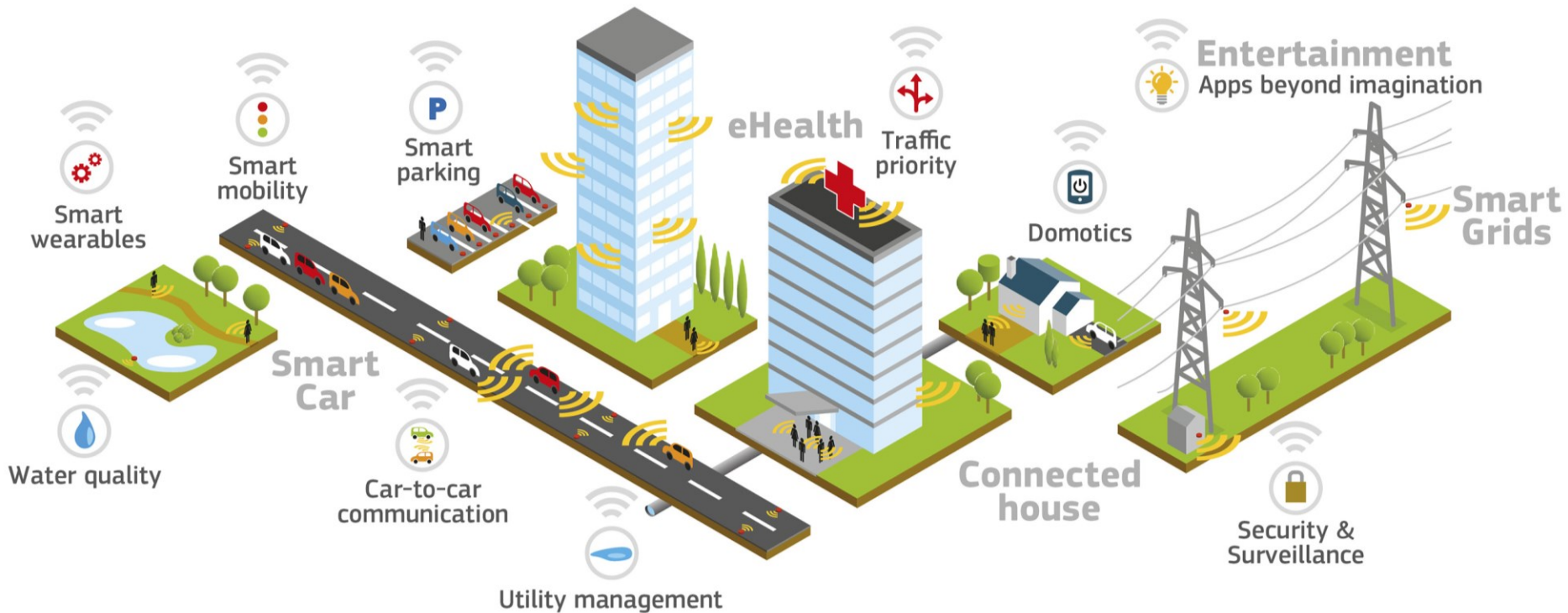
- 5G или IMT-2020 — телекоммуникационный стандарт связи нового поколения
- В июне 2015 года МСЭ разработал дорожную карту развития технологии и определил её название — «IMT-2020»
- Внедрение в жизнь стандарта IMT-2020 планируется к 2020 году

# Дорожная карта «ИМТ-2020»



<https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/towards-5g>

# Видение ИМТ-2020 (5G)



<https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/towards-5g>

# Потенциальные технологии в стандартах IMT-2020 (5G)

- Множественные MIMO антенны
- Переход в сантиметровый и миллиметровый диапазоны
- UDN (Ultra-dense networking) – сверхплотные сети
- Коммуникации D2D (Device-to-device)
- Ядро сети SDN (программно-определяемая сеть)
- NFV (виртуализация сетевых элементов)
- Конвергенция всех существующих ранее технологий

# Прогнозируемые параметры сетей пятого поколения

- Пиковая скорость передачи данных:  
10-50 Гб/с (Download); 100 Мб/с-1 Гб/с (Upload)
- Задержка – 1 мс
- Частотный диапазон (на июль 2016):  
28 ГГц (27,5-28,35 ГГц)  
37 ГГц (37-38,6 ГГц)  
39 ГГц (38,6-40 ГГц)  
64-71 ГГц  
95 ГГц (в будущем)
- Количество абонентских устройств в соте – до 300 тыс.
- Вероятность отказа ниже  $10^{-7}$  (3,17 с простоя в год)

# Сетевая архитектура сетей 5G

Сеть 5G будет состоять из трех подсистем (облаков):

- Облако доступа
- Облако управления
- Транспортное облако

Архитектура «по запросу»

# Проблемные вопросы внедрения 5G

- Беспроводные технологии на уровне доступа не готовы к скоростям  $\sim 10$  Гб/с
- Требуется стандартизация и внедрение новых технологий, таких как:
  - MU-MIMO
  - SCMA, MUSA,...
  - F-OFDM, FB-OFDM,...
  - Polar Code
  - WiGig и др.



# Новое приложение Интернета Вещей – Тактильный Интернет



2005



2014

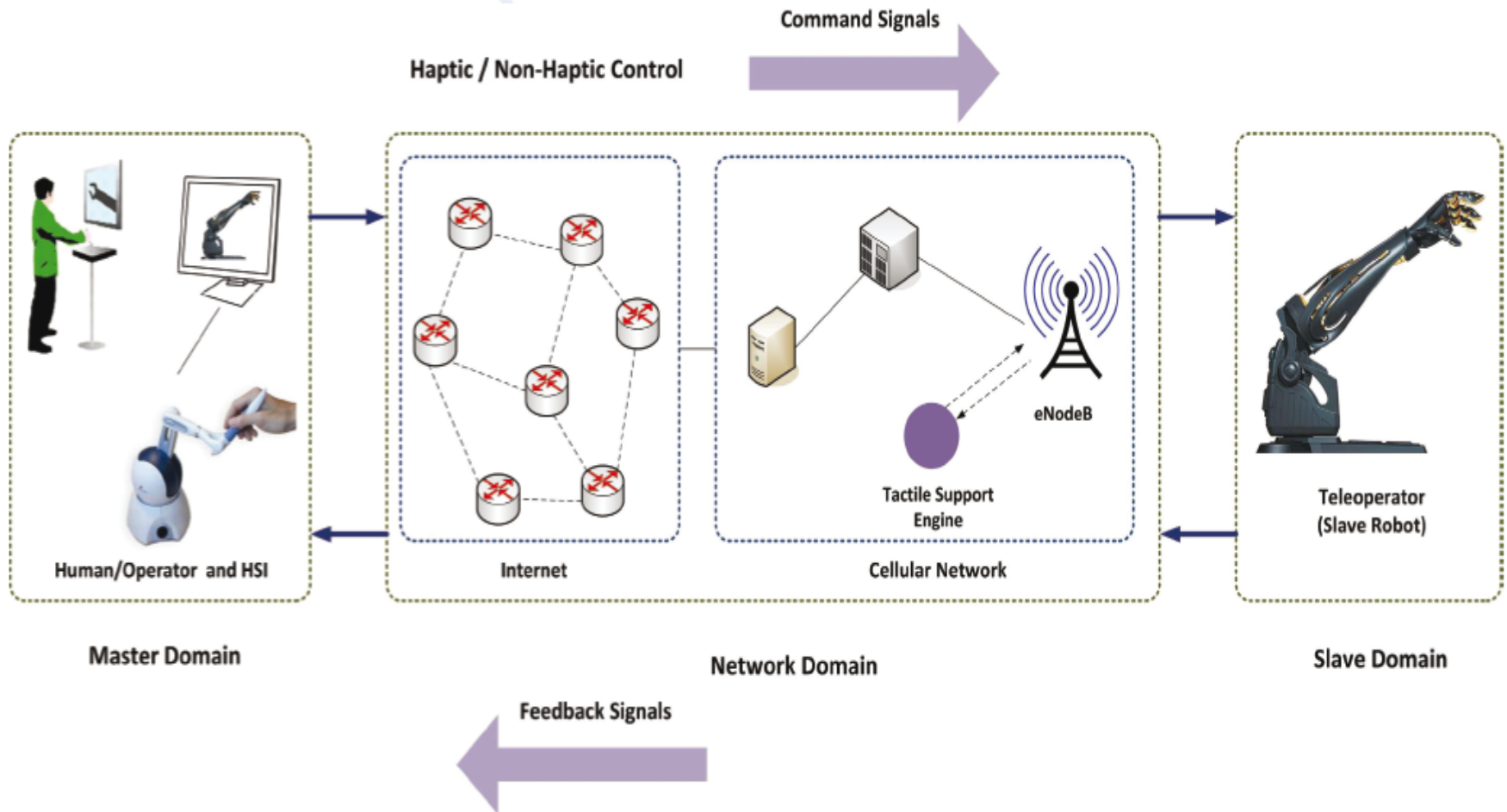
# Эволюция задержек

Наименование сети	Значение задержки
NGN	100 мс
Медицинские сети	10 мс
Тактильный Интернет	1 мс

# Эволюция скоростей

Наименование сети	Скорость на доступе	Скорость на магистральном участке
NGN	Мбит/с	Гбит/с
Сети связи с малыми задержками	Гбит/с	Тбит/с
Тактильный Интернет	Тбит/с	Пбит/с

# Архитектура Тактильного Интернета



# Приложения Тактильного Интернета

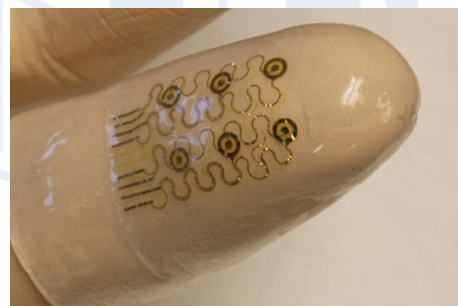
1. Дополненная реальность
2. Медицинские сети
3. Чрезвычайные ситуации



Перчатки, передающие ощущения



Тактильный матрас для младенцев



Электронная кожа

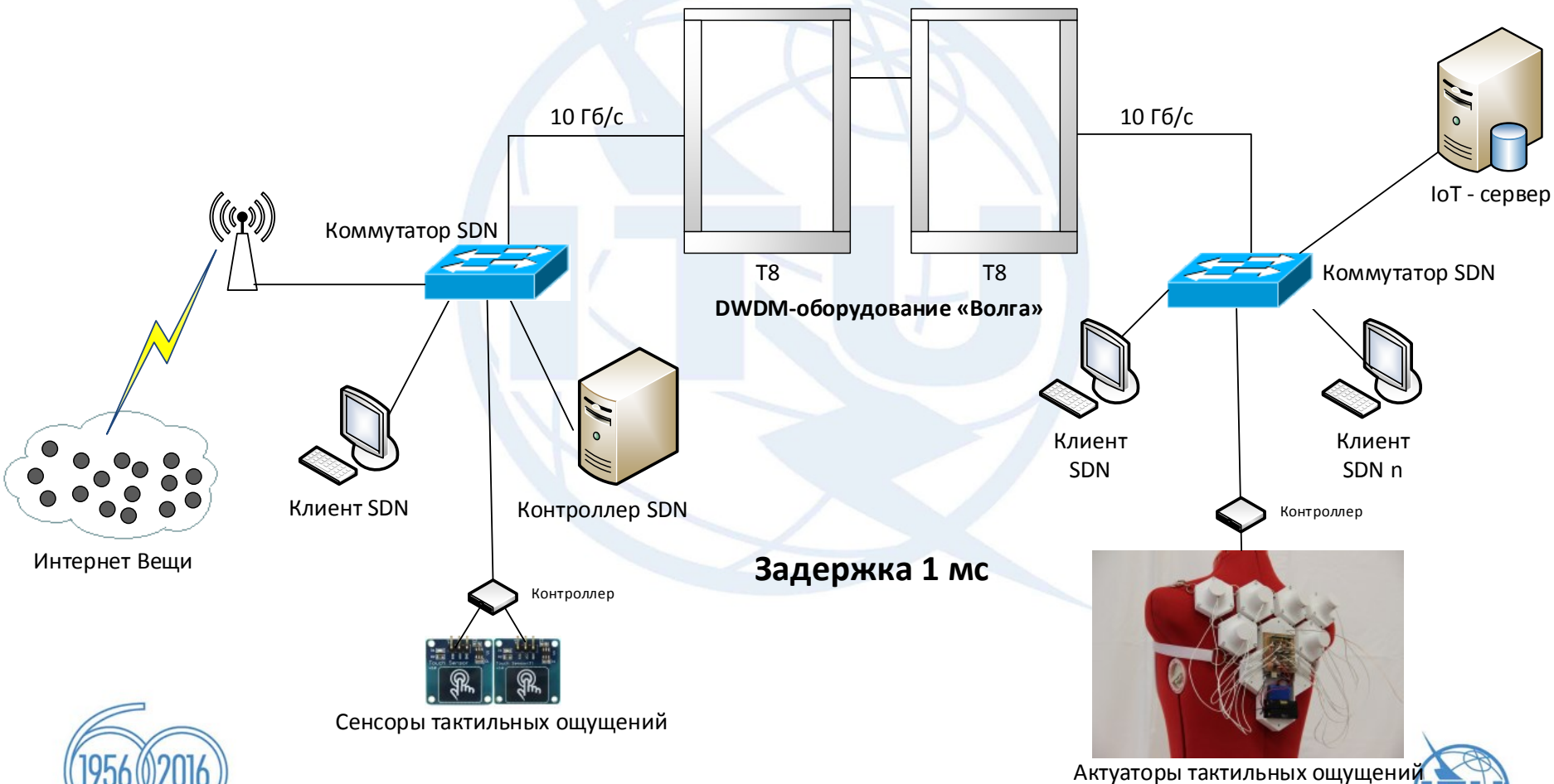
Виртуальная и дополненная реальность



# Технологии сотовой связи для Тактильного Интернета пока не готовы

Технология	Скорость передачи данных	Задержка
GPRS	114 kbps	~ 500 ms
EDGE	236.8 kbps	~ 250 ms
W-CDMA	384 kbps	~ 200 ms
HSPA	2 Mbps	~ 150 ms
HSPA	42 Mbps	~ 70 ms
LTE	300 Mbps	~ 30 ms
LTE-A	1 Gbps	~ 20 ms

# Модельные сети для тестирования приложений Тактильного Интернета



# Децентрализованные сети

- Компьютерные сети, основанные на равноправии участников
- В таких сетях отсутствуют выделенные серверы, а каждый узел (peer) является как клиентом, так и сервером
- В отличие от архитектуры клиент-сервера, такая организация позволяет сохранять работоспособность сети при любом количестве и любом сочетании доступных узлов

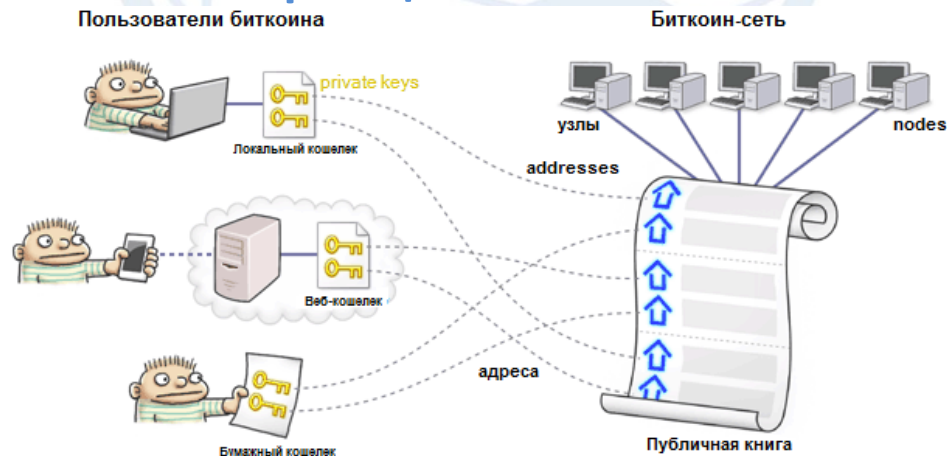


# Частично децентрализованные (гибридные) сети

- В таких сетях существуют сервера, используемые для координации работы, поиска или предоставления информации о существующих машинах сети и их статусе (on-line, off-line и т. д.).
- Гибридные сети сочетают скорость централизованных сетей и надёжность децентрализованных благодаря гибридным схемам с независимыми индексационными серверами, синхронизирующими информацию между собой
- При выходе из строя одного или нескольких серверов, сеть продолжает функционировать

# Услуги на базе децентрализованных сетей

- Хранение данных
- Обеспечение информационной безопасности
- Банковские операции



# Облака располагаются ближе к потребителю

Для снижения сетевых задержек облачные хранилища целесообразно размещать ближе к пользователю:

- Домашнее облако (для IoT-устройств умного дома)
- Облако для приложений дополненной реальности
- Облако для медицинских наносетей



# Выводы (1)

1. Сети пятого поколения позволят в полной мере использовать приложения Интернета Вещей. Основными потребителями трафика будут приборы, а не люди
2. Заложено фундамент по архитектуре сетей пятого поколения – необходима разработка стандартов и рекомендаций для повсеместного внедрения сетей пятого поколения
3. В связи с увеличением скорости передачи данных и снижением задержки появилось новое приложение Интернета Вещей – Тактильный Интернет

## Выводы (2)

4. Для проработки сценариев взаимодействия элементов сетевой инфраструктуры для предоставления услуг Тактильного Интернета необходимо создавать модельные сети и проводить тестирование приложений
5. Децентрализации сетей позволит предоставить новые услуги и сервисы, такие как: распределенное хранение данных, обеспечение информационной безопасности, банковские операции и др

Руслан Киричек

Руководитель лаборатории  
Интернета Вещей СПбГУТ

Тел: +7 812 3051265

Моб.: +7 921 9700160

E-mail: [kirichek@sut.ru](mailto:kirichek@sut.ru)

Web: [www.iotlab.ru](http://www.iotlab.ru)





**CCITT / ITU-T**