

Новые технологии LPWAN как основа узкополосного Интернета умных устойчивых городов

ЗАВ.КАФ.ПИВТ СПБГУТ, Д.Т.Н., ДОЦЕНТ
КИРИЧЁК РУСЛАН ВАЛЕНТИНОВИЧ

Ключевые индикаторы Умных устойчивых городов (1)

54 основных показателя + 37 дополнительных показателей

Экономика

- Инфраструктура ИКТ
- **Водоснабжение и санитария**
- Дренаж
- Электроснабжение
- Транспорт
- Государственный сектор
- Инновации
- Занятость
- Отходы
- Здания
- Градостроительство

Окружающая среда

- Качество воздуха
- **Водоснабжение и санитария**
- Отходы
- Качество окружающей среды
- Общественные пространства и природа
- Энергетика

Общество и культура

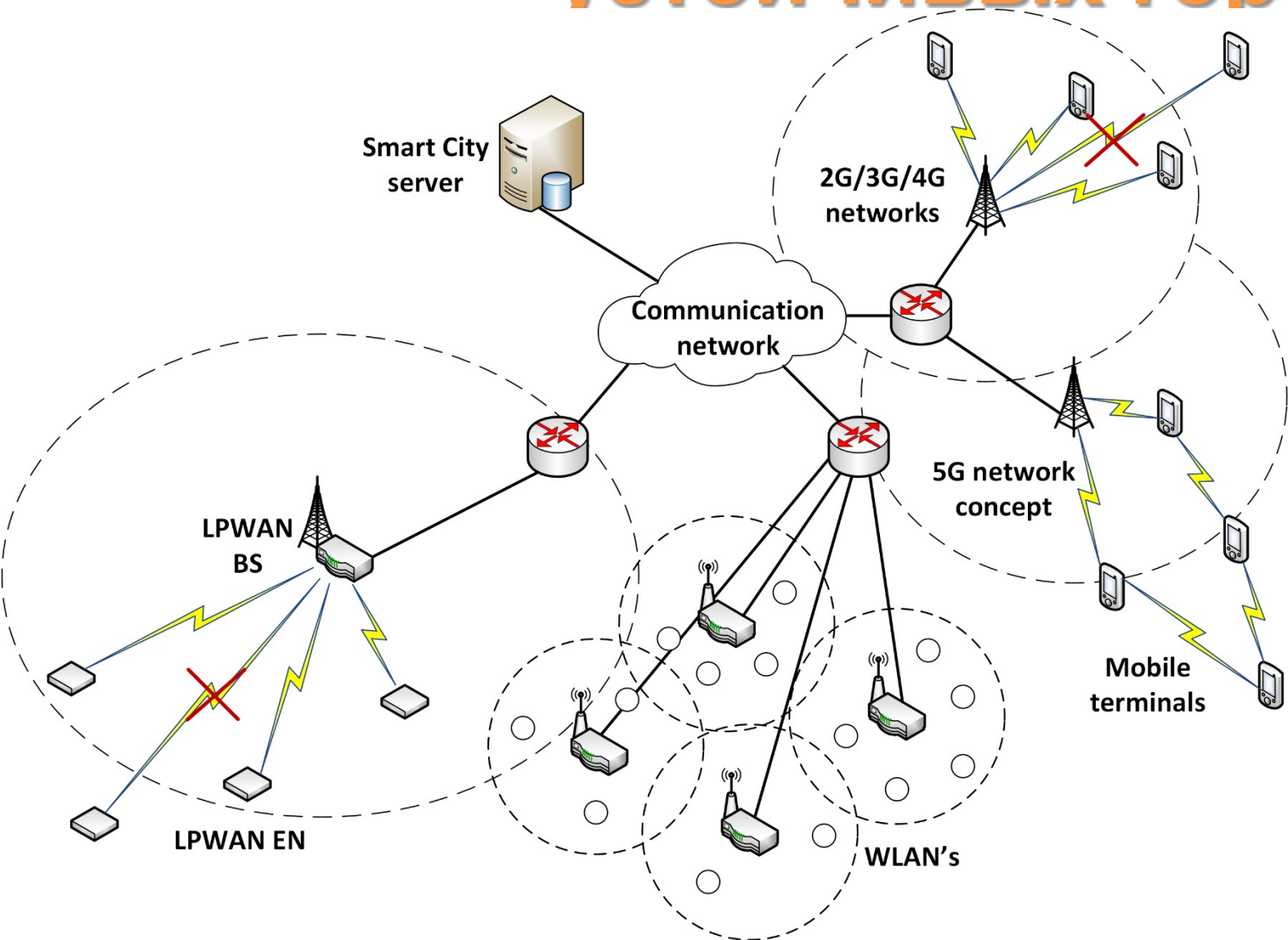
- Образование
- Здравоохранение
- Культура
- Жилищные условия
- Социальная интеграция
- Безопасность
- Продовольственная безопасность

Ключевые индикаторы Умных устойчивых городов (2)

- «Умные» счетчики воды,
- Мониторинг ИКТ в области водоснабжения
- Мониторинг ИКТ в области дренажных систем/ систем ливневой канализации
- «Умные» электросчетчики
- Мониторинг ИКТ в области электроснабжения.



Беспроводные сети в Умных УСТОЙЧИВЫХ ГОРОДАХ



BS – базовая станция,
EN – оконечные узлы,
WLAN – wireless local area
network,
LPWAN – low-power wide-
area network.

LPWAN сети имеют
большие расстояния
передачи данных, но они
ограничены своей
топологией («звезда»)

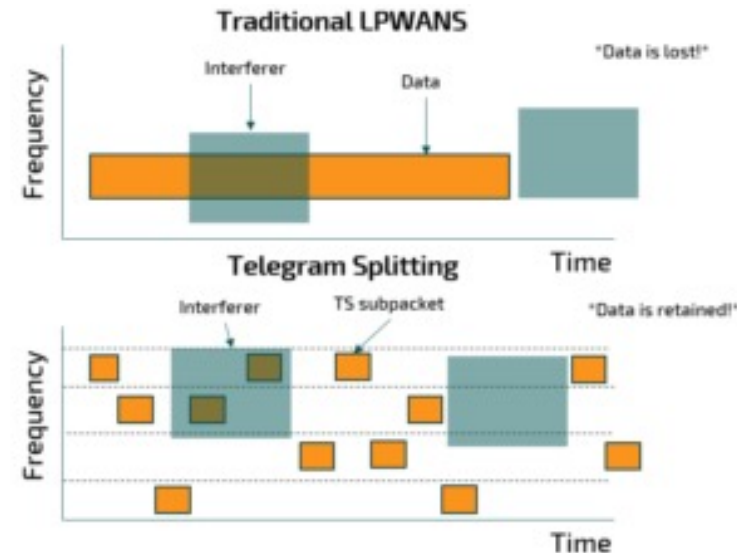
Стандартизованные технологии LPWAN в России

- LoRaWAN Ru
- NB-Fi
- OpenUNB

- NB-IoT

Распространенные технологии LPWAN в мире

- SigFox
- Weightless P
- Telensa
- NB-IoT
- MIOTY (ETSI TS 103 357)



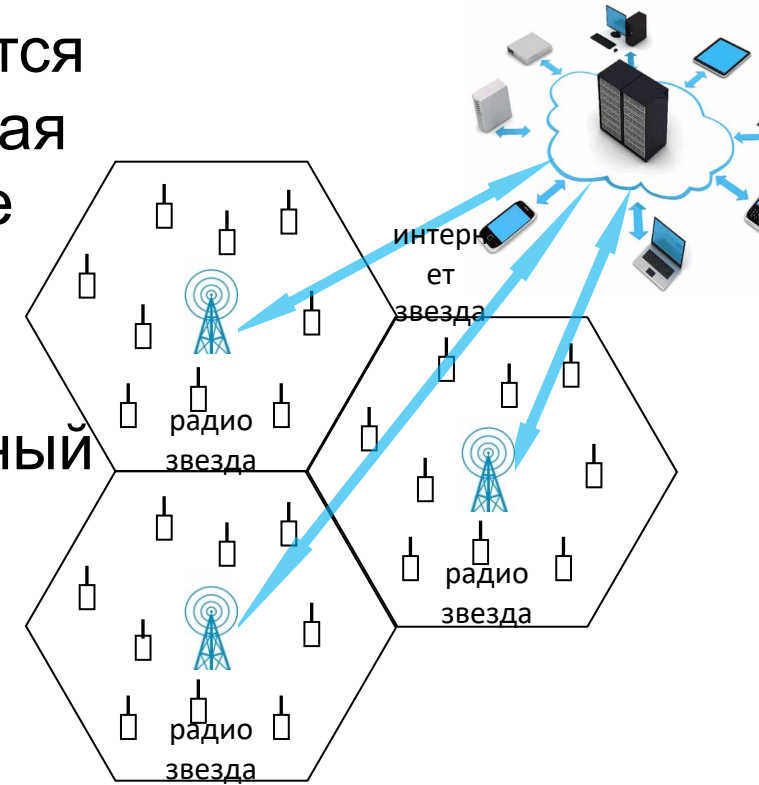
Регулирование LPWAN

- Идентификация DOA
(архитектура цифровых объектов)
- Маршрутизация
(топология «звезда»,
топология «mesh»)
- Шифрование («Кузнечик»,
«Магма», «Crisp»)

	
МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	
ПРИКАЗ	
<u>29.03.2019</u>	№ <u>13</u>
Москва	
Об утверждении Концепции построения и развития узкополосных беспроводных сетей связи «Интернета вещей» на территории Российской Федерации	
	
МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	
ПРИКАЗ	
№	
Москва	
Об утверждении требований к идентификаторам для физических и виртуальных вещей в узкополосных беспроводных сетях связи «Интернета вещей»	

SNBWAN – синхронная узкополосная LPWAN сеть

- SNBWAN – синхронная узкополосная LPWAN сеть для Интернета вещей, использующая сетевую синхронизацию.
- Множество терминалов (конечных точек) синхронизируются по частоте и времени перед своими передачами, принимая синхропакеты, передаваемый базовой станцией в начале её регулярных передач с периодом 2 с.
- Для передачи запланированных сообщений синхронизированные терминалы получают безконфликтный доступ к приёмнику базовой станции в заранее распределённых плотно упакованных частотных и временных интервалах, чем достигается значительное увеличение пропускной способности базовой станции и эффективности использования частотно-временного ресурса.

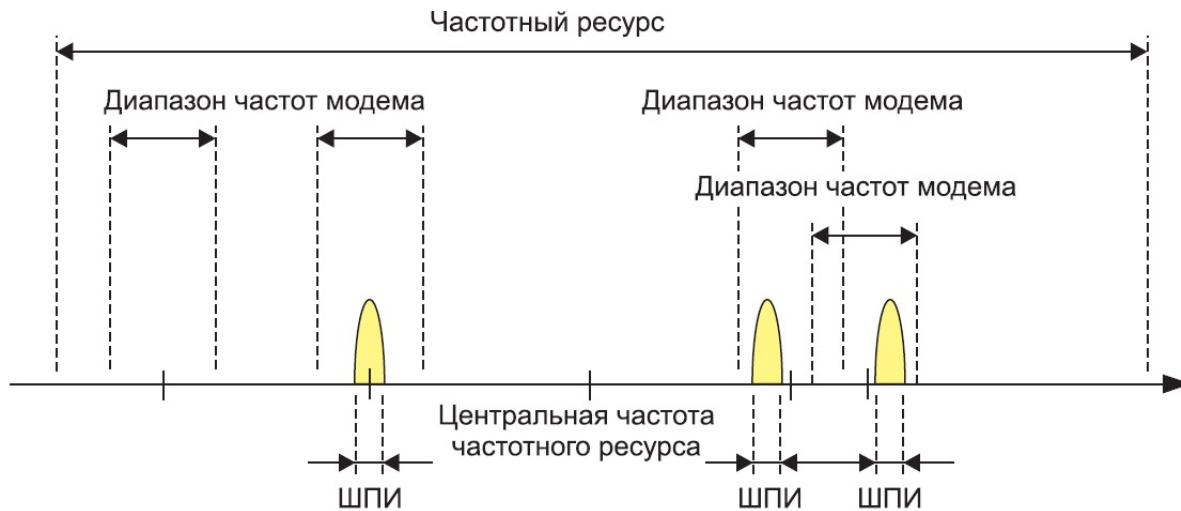


Сравнение узкополосных технологий LPWAN

UNB – Sigfox, XNB, NB-Fi

Узкополосные несинхронные сети

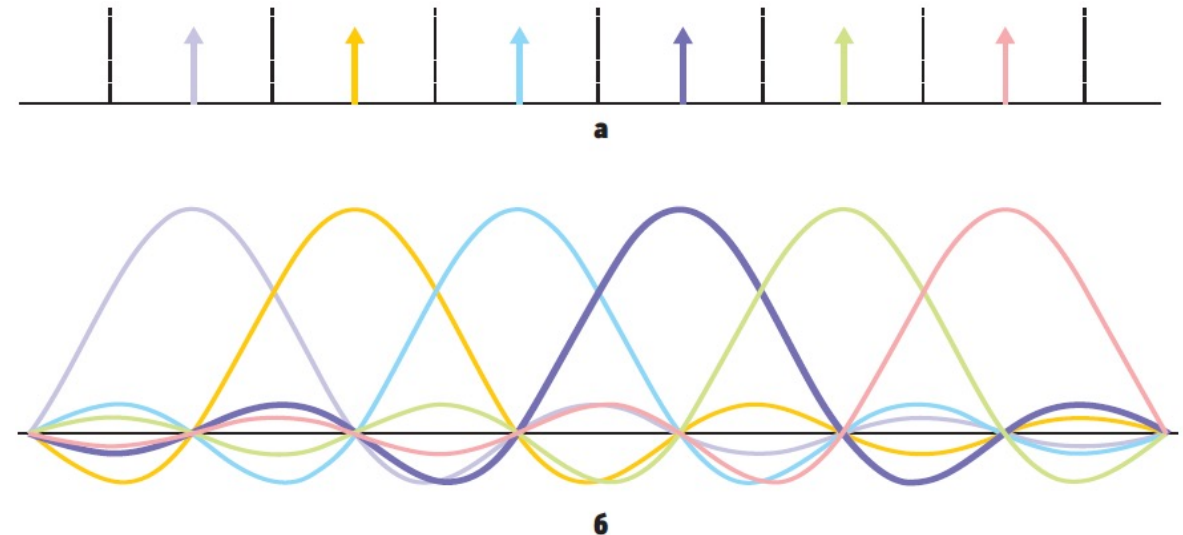
Случайный доступ к частотному и временному ресурсу – «чистая» ALOHA - пропускная способность для всех сообщений одинакова и условно = 1



SNBWAN

Узкополосная синхронная сеть

Детерминированный доступ к частотному и временному ресурсу - пропускная способность = 66
Для спорадических сообщений случайный доступ - слотовая ALOHA - пропускная способность = 4



Характеристики SNBWAN (1)

- ❖ В SNBWAN терминалы передают с эквивалентной изотропной мощностью (ЭИМ) 25 мВт, а базовые станции на каждом ППРЧ канале – с ЭИМ 100 мВт что допустимо при 10-процентном ограничении рабочего цикла на каждой прыжковой частоте (при ППРЧ это выполняется автоматически).
- ❖ Базовая станция ведёт передачу на 6-10 ППРЧ каналах. Четыре канала используются для передачи подтверждений, остальные - для передачи команд актуаторам, - для передачи служебных данных, - для дистанционного обновления прошивок.
- ❖ Скорость передачи данных в каналах восходящей и нисходящей радиолиний одинаковая, поэтому и дальность действия одинаковая, и при минимальной скорости передачи в городских условиях составляет в среднем 10 км.
- ❖ Обе радиолинии используют общую полосу частот шириной 125 кГц. Для построения одной сети со сплошным покрытием потребуется две таких полосы частот. В полосе частот 868,7-869,2 МГц можно разместить две сети SNBWAN, работающих на одной территории без взаимных помех.

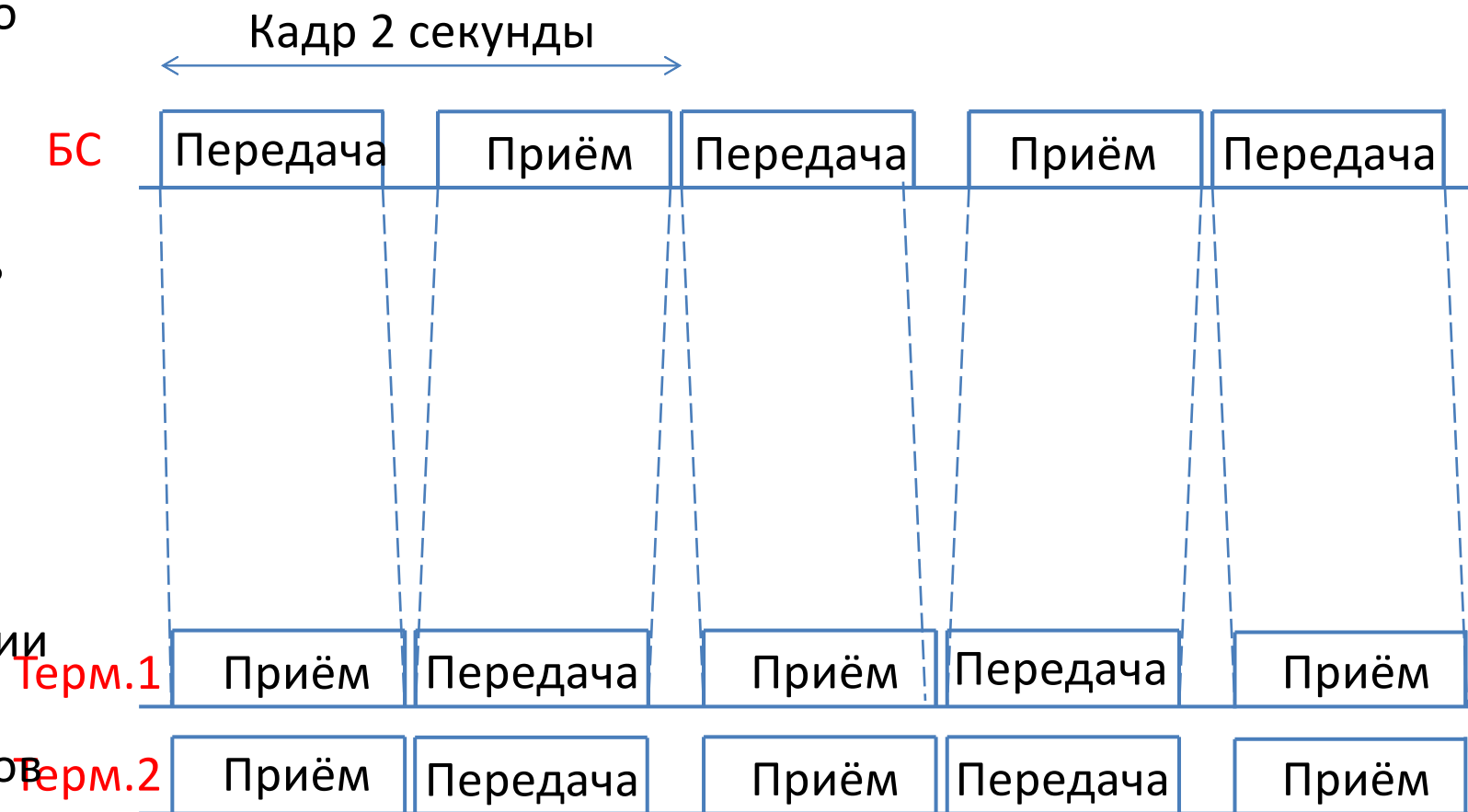
f0 200 мс	Посимвольная ППРЧ
Синхропакет	Данные, 11 байт

Структура пакета физического уровня нисходящей линии

Характеристики SNBWAN (2)

- ❖ В SNBWAN используется дуплекс с временным разделением. Базовые станции и терминалы передают по очереди в одной полосе частот.
- ❖ Терминалы с регулярными передачами «просыпаются» по внутренним часам, чтобы принять блок синхронизации перед собственной передачей.
- ❖ После передачи все терминалы принимают сообщение подтверждения приёма данных.
- ❖ При отрицательном подтверждении терминалы передают пакет повторно в одном из ППРЧ каналов случайного доступа с резервированием на одну передачу.

Временные диаграммы работы SNBWAN сети



256 терминалов передают одновременно в одной полосе частот шириной 125 кГц на разных ППРЧ каналах без взаимных помех

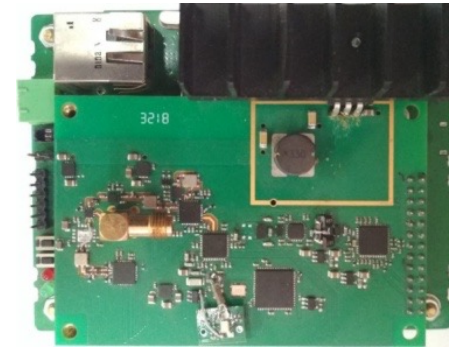
Характеристики SNBWAN (3)

- ❖ SNBWAN является технологией для сетей Интернета вещей операторского класса, поскольку обладает самой высокой пропускной способностью среди известных LPWAN сетей.
- ❖ Однажды установленное сетевое оборудование SNBWAN будет эксплуатироваться много дольше оборудования других сетей без перегрузки при подключении новых абонентов.
- ❖ Наземная сотовая ячейка SNBWAN обеспечивает наибольшую площадь покрытия.
- ❖ SNBWAN – технология для спутникового Интернета вещей, ввиду необходимости высокой пропускной способности для большой зоны покрытия спутниковой базовой станции (радиус зоны 1700 км).
- ❖ Сеть SNBWAN допускает как стационарное, так и мобильное размещение терминалов. Для поддержания связи при самом большом ускорении движения автомобиля необходим приём всех блоков синхронизации, передаваемых базовой станцией с периодом 2 с.
- ❖ SNBWAN не требует сетевой поддержки передачи обслуживания между базовыми станциями.

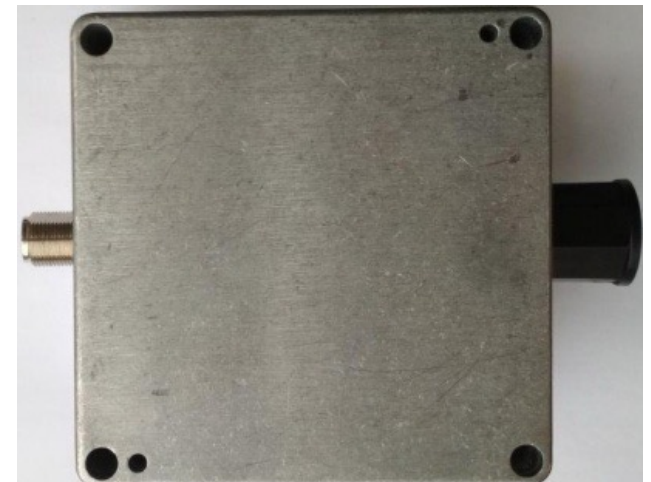
Терминал



Платы базовой станции



Базовая станция

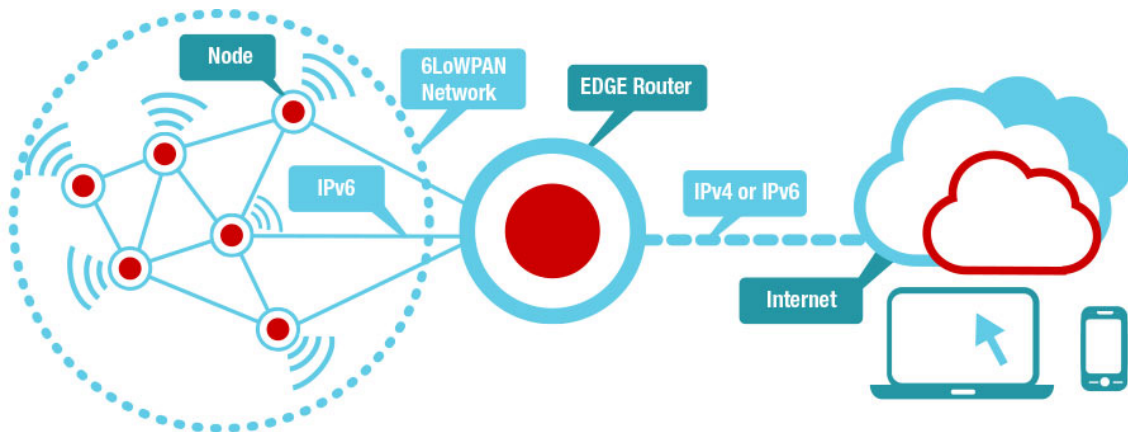


Сравнение технологий беспроводной связи Интернета вещей

Технологии LR-WPAN (PHY/MAC - IEEE 802.15.4)

ZigBee
6LoWPAN
Wi-SUN

Многопрыжковая радиолиния. Mesh-сеть
Средняя скорость передачи
Малая дальность. Дорого



Технологии LPWAN

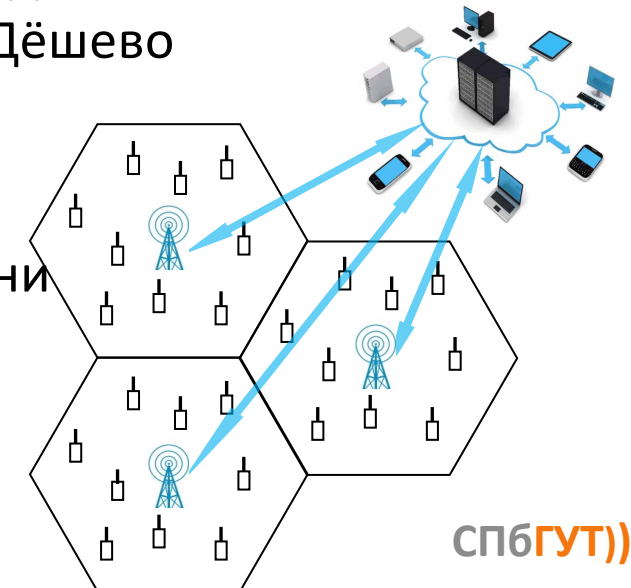
UNB – Sigfox, XNB, NB-Fi
LoRaWAN
Weightless, Telensa

Принципиальное отличие

Однопрыжковая радиолиния. Сеть «звезда»
Низкая скорость передачи
Большая дальность. Дёшево

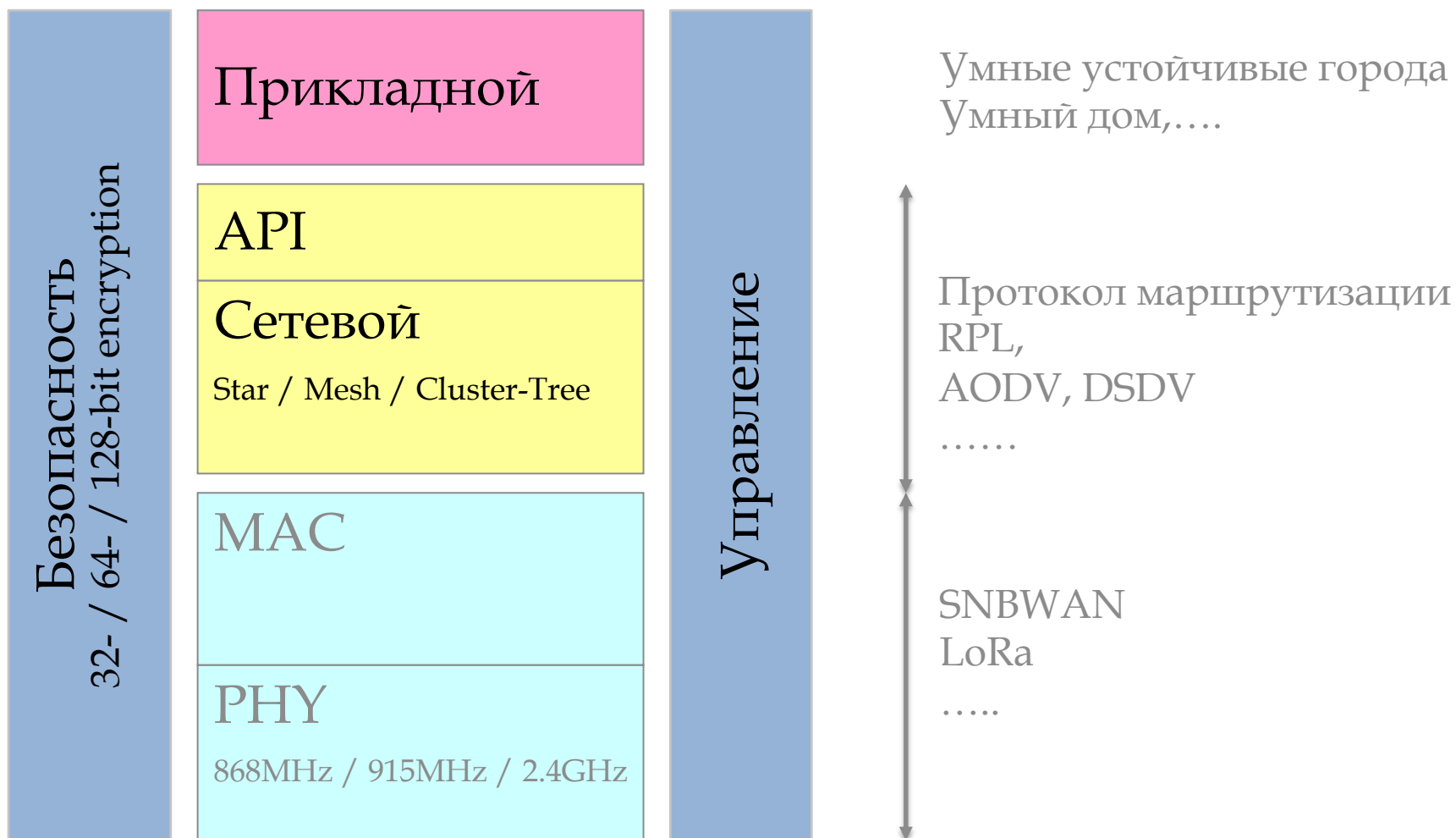
SNBWAN

Относится к LPWAN но
физический, MAC и LLC уровни
могут использоваться для
построения ячеистых и
гибридных сетей



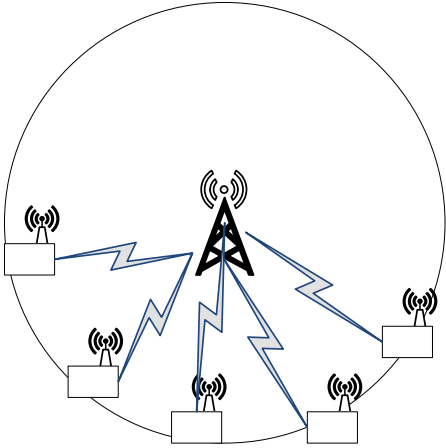
СПбГУТ)))

Сетевой стек SNBWAN

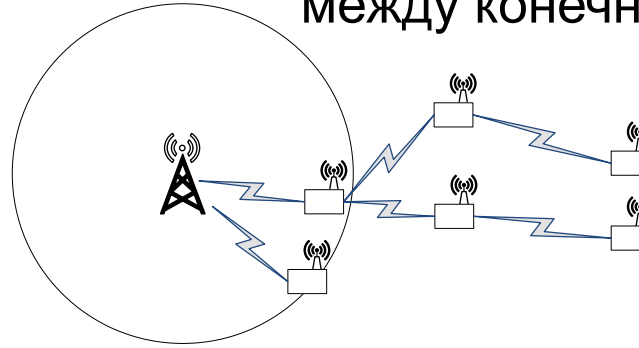


Поддерживаемые топологии

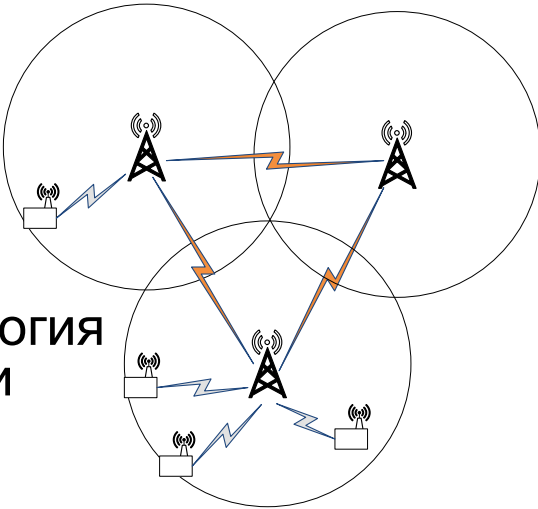
- Топология «звезда»



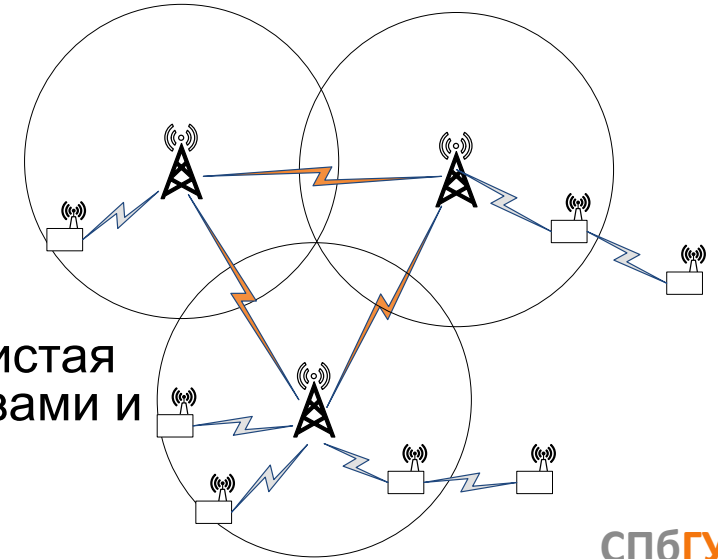
- Ячеистая топология между конечными узлами



- Ячеистая топология между шлюзами

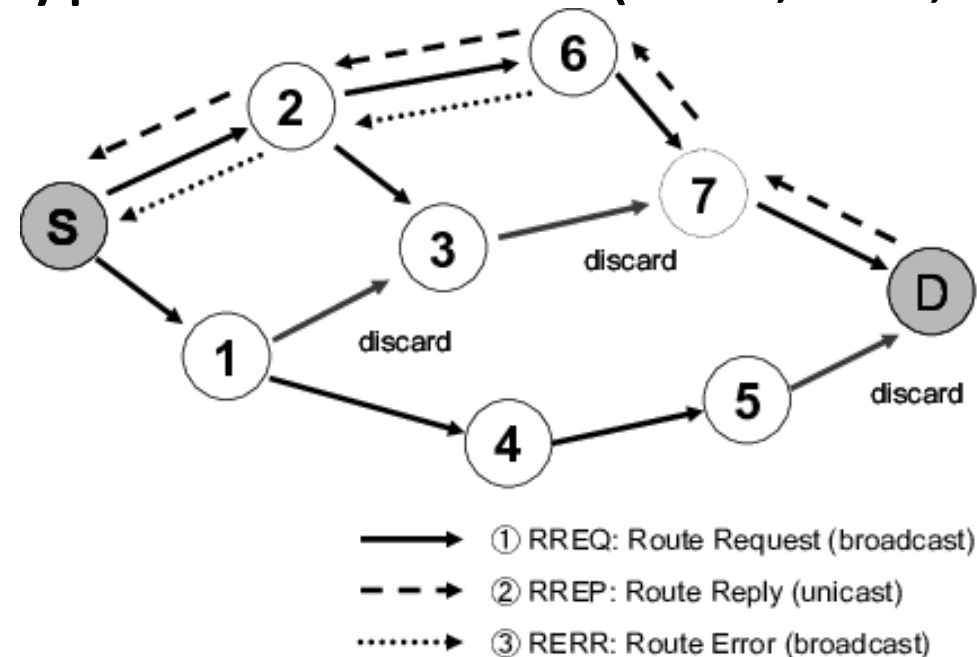
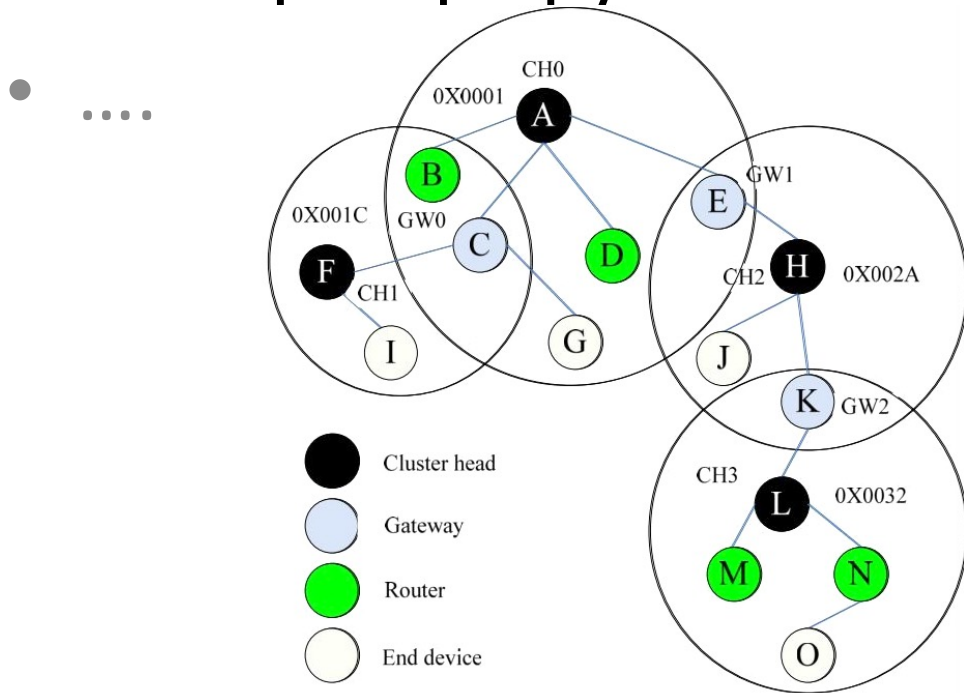


- Комбинированная ячеистая топология между шлюзами и конечными узлами



Маршрутизация

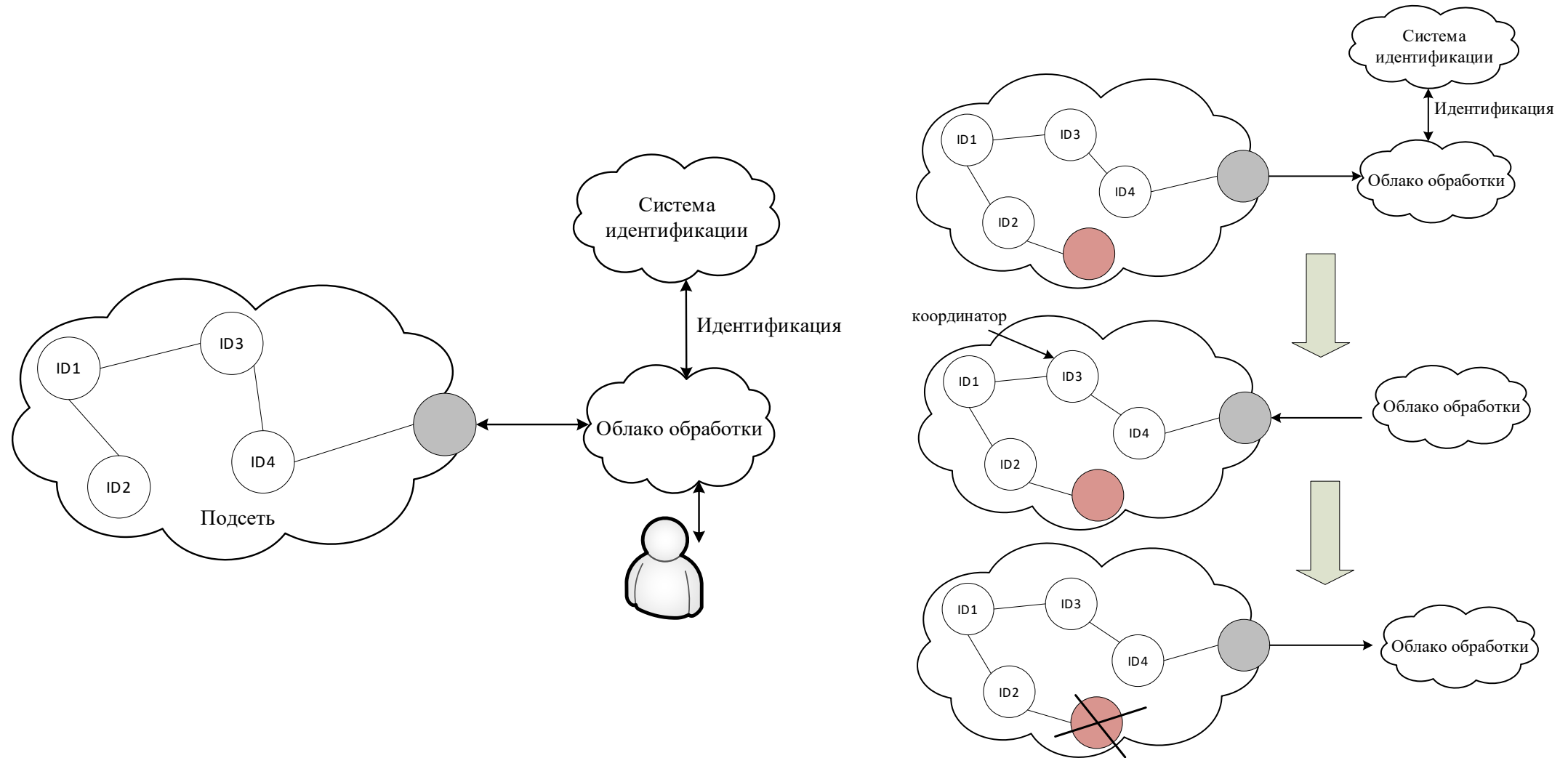
- Иерархическая маршрутизация
- Реактивные и проактивные протоколы маршрутизации: AODV, DSDV, RPL, ...
- Выбор маршрутов на основе уровня сигнала (RSSI, LQI, ..).



Идентификация в LPWAN на базе DOA

- В соответствии с выводами МСЭ таким решением может являться дополнительное применение сквозного глобального цифрового идентификатора, реализованного на базе архитектуры цифровых объектов (Digital Object Architecture).
- Использование идентификатора на базе DOA позволит учитывать все существующие уникальные идентификаторы (например, MAC, IMEI, ID и др.), обеспечив сквозную идентификацию устройств и приложений интернета вещей без привязки к конкретному идентификатору.
- Использование DOA идентификаторов совместно с физическими адресами устройств в сетях LPWAN позволит реализовать глобальную и подлинно международную систему идентификации, так как она реализовывается при поддержке МСЭ

Идентификация в LPWAN на базе DOA



Систем криптографической защиты на сетях LPWAN

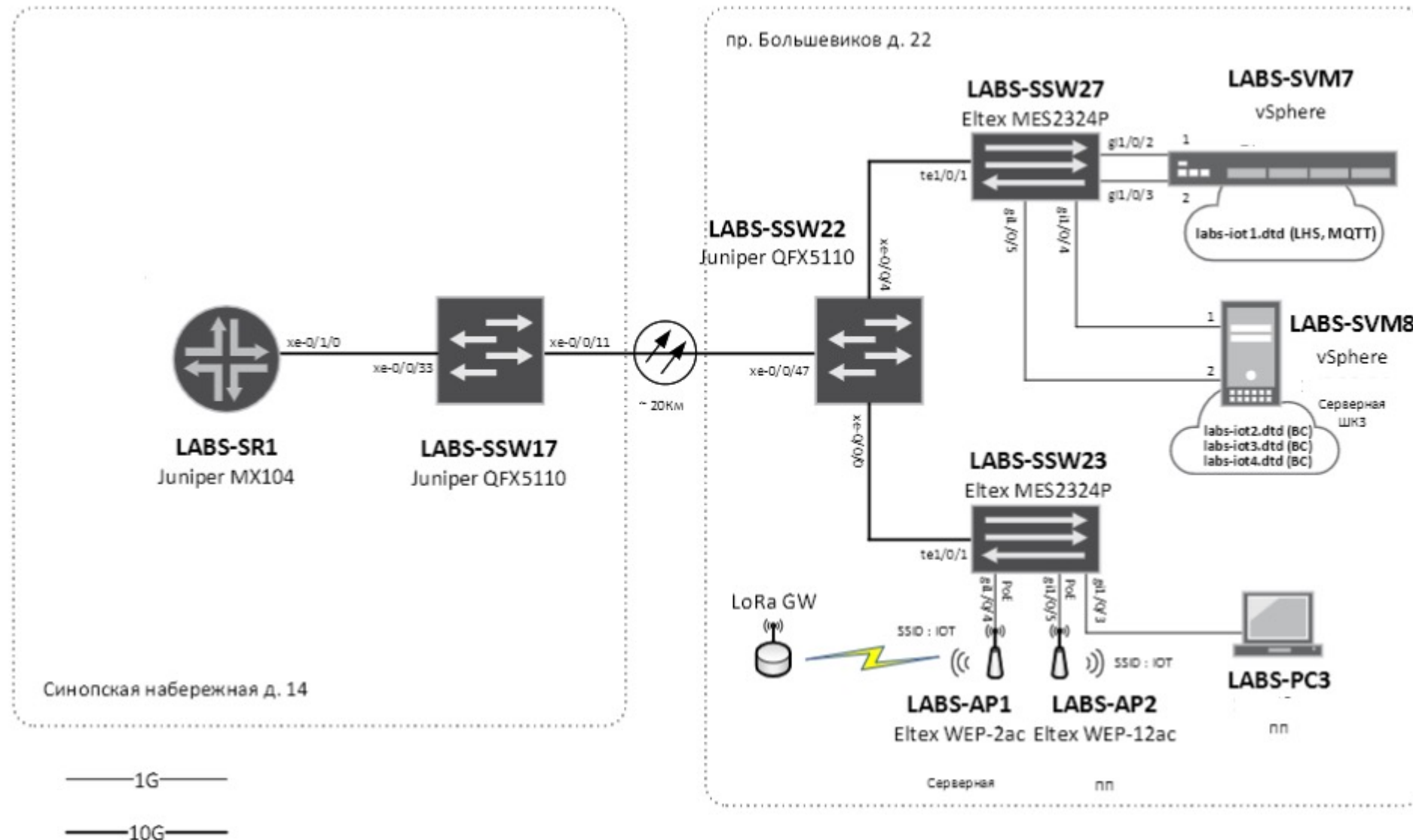
СТАНДАРТОМ ДЕ-ФАКТО В ПРОТОКОЛАХ LPWAN (XNB, LORAWAN, NB-FI, SigFox, OPENUNB) ЯВЛЯЕТСЯ ПРИМЕНЕНИЕ СИММЕТРИЧНОГО ШИФРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛА AES-128 НА КАНАЛЬНОМ УРОВНЕ

В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ В ПРОТОКОЛАХ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ В РОССИИ, ДОПУСКАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОСТ ШИФРОВАНИЯ (МАГМА, КУЗНЕЧИК)

В ПРОТОКОЛЕ LORAWAN ДОПУСКАЕТСЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ КОДИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛОМ КУЗНЕЧИК НА УРОВНЕ ПРИЛОЖЕНИЙ, ПРИ ЭТОМ ПРОИСХОДИТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ КОДИРОВАНИЕ ЗАШИФРОВАННОГО СООБЩЕНИЯ АЛГОРИТМОМ AES-128 (ДВОЙНОЕ ШИФРОВАНИЕ НА УРОВНЕ ПРИЛОЖЕНИЙ)

В КАЧЕСТВЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ СЕТЕЙ LPWAN ДЛЯ КРИТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ, ЦЕЛЕСООБРАЗНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ «ПРОТОКОЛ ЗАЩИЩЕННОГО ОБМЕНА ДЛЯ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ» CRISP, РАЗРАБОТАННЫЙ КОМПАНИЕЙ ИНФОТЕКС, КОТОРЫЙ СЕЙЧАС ПРОХОДИТ СОГЛАСОВАНИЕ В КАЧЕСТВА СТАНДАРТА

Схема тестовой зоны DOA для LPWAN



Спасибо за внимание!