

5G и основные приложения

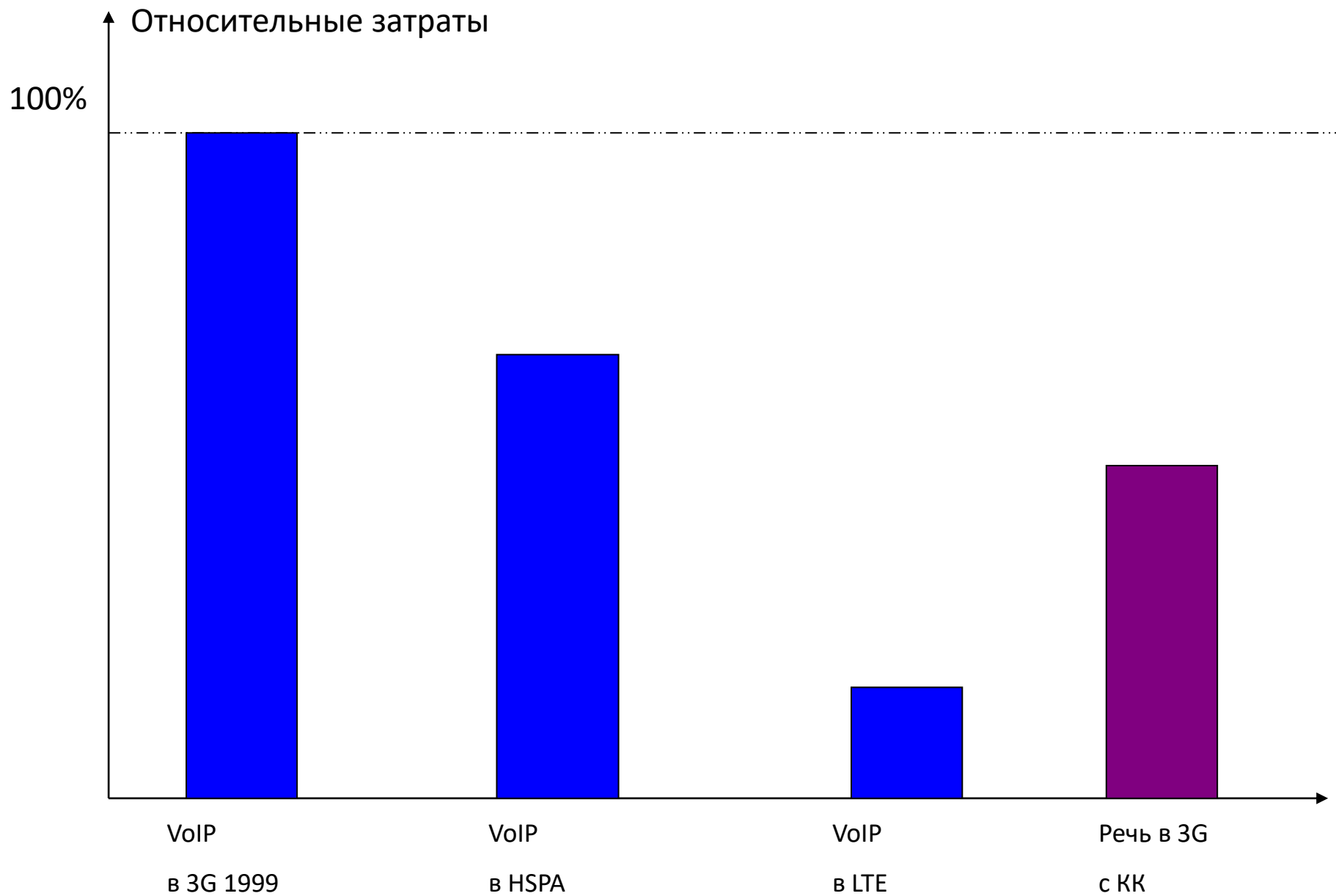
А.Е.Кучерявый, заведующий
кафедрой сетей связи и передачи
данных

Сети пятого поколения

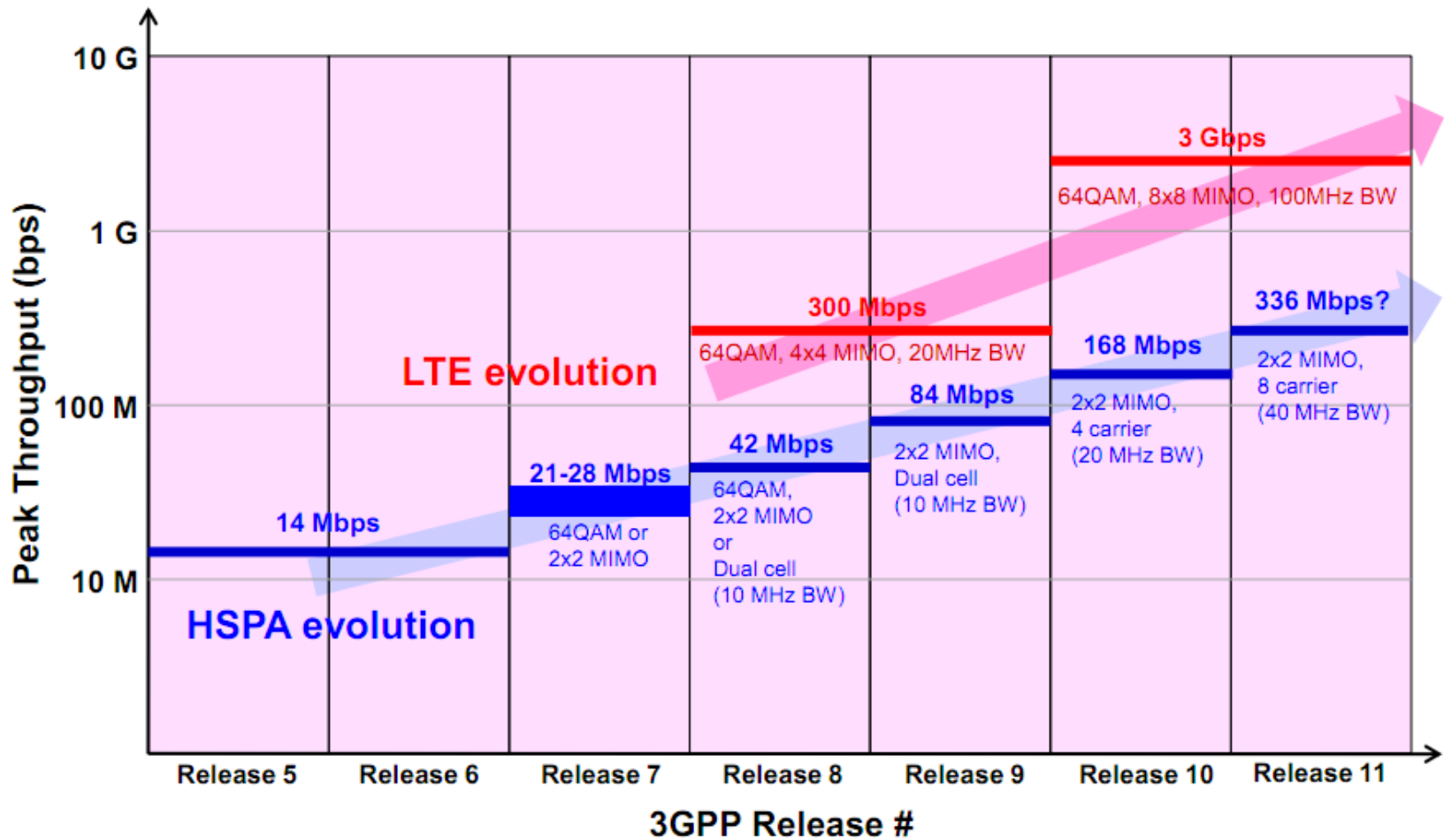
- Интеграция возможностей на сетях доступа
- Сверхплотные сети
- Сети с ультрамалыми задержками
- Многоуровневая облачная архитектура

Зачем LTE ?

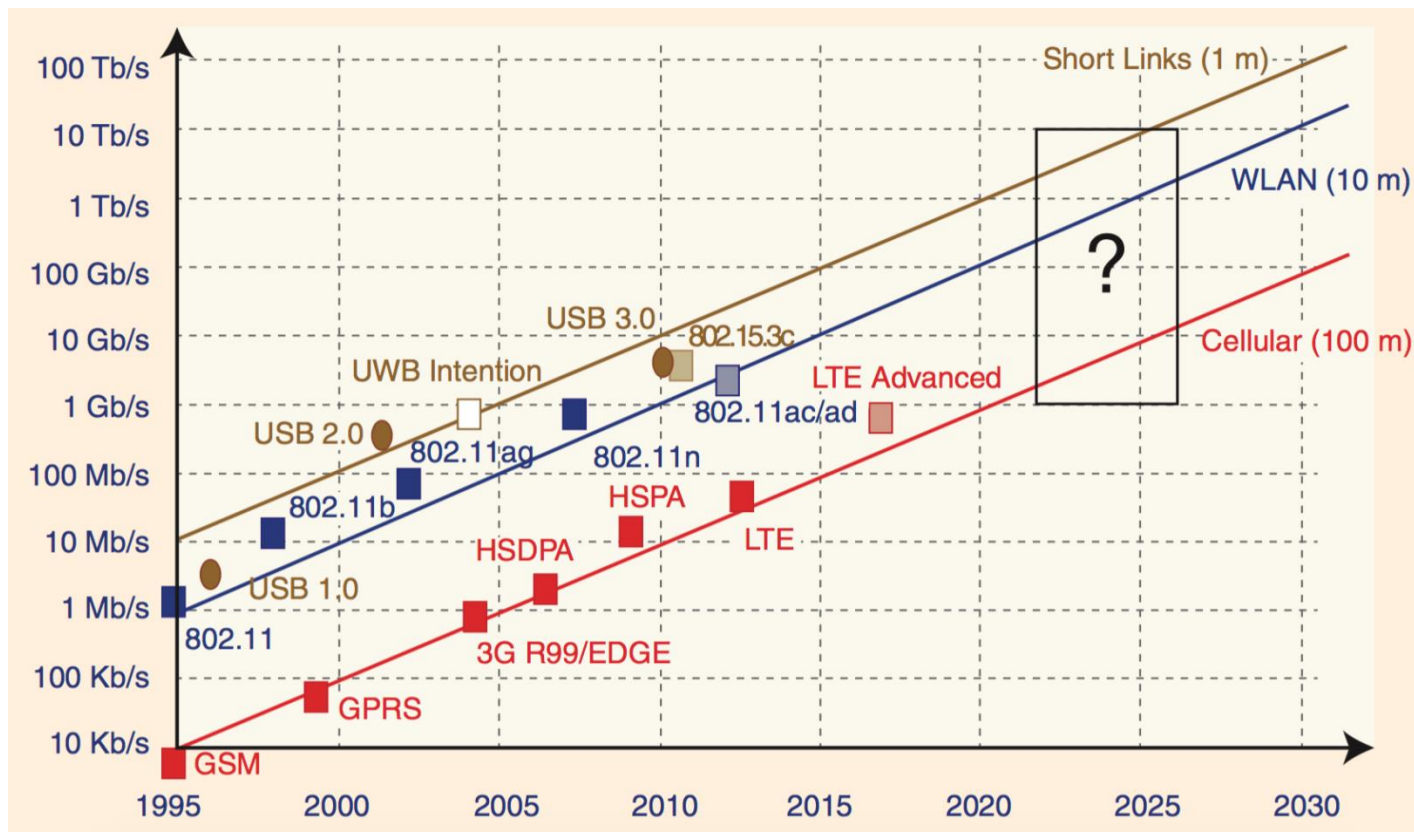
- Существенно дешевле передача речи поверх IP (система с пакетной коммутацией, 3G – коммутация каналов для речи)
- Скорости: 100 Мб/с и выше



Скорости в LTE



Эволюция скоростей

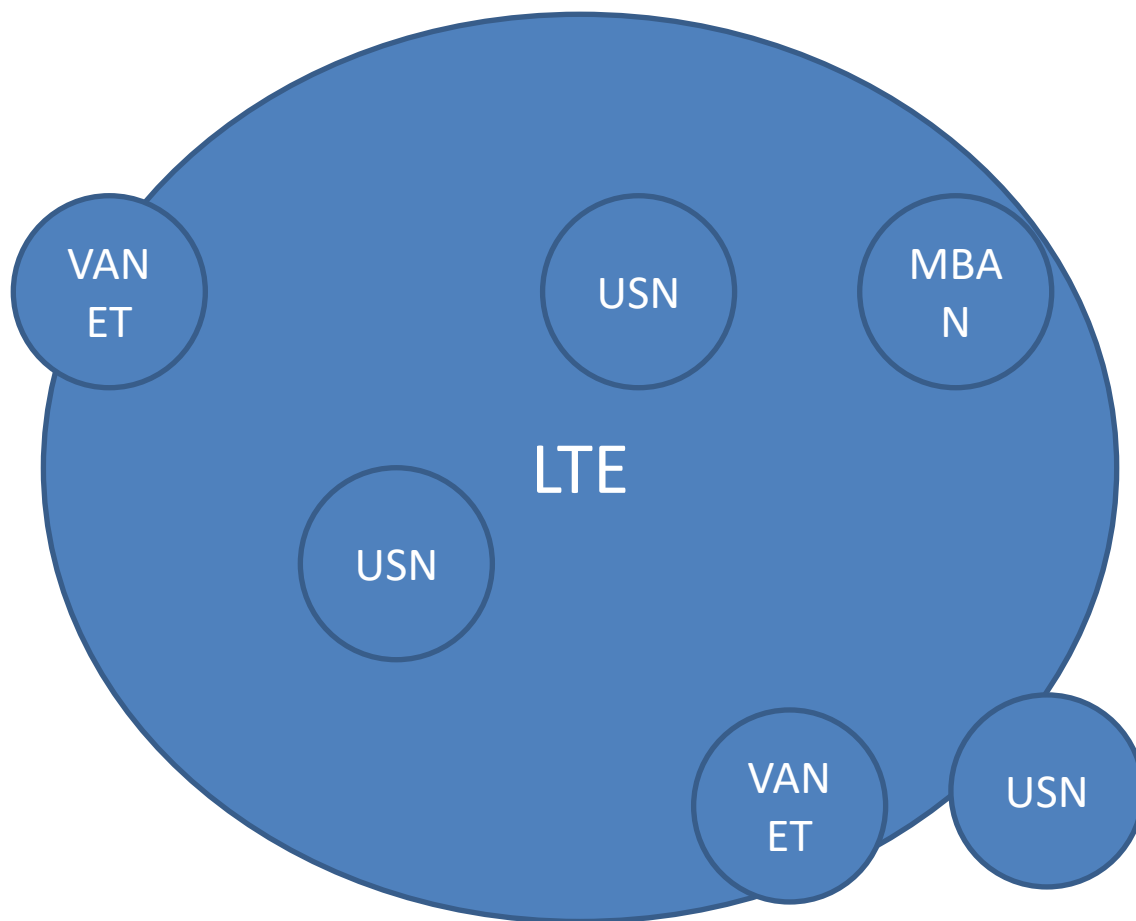


5G

Сети сверхвысокой плотности

Предшественники – кооперативные сети в рамках 4G

Гетерогенная зона LTE



Кооперативные сети (1)

Установка дополнительных ретрансляторов, так называемых узлов коммутации Relay Node (RN) в зоне действия базовой станции, в том числе на подвижных объектах (например, городском транспорте).

Кооперативные сети (2)

Использование в качестве шлюзов сенсорной сети технических средств, обладающих возможностью обеспечения кооперативной передачи (шлюзы сенсорной сети размещаются, как правило, в местах с наличием гарантированного электроснабжения).

Кооперативные сети (3)

Использование терминалов, находящихся более близко к базовой станции для обеспечения кооперативной передачи (например, терминалов из группы общих интересов или корпоративных).

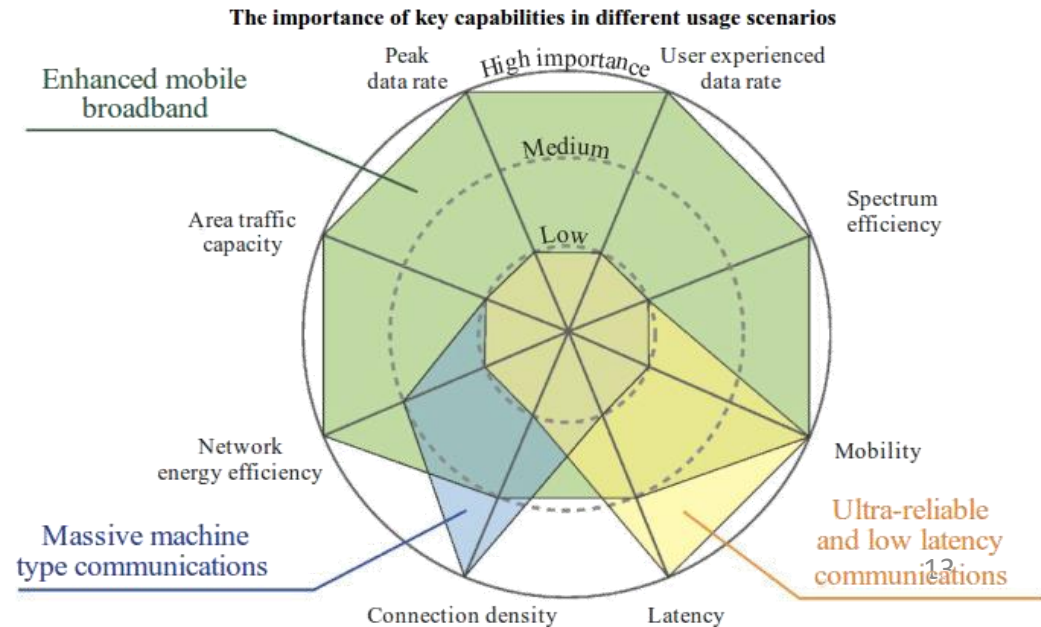
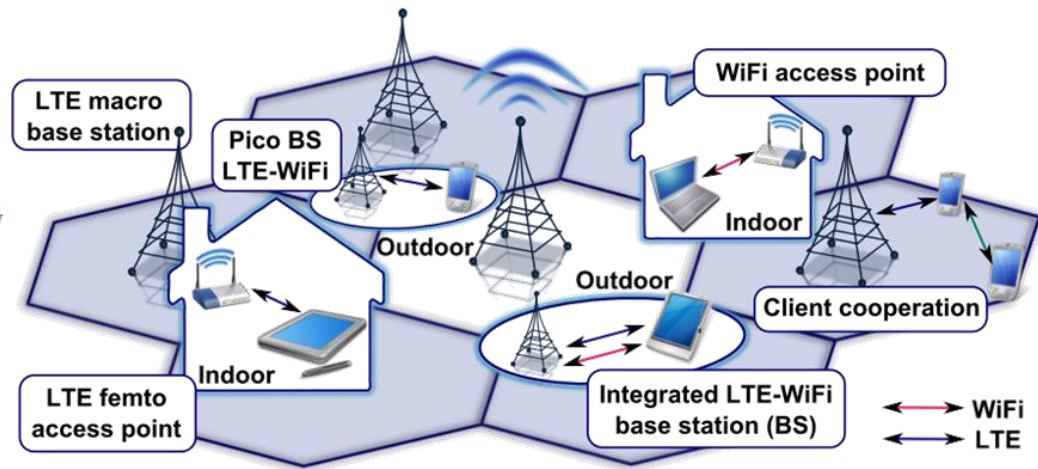
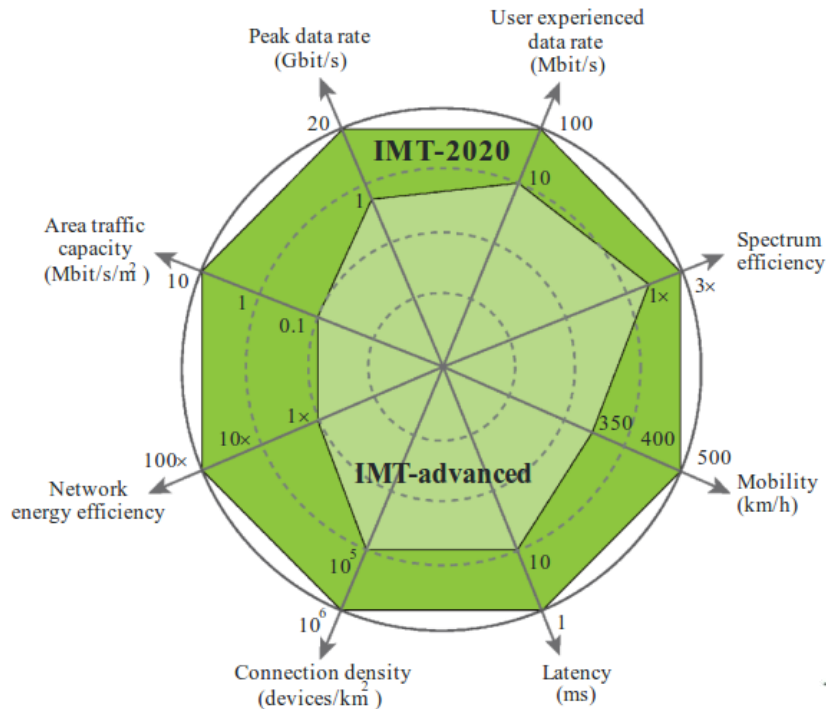
Облачные ретрансляторы

Два возможных пути передачи информации:

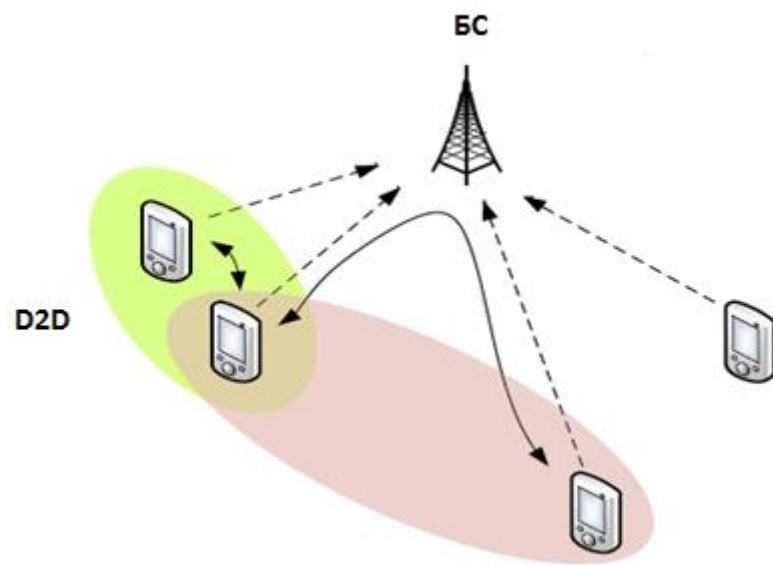
- Непосредственный (прямой),
- С использованием ретранслятора.

Облако ретрансляторов, группа ретрансляторов

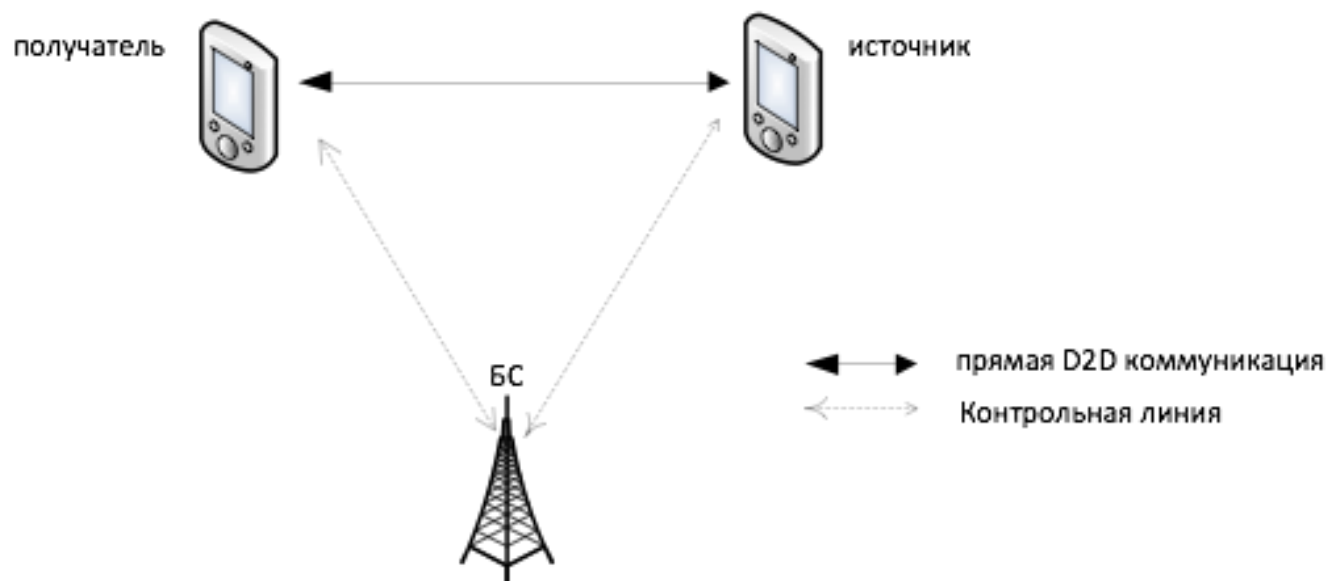
Стандартизация 5G/IMT-2020



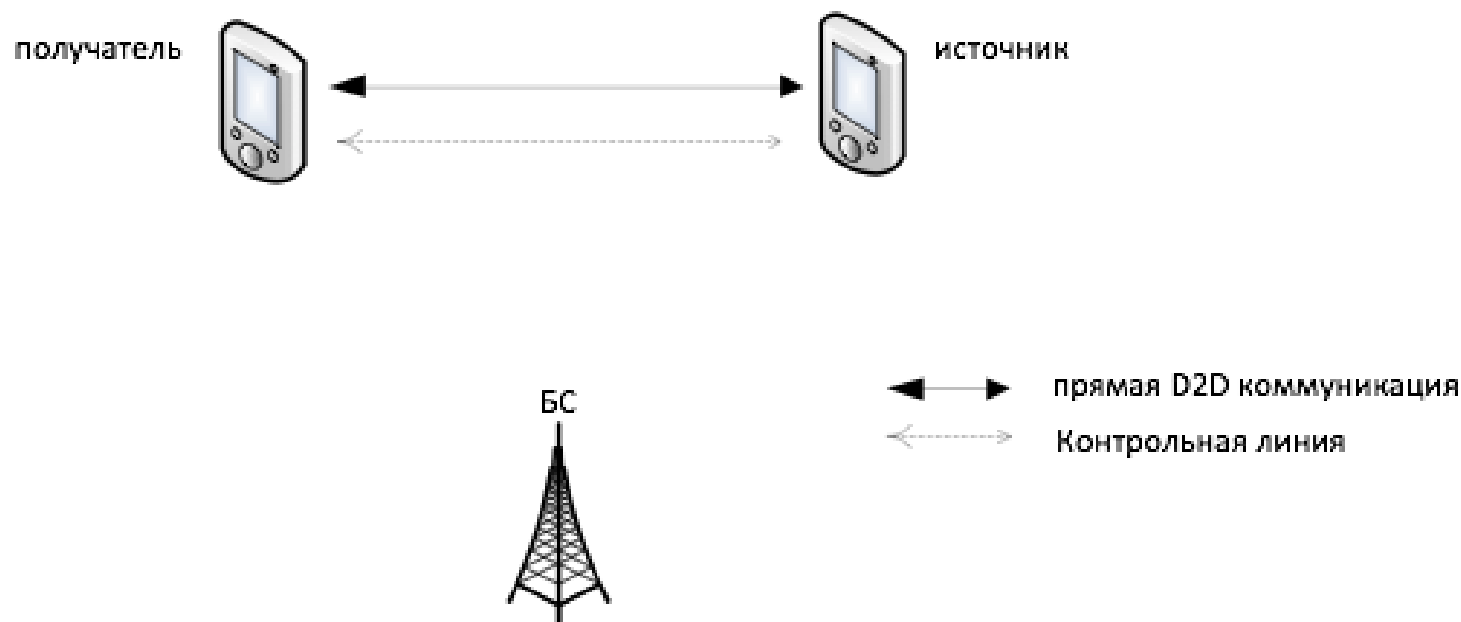
D2D- коммуникации



Прямая D2D-коммуникация



Прямая D2D-коммуникация по типу DC-DC

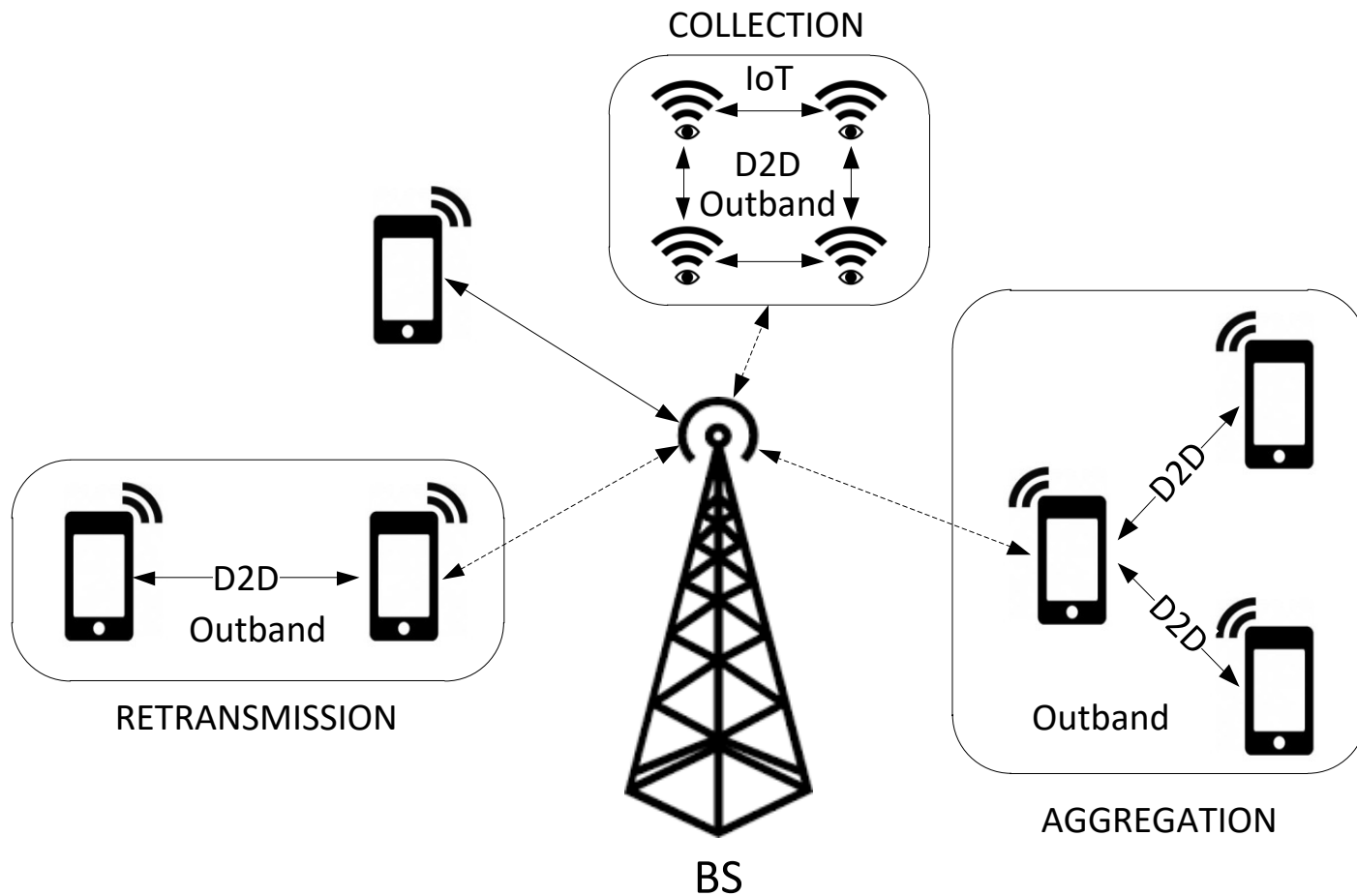


Сетевые особенности D2D

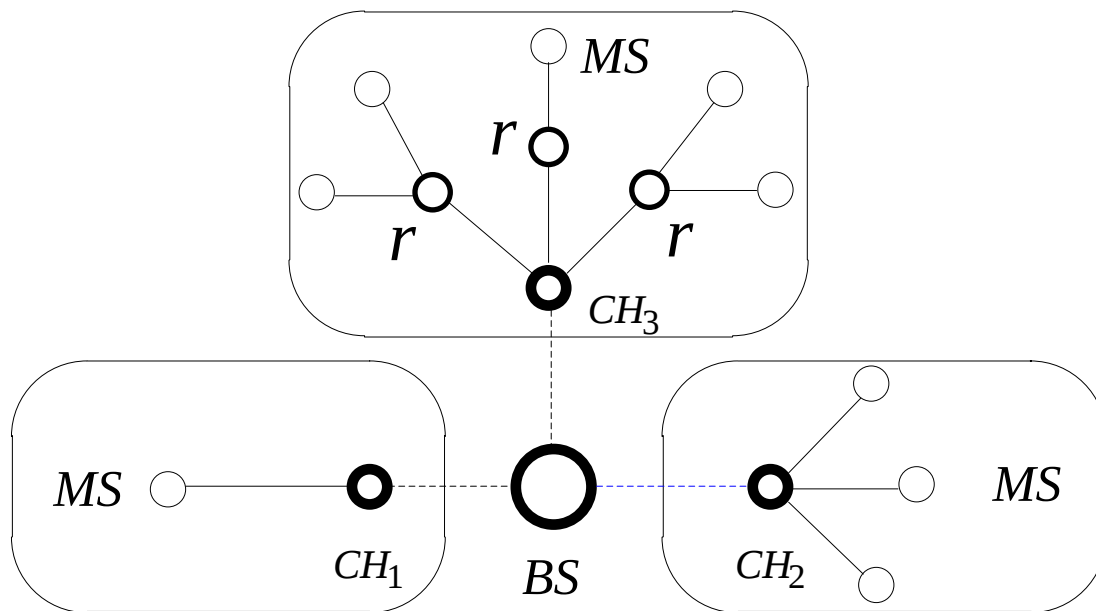
Внутриполосное взаимодействие D2D
(сотовые сети)

Внеполосное взаимодействие (сети WLAN,
например, IEEE 802.11d).

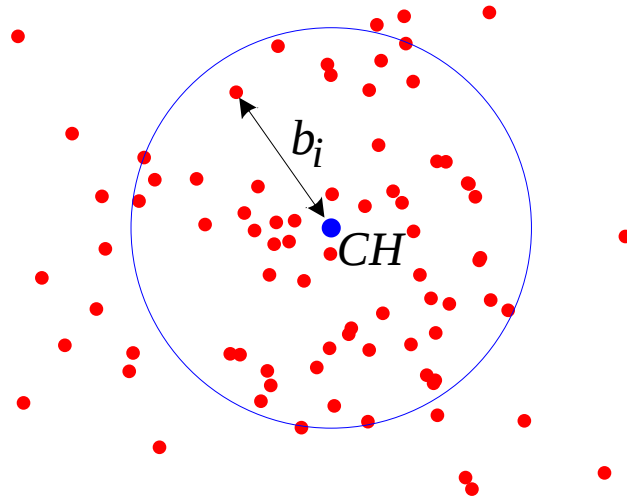
Внеполосная кластеризация



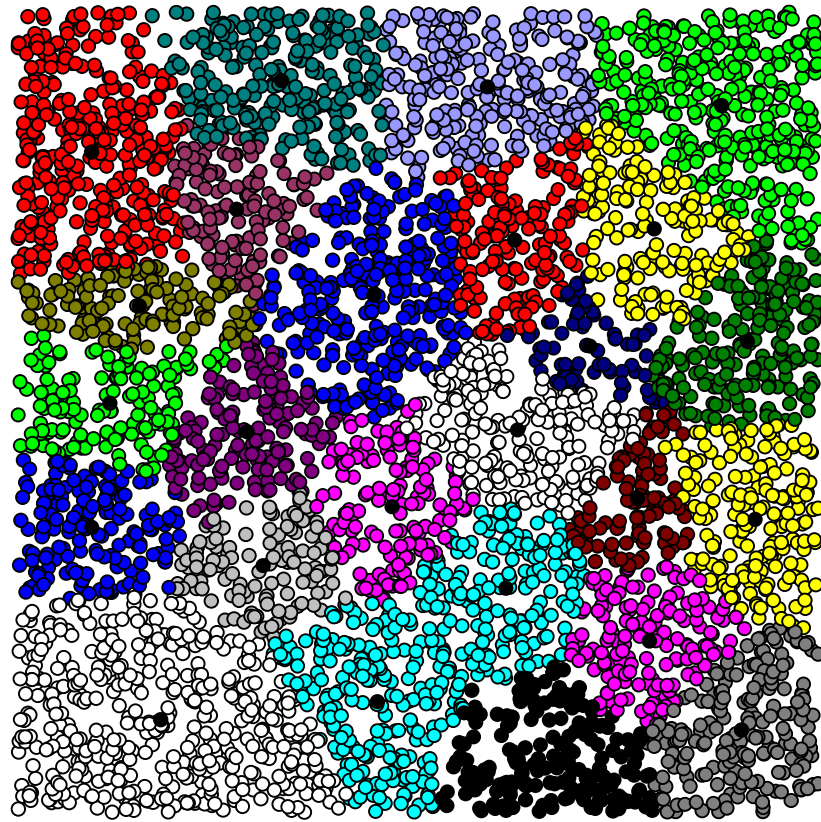
Варианты организации кластеров



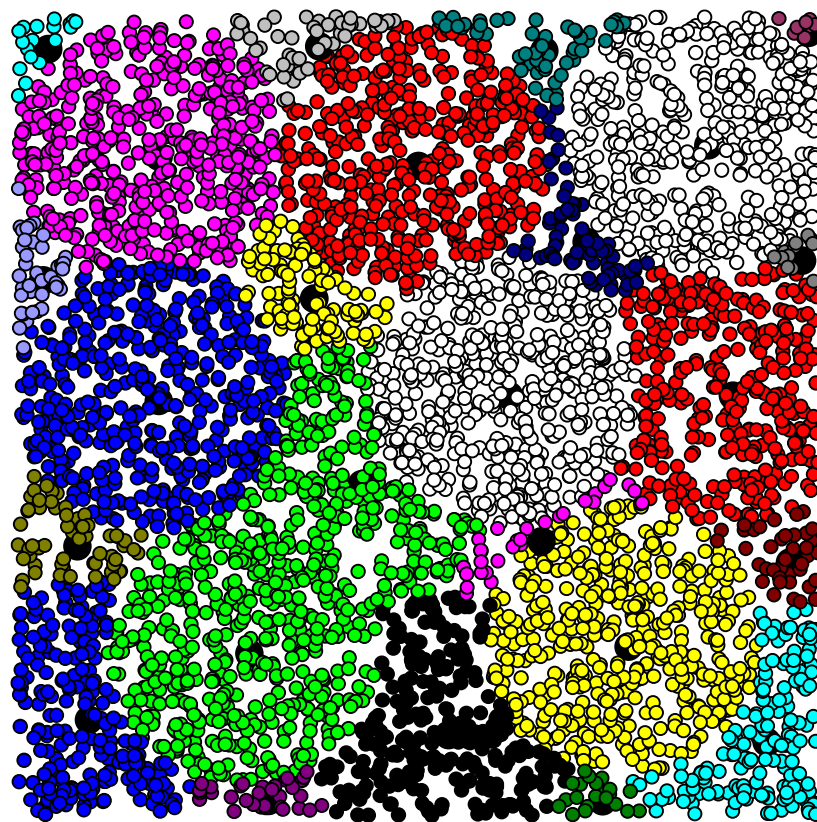
Модель кластера



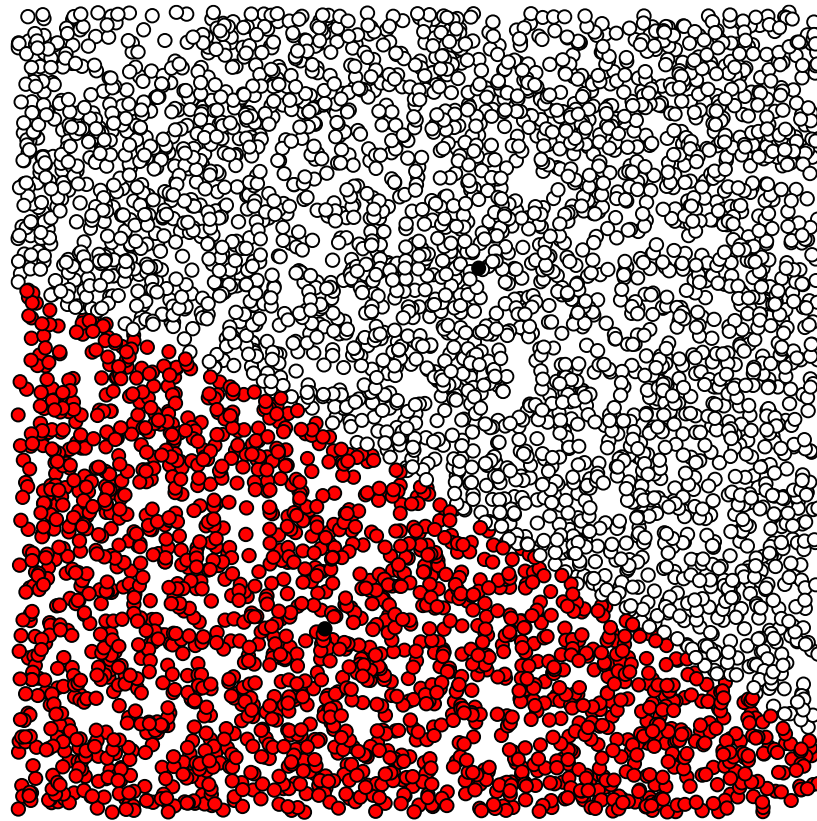
Метод к-средних



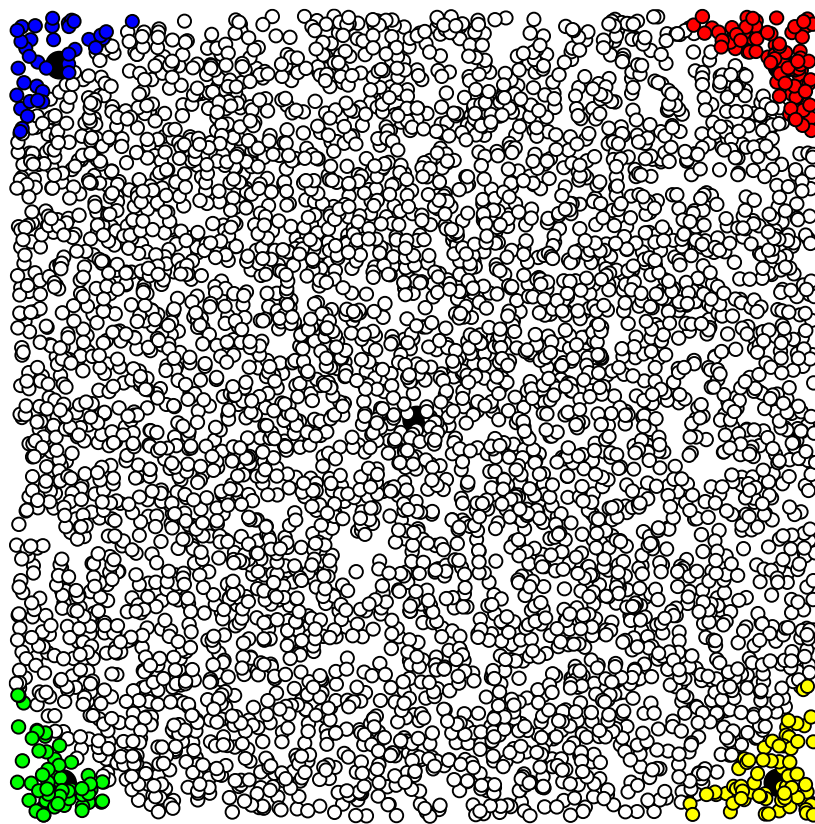
Метод Forel



К –средних (малое число кластеров)

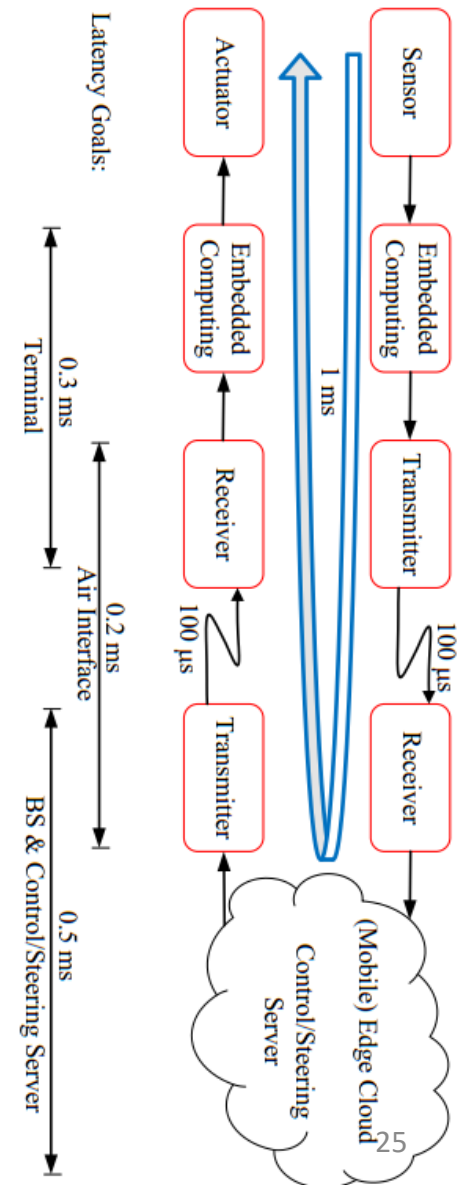


Forel (малое число кластеров)



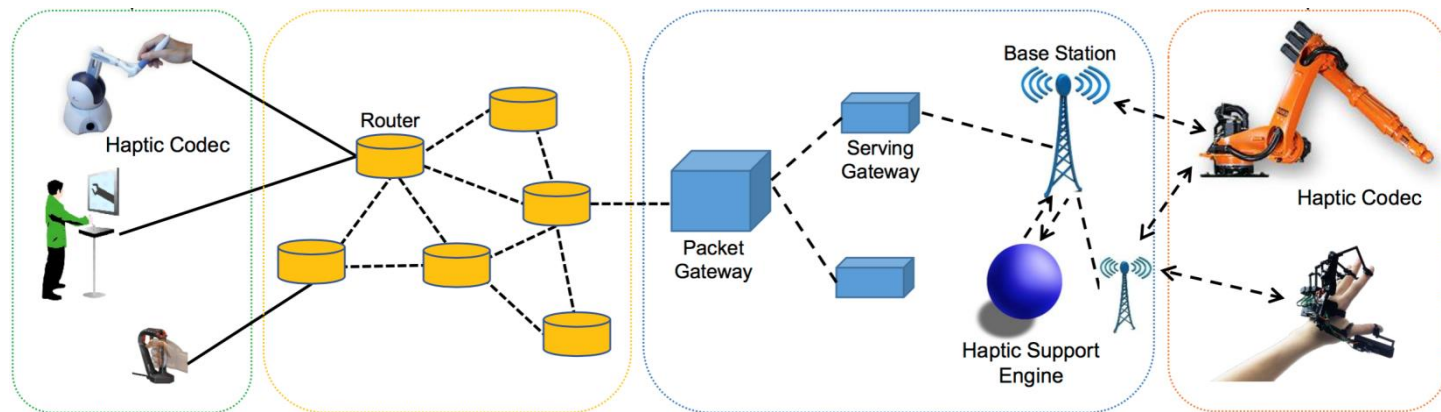
Communication requirements

- Latency and Reliability
 - Roundtrip of 1ms
- Security
 - No time for conventional encryption
- Topology & Architecture
 - Move the “cloud” closer to end devices
- Access networks shall be
 - 200 μ s one way: current LTE/10
- Mobile Edge-Cloud
 - We still have the speed of light there

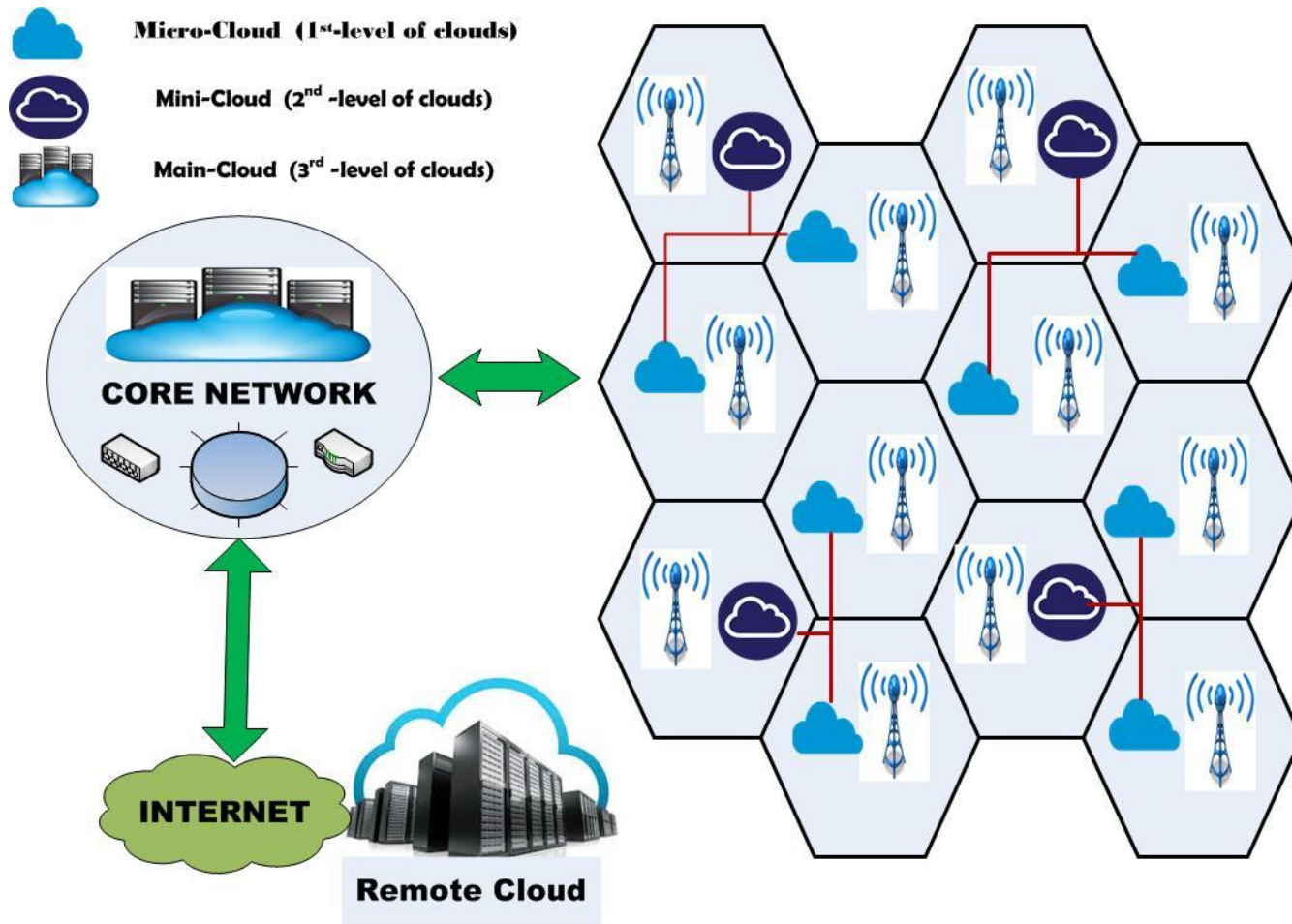


Main 5G enablers

- **Ultra-Fast Networks**
 - That's what tactile paradigm stands for
- **Haptic Encoders**
 - both kinestaethic & tactile
- **Edge Artificial Intelligence**
 - Overcoming the light!



Многоуровневая система облаков для Тактильного Интернета



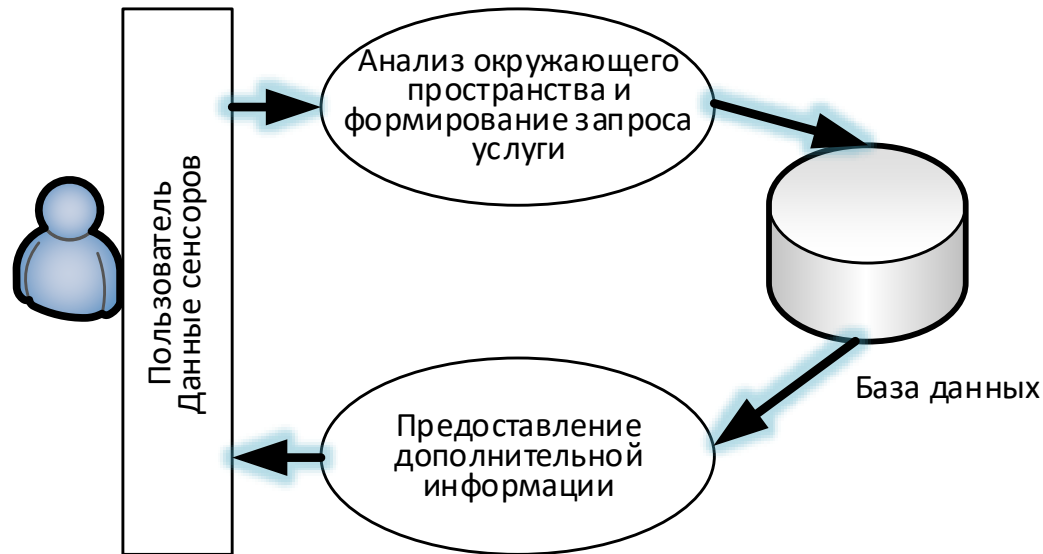
Дополненная реальность

Дополненная и виртуальная реальности принципиально разные понятия, которые тем не менее часто путают. Виртуальная реальность заменяет реальный мир синтетической, искусственно созданной средой, находясь внутри которой, человек не видит, что происходит вокруг. В то время как ДР дополняет действительность, а не заменяет ее. Она позволяет пользователю видеть реальный мир с виртуальными объектами, скомбинированными или наложенными поверх реального мира

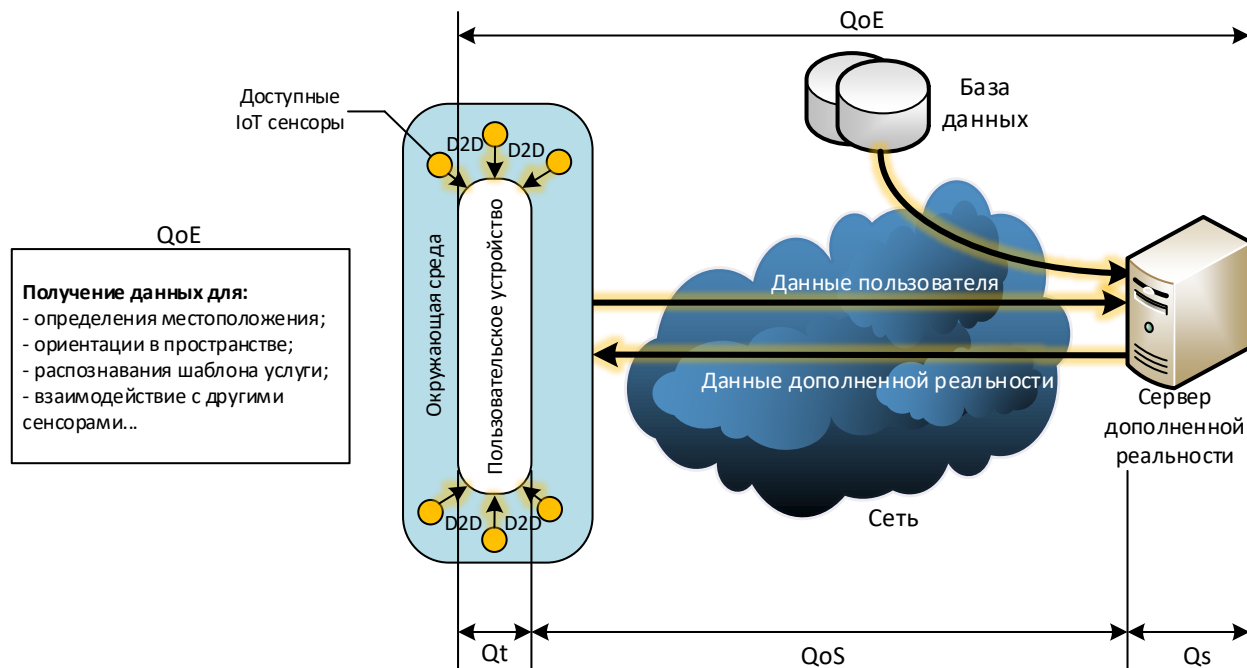
Олимпийские игры 2018



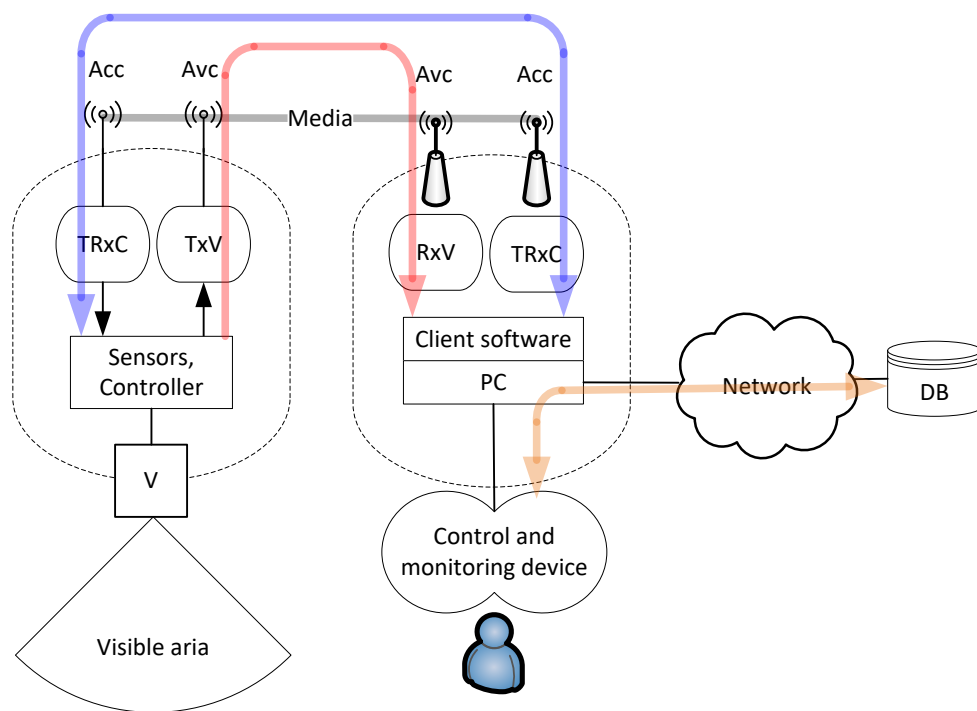
Взаимодействие пользователя с прикладными функциями



Взаимодействие основных элементов при предоставлении услуги ДР



Модель трафика (1)



Модель трафика (2)

- Для описания производимого услугой трафика необходимо связать объем передаваемых пользователем и пользователю данных при изменениях его окружения.
- -модель пространства услуги;
- -модель окружения пользователя;
- -модель поведения.

Модель пространства услуги

- Под пространством услуги будем понимать информационную модель физического трехмерного пространства, в котором может находиться пользователь услуги. Информационная модель включает в себя описание некоторых объектов, находящихся в этом пространстве $X = \{\bar{x}_1, \bar{x}_2 \dots, \bar{x}_n\}$, где n общее число объектов.

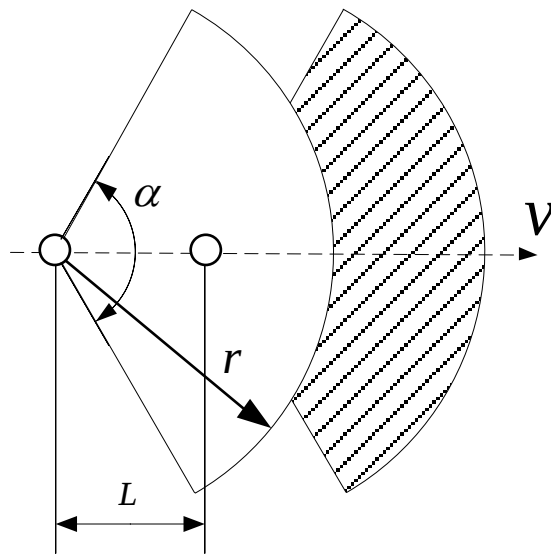
Модель окружения пользователя

- Модель окружения пользователя является подпространством пространства услуги, т.е. частью пространства ограниченной возможностями восприятия (моделью этих возможностей). Окружение, как правило, привязано к положению пользователя в пространстве услуги и включает в себя множество объектов $X^{(U)} = \{\bar{x}_1^{(U)}, \bar{x}_2^{(U)}, \dots, \bar{x}_k^{(U)}\}$ где k число объектов, находящихся в область восприятия пользователя.

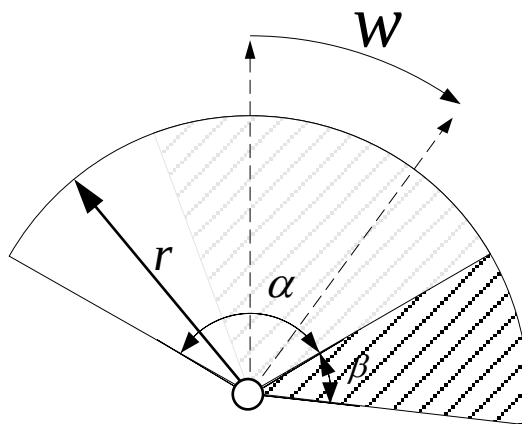
Модель поведения

- Модель поведения описывает изменения положения пользователя и его окружения в пространстве услуги. Изменения в окружении пользователя могут произойти как вследствие перемещений пользователя, так и перемещений объектов в пространстве услуги. Изменение, вызванное появлением в окружении пользователя нового объекта $\bar{x}_i$, приводит к запросу данных об этом объекте.

Изменение окружения при поступательном движении



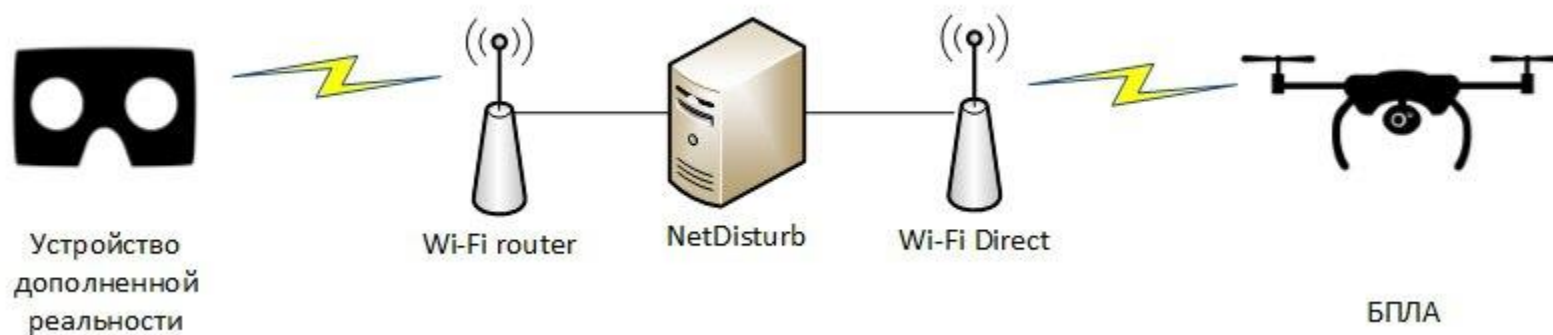
Изменение окружения при повороте



Модель сети для взаимодействия устройства ДР и БПЛА



Структура экспериментального стенда



Задержки

Задержки	Субъективная оценка	Значение параметра Хёрста
Без задержки	5	0,61
10-30 мс	4	0,60
50-150 мс	3	0,59
150-250 мс	2	0,56

Пропускная способность

Пропускная способность	Субъективная оценка	Значение параметра Хёрста
неограничена	5	0,61
До 1700 кбит/с	5	0,61
До 1500 кбит/с	3	0,56
До 1000 кбит/с	2	0,55
До 500 кбит/с	1	0,49