

Смирнов Илья / +7 910 430 11 74 / ismirnov@phoenixcontact.ru

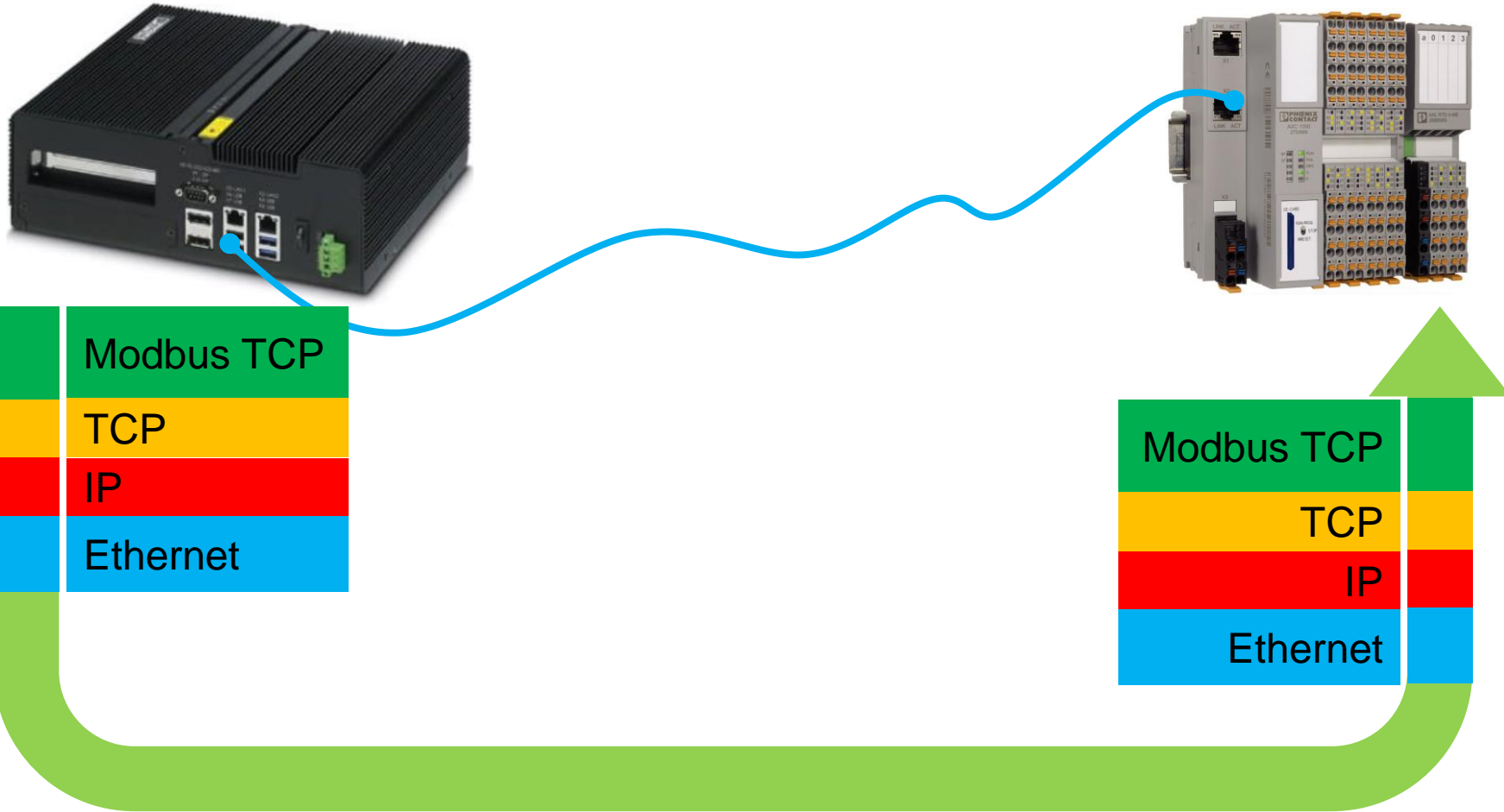
Протоколы передачи данных Internet of Things



Модель OSI

Уровень		Тип данных	Функции	Примеры
7	Прикладной	Данные	Идет обработка данных внутри программ и передача данных на отправку	
6	Представительский			
5	Сеансовый			
4	Транспортный	Сегменты	Создает виртуальное соединение, удостоверяется, что конечный адресат отвечает, проверяет все ли данные доставлены	TCP, UDP
3	Сетевой	Пакеты	Определяет через какие сети наиболее оптимально передать пакет	IPv4, IPv6
2	Канальный	Биты/Кадры	Определяет через какие устройства наиболее оптимально передать пакеты, «разбирает» фрейм на биты	PPP, IEEE 802.22, Ethernet, DSL
1	Физический	Биты	Работа со средой, сигналами и двоичными данными	"витая пара", коакс., оптов. кабель, RS-485

Модель OSI



Протоколы передачи данных канального уровня

L2-протоколы передачи данных

- Какие L2-протоколы используются?
 - Ethernet
 - WiFi
 - Bluetooth
 - 3G / 4G

L2-протоколы передачи данных

- LPWAN – Low-power Wide-area Network – энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия
 - LoRaWAN
 - Narrowband IoT (NB-IoT)

L2-протоколы передачи данных

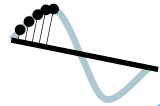
- LoRaWAN
 - LoRa Alliance (Alibaba, Amazon, Semtech, Intel, BOSCH)
- NB-IoT
 - 3GPP

LoRaWAN

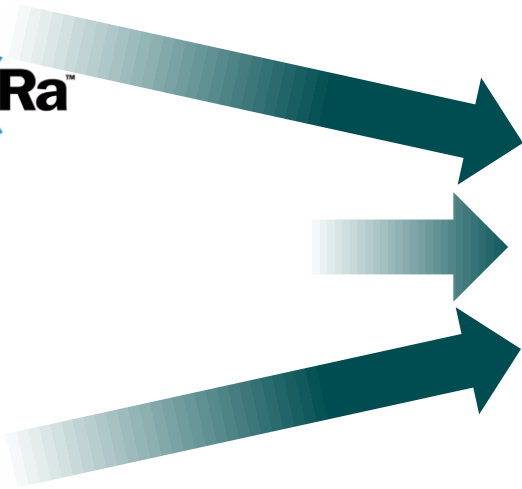
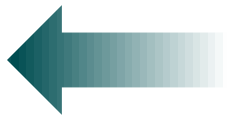
LoRa



LoRaWAN™



LoRa™



- LoRaWAN
 - L2
- LoRa
 - L1
 - Модуляция сигнала
 - На какой частоте передается

LoRa – основные характеристики

- Питание: от батареи
 - Срок работы ~ 15+ года
- Расстояние передачи данных: 1-15 км
- CSS – Chirp Spread Spectrum, помехоустойчивая линейно-частотная модуляция

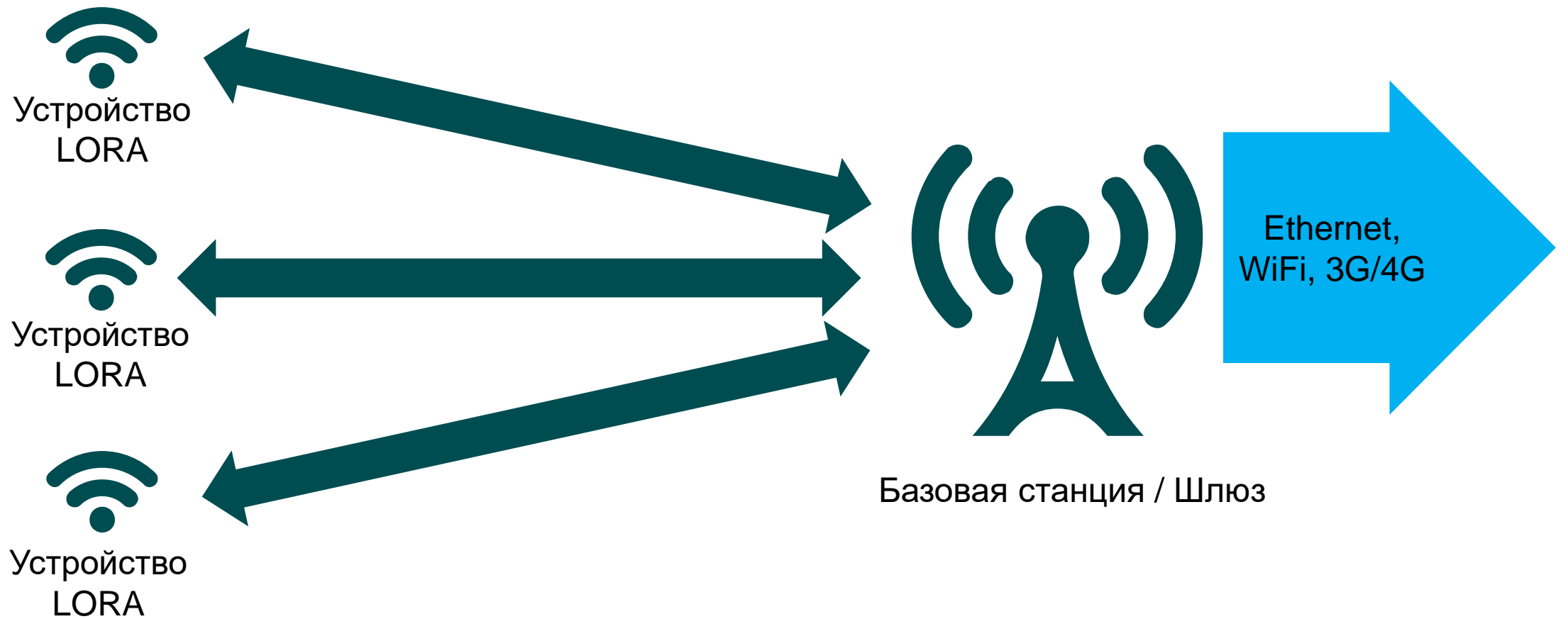
LoRa – основные характеристики

- OpenFrequency – не требует лицензирования
- Частоты: 415 МГц, **868 МГц**, 916 МГц
 - Частоты, актуальные для РФ:
 - 864 - 865 МГц
 - Нахождение в эфире не более 0,1% времени
 - Мощность – 25 мВт
 - 868,7 - 869,2 МГц
 - Мощность – 25 мВт

LoRa – основные характеристики

Параметр	Значение	Объяснение
Частота	863 – 870 МГц	Частота, на которой передаются данные
Мощность	2 – 14 дБм	Мощность передачи данных
Ширина канала	125 / 250 / 500 кГц	Ширина канала пропускания данных
Коэффициент SF	7 – 12	Коэффициент, влияющий на параметры приема и передачи
Скорость передачи данных	250 бит/с – 50 000 бит/с	

LoRa - топология



LoRa

- Преимущества:
 - Открытый стандарт
 - Использование открытых частот
 - Большой радиус действия
 - Низкое энергопотребление
 - Высокая помехоустойчивость
- Недостатки
 - Низкая скорость
 - Могут быть большие задержки
 - Могут быть ограничения по рабочему циклу

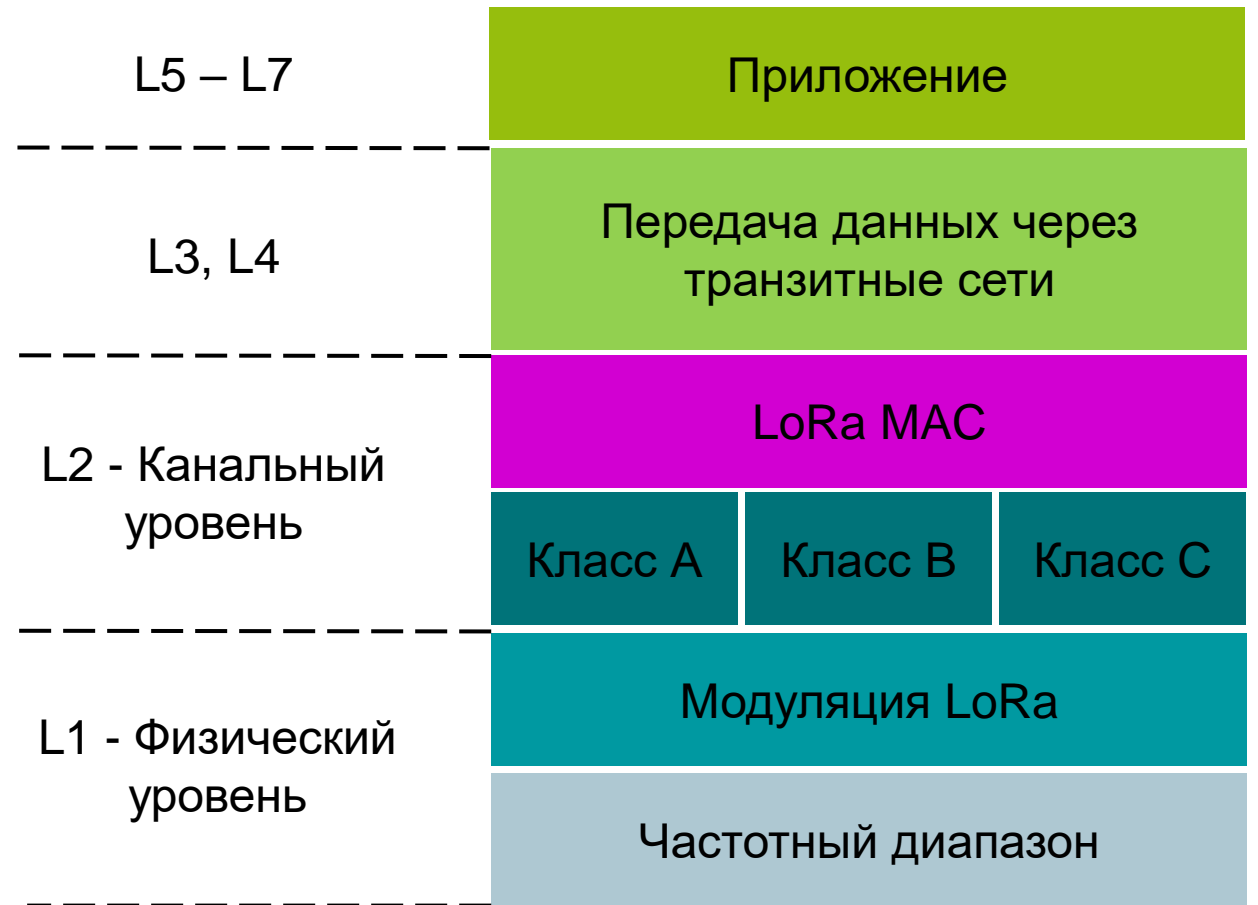
Internet of Things

LoRa

- Устройства сертифицируются в LoRa Alliance

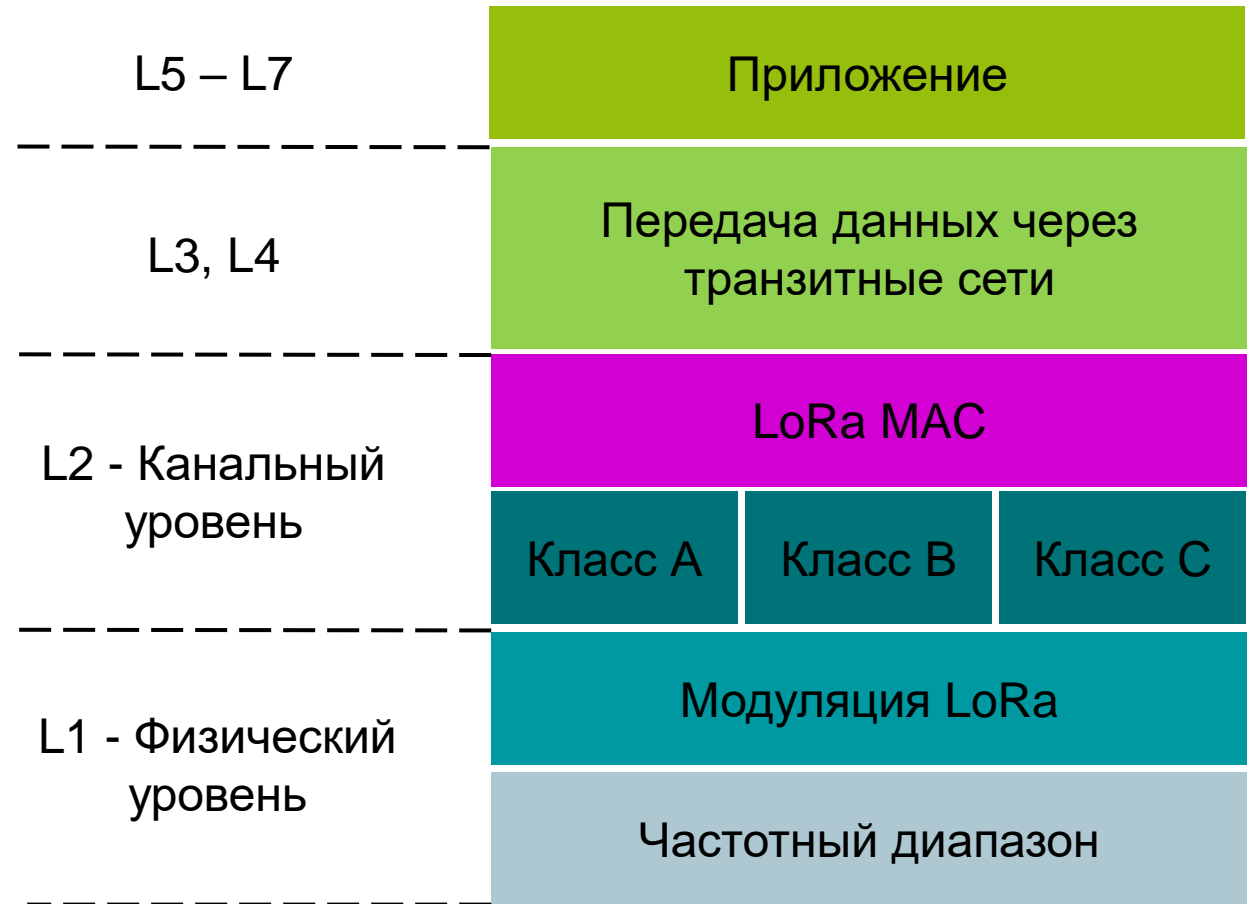
LoRaWAN

- LoRaWAN
 - LoRaWAN – верхний уровень LoRa
 - Делает передачу данных безопасной – шифрует данные
 - LoRaWAN – L2



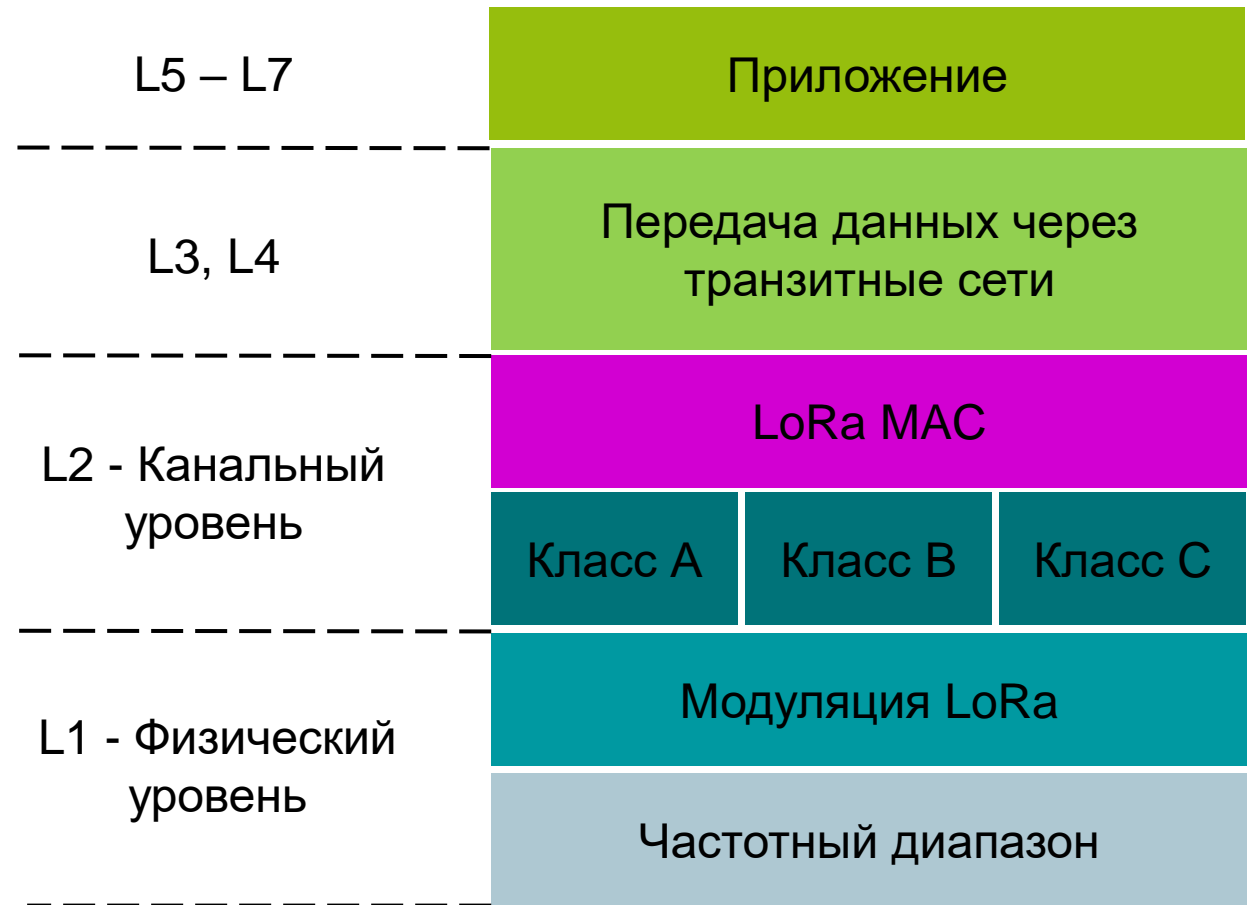
LoRaWAN

- L1:
 - На стороне передающего устройства:
 - Прием блока данных от MAC уровня
 - Кодирование и модуляция сигнала
 - Передача преамбулы
 - На стороне приемного устройства выполняется
 - Обнаружение преамбулы
 - Декодирование и демодуляция сигнала
 - Передача данных на MAC уровень.

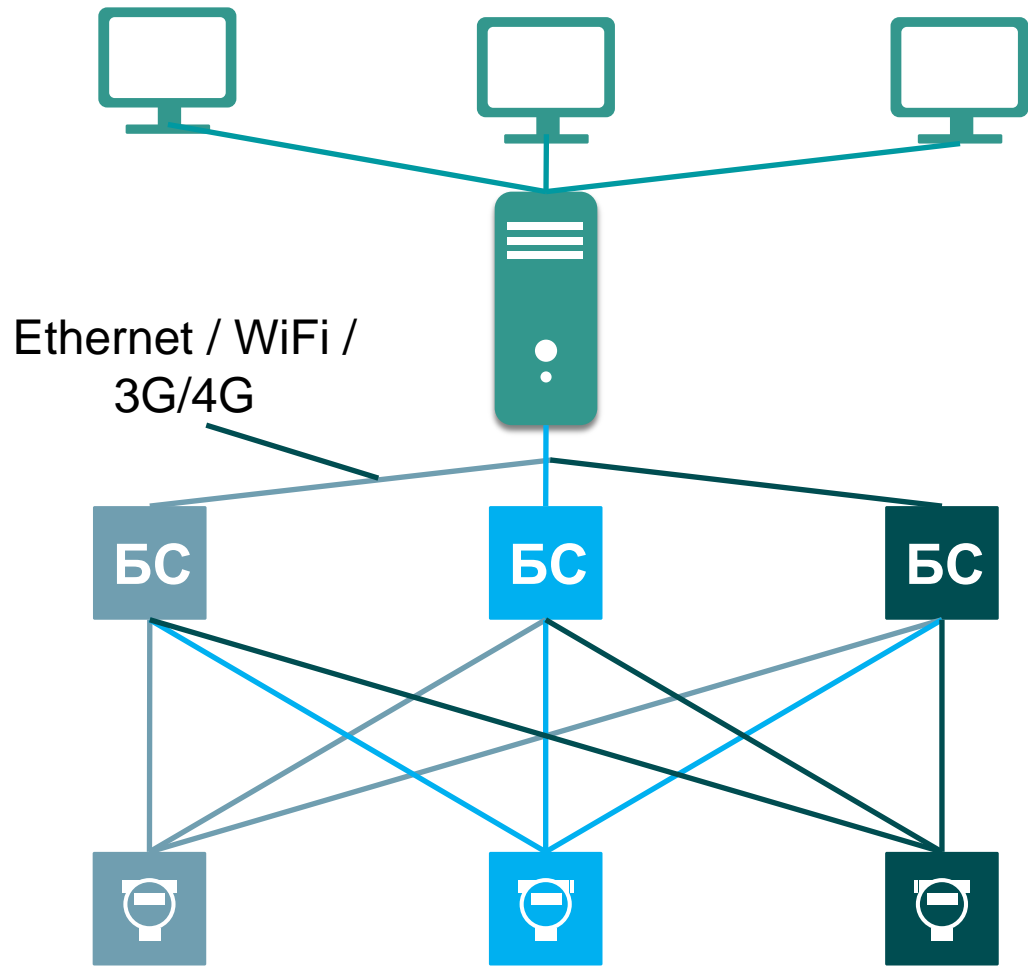


LoRaWAN

- L2:
 - Передача данных между конечным устройством и сетевым сервером
 - Шифрование данных
 - Управление выделением окон передачи данных
 - Адаптация скорости передачи данных.



LoRaWAN



Сервер приложения – удаленно контролирует конечные устройства и собирает данные с них

Сетевой сервер – управляет сетью: расписанием, адаптацией скорости, обработкой данных

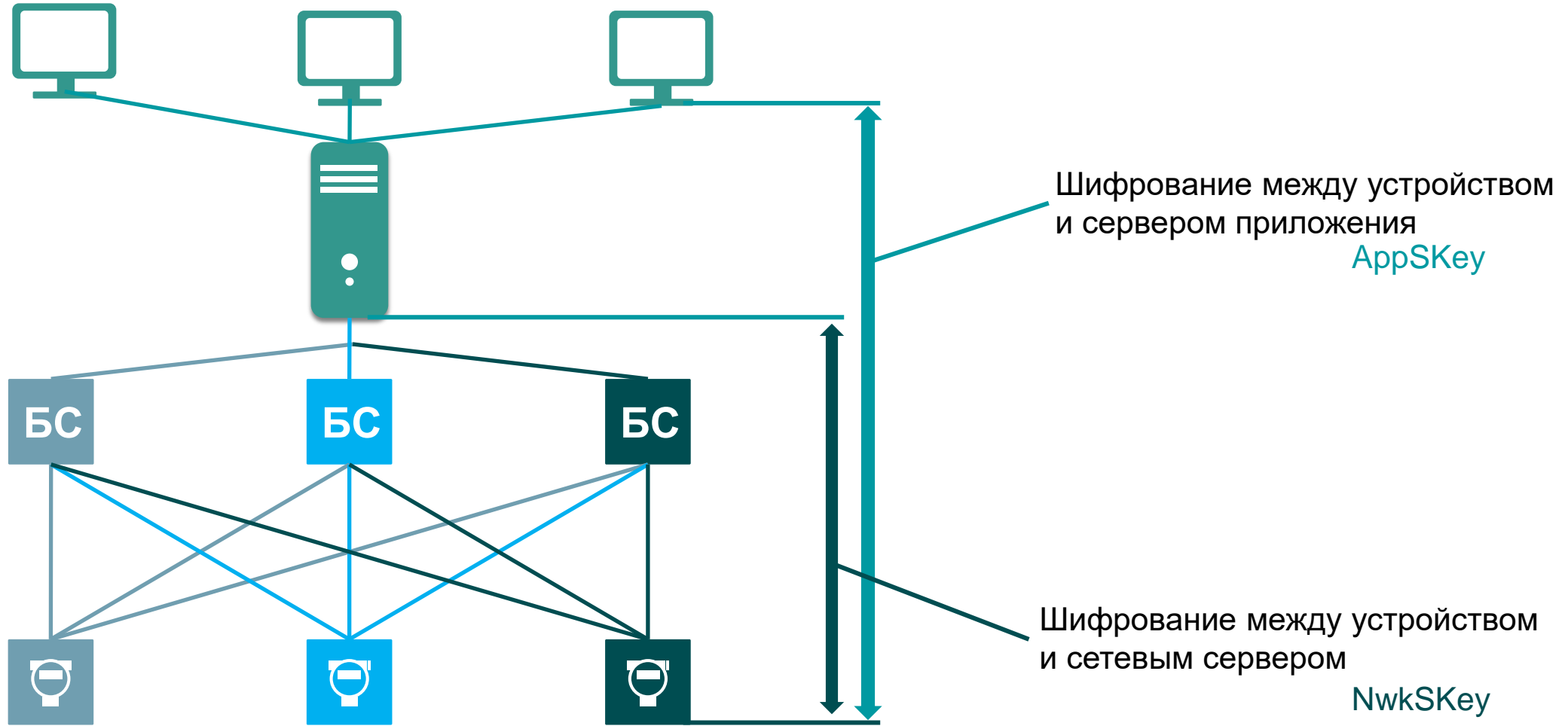
Базовая станция / Шлюз – принимает данные от конечного устройства и передает их в транзитную сеть

Конечное устройство – управляющие или измерительные функции

Параметры LoRa WAN

- Device Identifier – DevEUI
- Application Identifier - AppEUI
- End-device address - DevAddr
- Application key - AppKey
 - Network session key - NwkSKey
 - Application session key - AppSKey

LoRaWAN – Шифрование данных

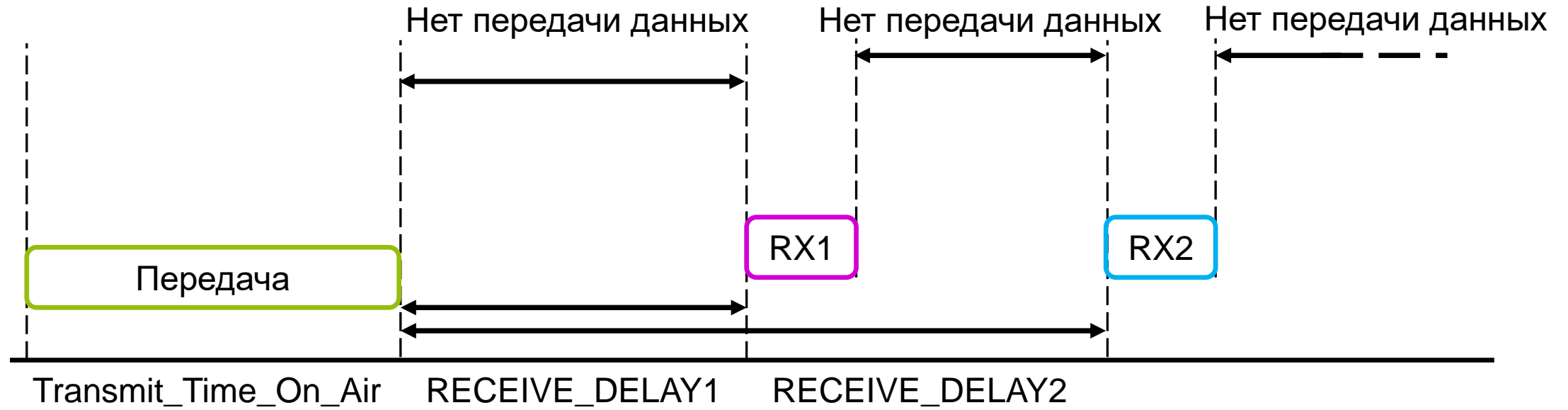


Internet of Things

LoRaWAN – Классы устройств

- Class A
- Class B
- Class C

LoRaWAN – Class A

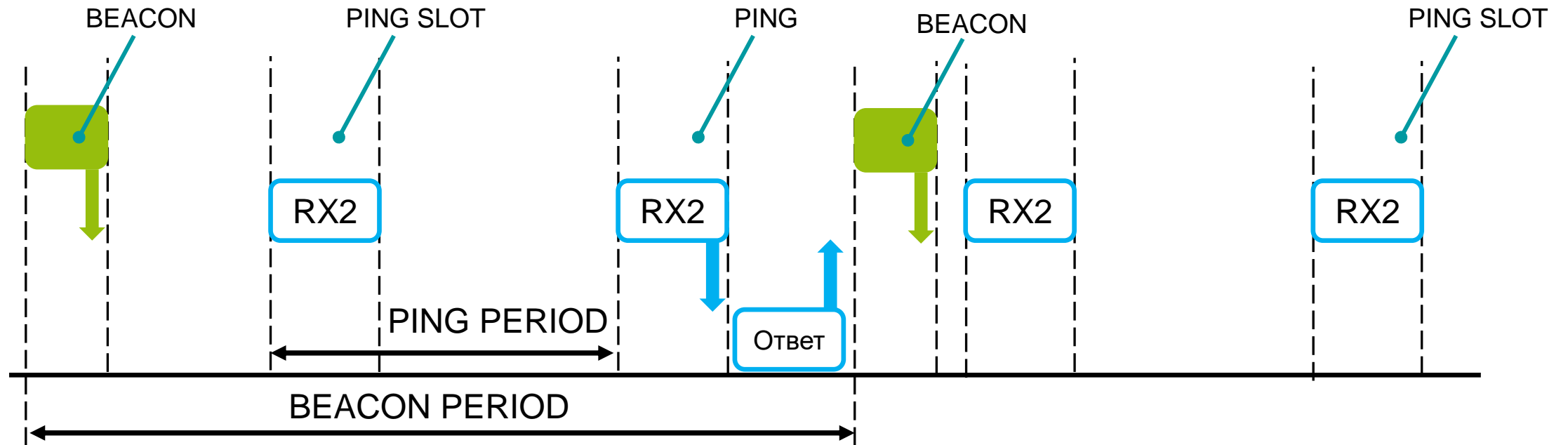


Internet of Things

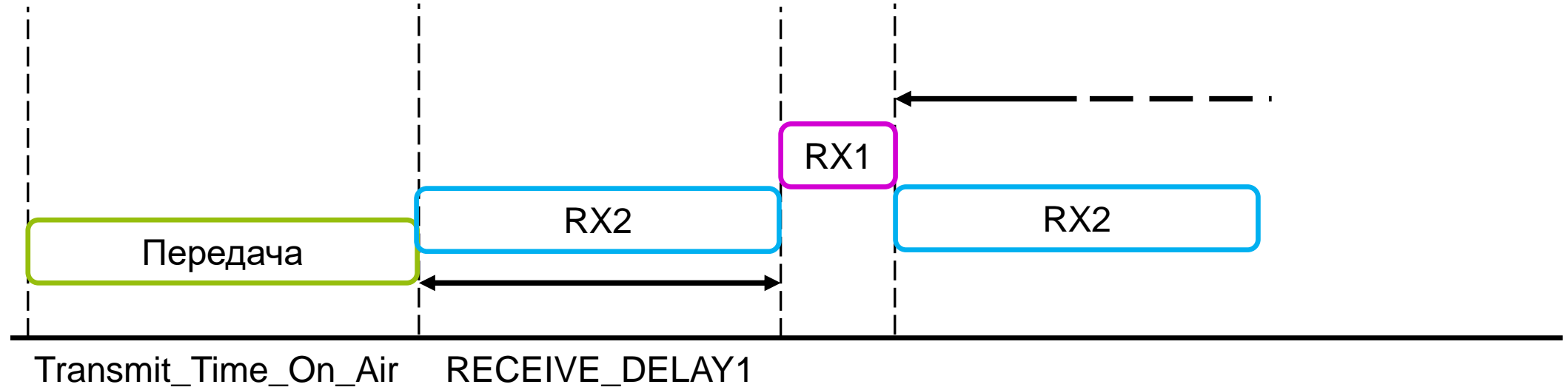
LoRaWAN – Class B

- Открывают дополнительные окна приема по расписанию
- Специальные пакеты для синхронизации - Beacons

LoRaWAN – Class B



LoRaWAN – Class C



Internet of Things

LoRaWAN – Подтверждение сообщения

- С подтверждением
- Без подтверждения

LoRaWAN – Подтверждение сообщения

- Запрашивает конечное устройство
 - Шлюз подтверждает получение внутри окна приема

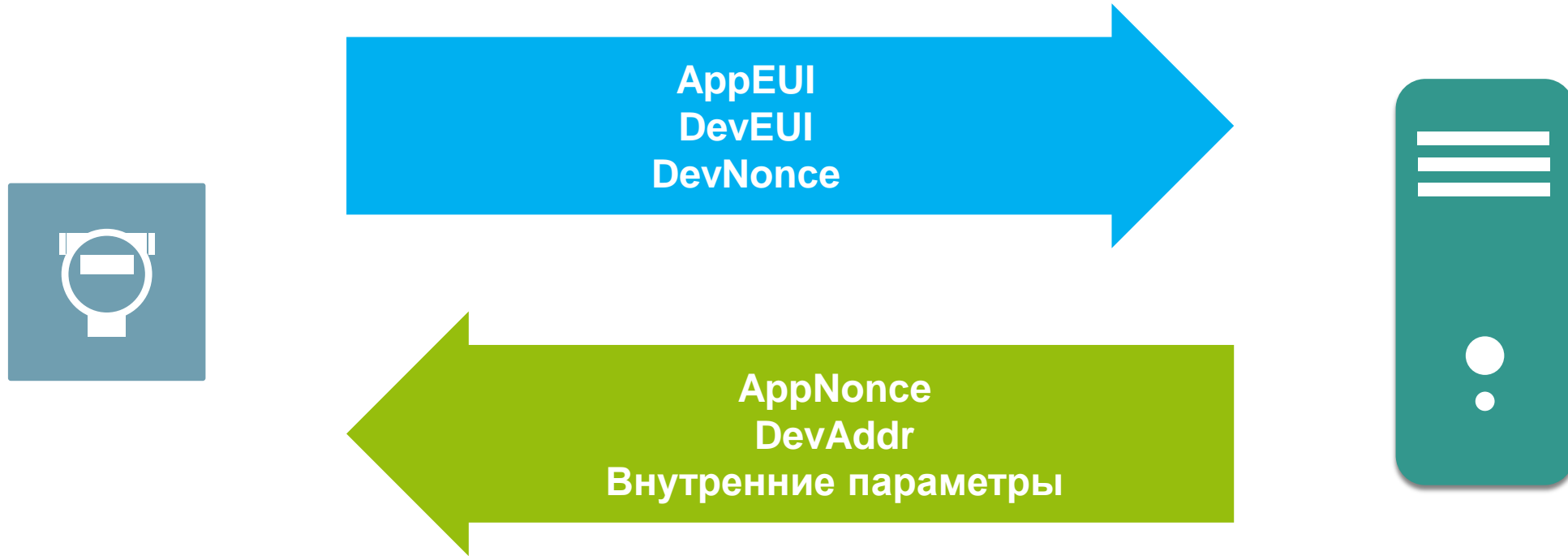
LoRaWAN – Подтверждение сообщения

- Запрашивает шлюз
 - Момент отправки подтверждения определяет само устройство
 - Ответить сразу – проще логика функционирования
 - Ответить в составе следующего сообщения с данными – разгружает радиоканал

LoRaWAN - Подключение оконечных устройств

- OTAA – Over-The-Air Activation – Часть параметров устройство получает «по воздуху» от оператора
- ABP – Activation By Personalization – Все параметры записываются на устройство вручную

LoRaWAN - Подключение оконечных устройств. ОТАА



LoRaWAN - Подключение оконечных устройств. ABP



NB-IoT

NB-IoT

- NB-IoT – технология на основе LTE
- Самое важное в NB-IoT:
 - Для низких объемов передачи данных
 - Работает при низком уровне сигнала
 - Работает при высоком уровне шумов
 - Малое потребление (до 10 лет)

NB-IoT

- NB-IoT – технология на основе LTE
- Самое важное в NB-IoT:
 - Для низких объемов передачи данных
 - Работает при низком уровне сигнала
 - Работает при высоком уровне шумов
 - Малое потребление (до 10 лет)

Internet of Things

NB-IoT

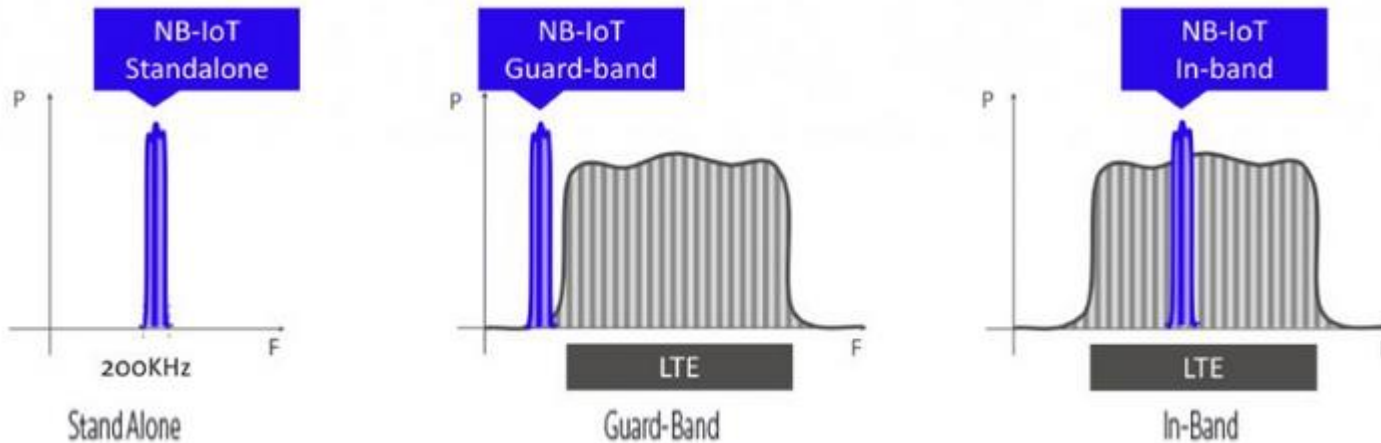
- Работает там, где есть покрытие 4G
- Для работы нужна SIM-карта или eSIM

NB-IoT

- Ширина канала – 200 кГц
- Частоты:
 - 800 МГц
 - 900 МГц
 - 1800 МГц

NB-IoT

- Стандарт NB-IoT может развертываться в трех вариантах:
 - автономный (standalone);
 - на защитной полосе частот (guard-band);
 - внутриполосный (in-band).



NB-IoT

- Преимущества
 - Низкое энергопотребление
 - Большой энергетический бюджет линии
 - Глобальное покрытие
 - Нет ограничений по рабочему циклу
- Недостатки
 - Большие задержки связи
 - Низкая скорость передачи данных

LoRaWAN vs NB-IoT

Параметры	LoRaWAN	NB-IoT
Полоса частот	125 кГц	180 кГц
Величина MCL	165 дБ	164 дБ
Срок службы батареи	15+ лет	10+ лет
Пиковый ток	32 мА	120 мА
Ток в спящем режиме	1 мкА	5 мкА
Пропускная способность радиоканала	50 Кб/с	60 Кб/с
Задержка	Зависит от класса устройства	Меньше 10 с
Безопасность	AES 128 бит	3GPP 128-256 бит
Геолокация	TDOA	3GPP Rel 14
Эффективность затрат	Высокая	Средняя

Прикладные протоколы передачи данных

Зачем понадобились отдельные протоколы для IoT?

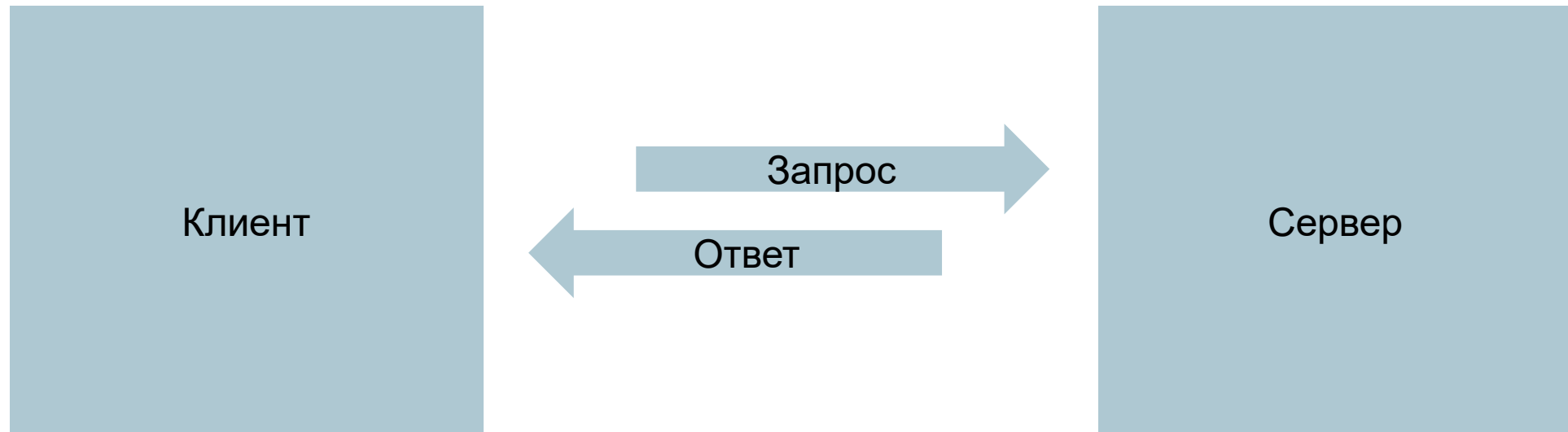
- Стандартные протоколы слишком ресурсозатратны

MQTT

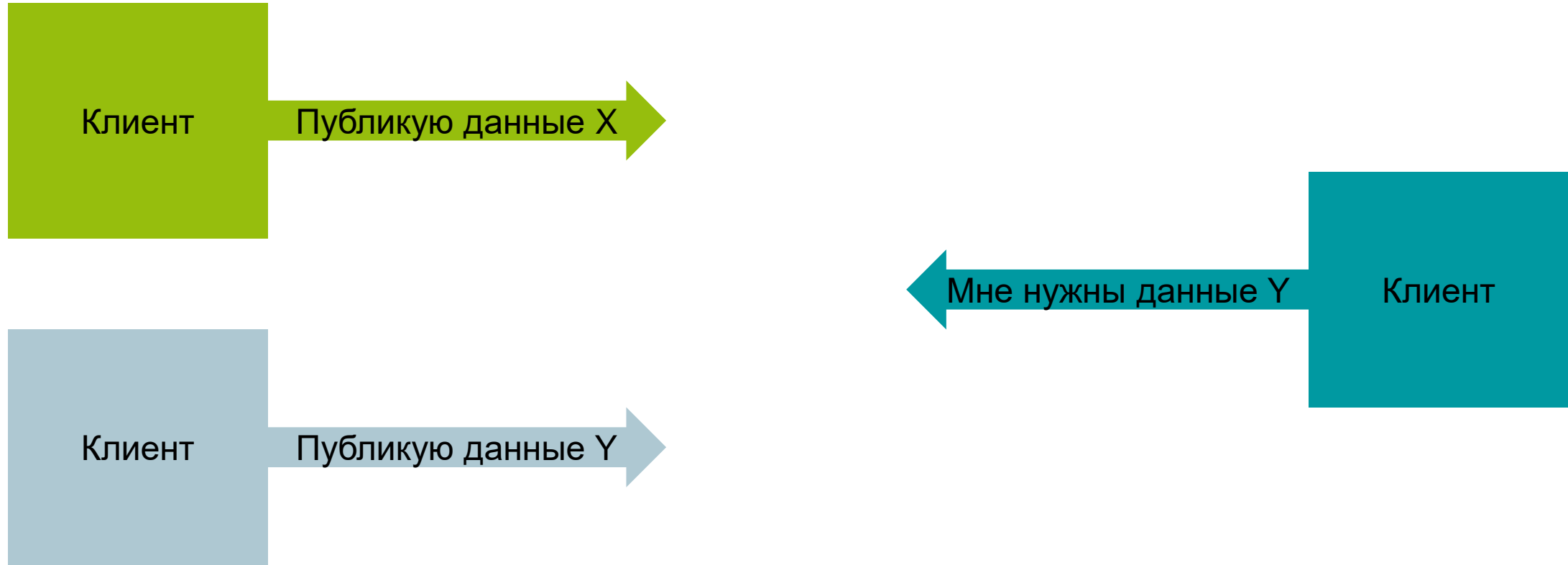
MQTT

- Ресурсозатратная часть перенесена только на одно устройство
- Все остальные почти полностью освобождены от работы

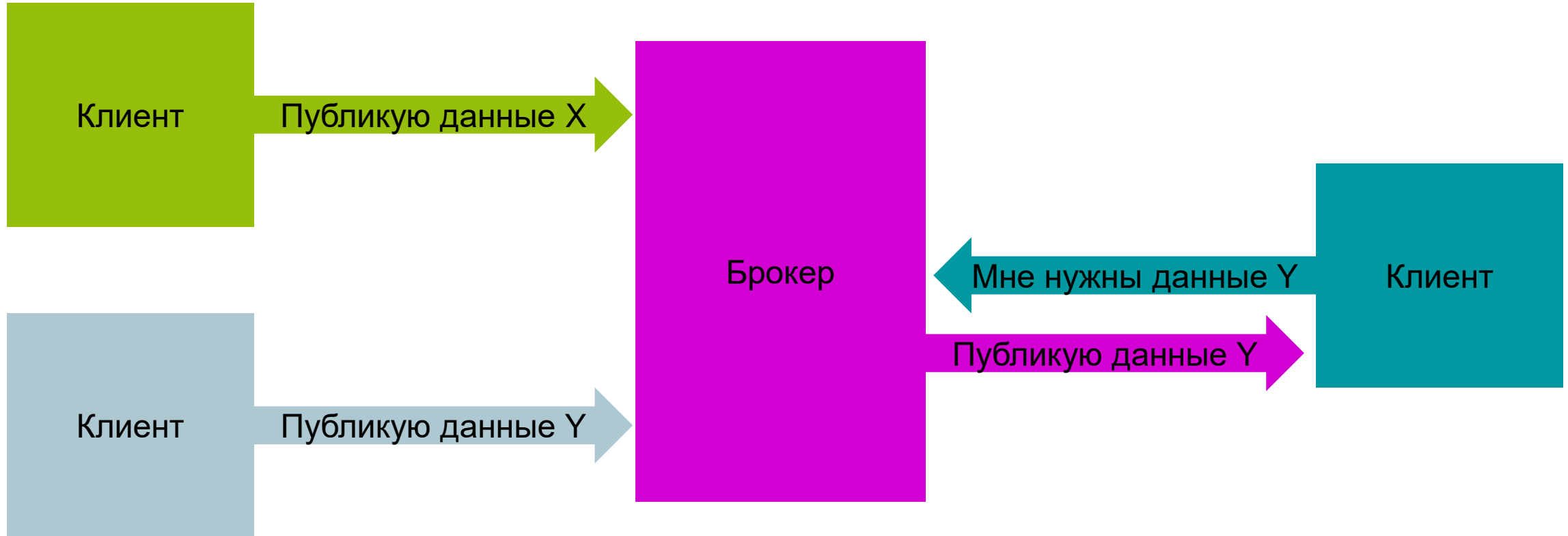
Архитектура «Клиент-Сервер»



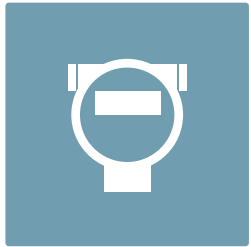
Архитектура «Издатель-Подписчик»



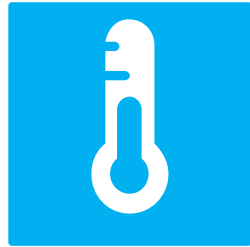
Архитектура «Издатель-Подписчик»



MQTT – Архитектура «Издатель-Подписчик»



Издатель



Издатель

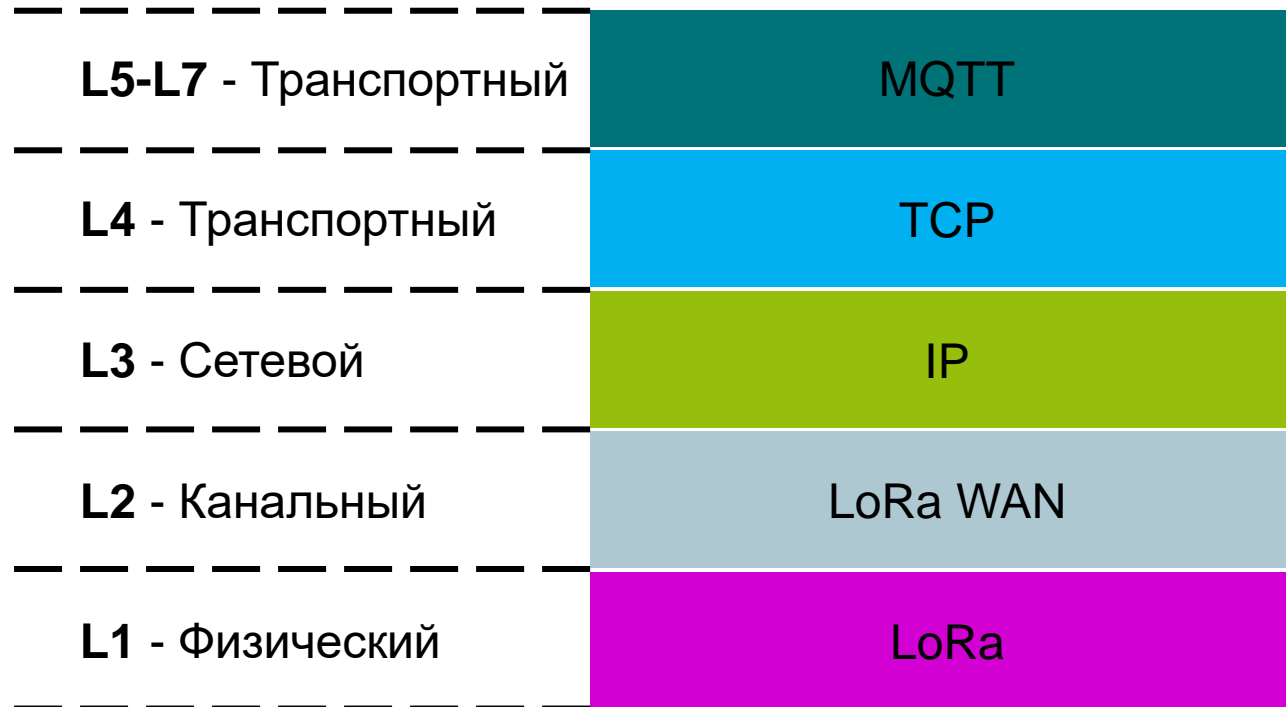


Подписчик



Подписчик

MQTT – Модель OSI



MQTT – Запрос на подключение



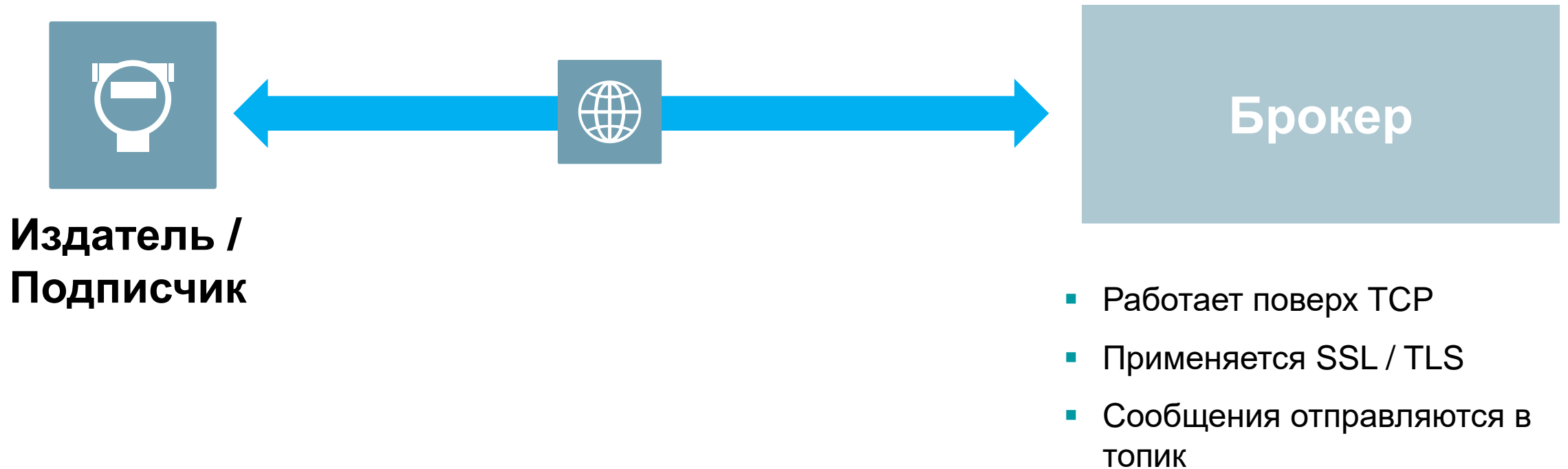
**Издатель /
Подписчик**

**Запрос на подключение /
CONNECT**

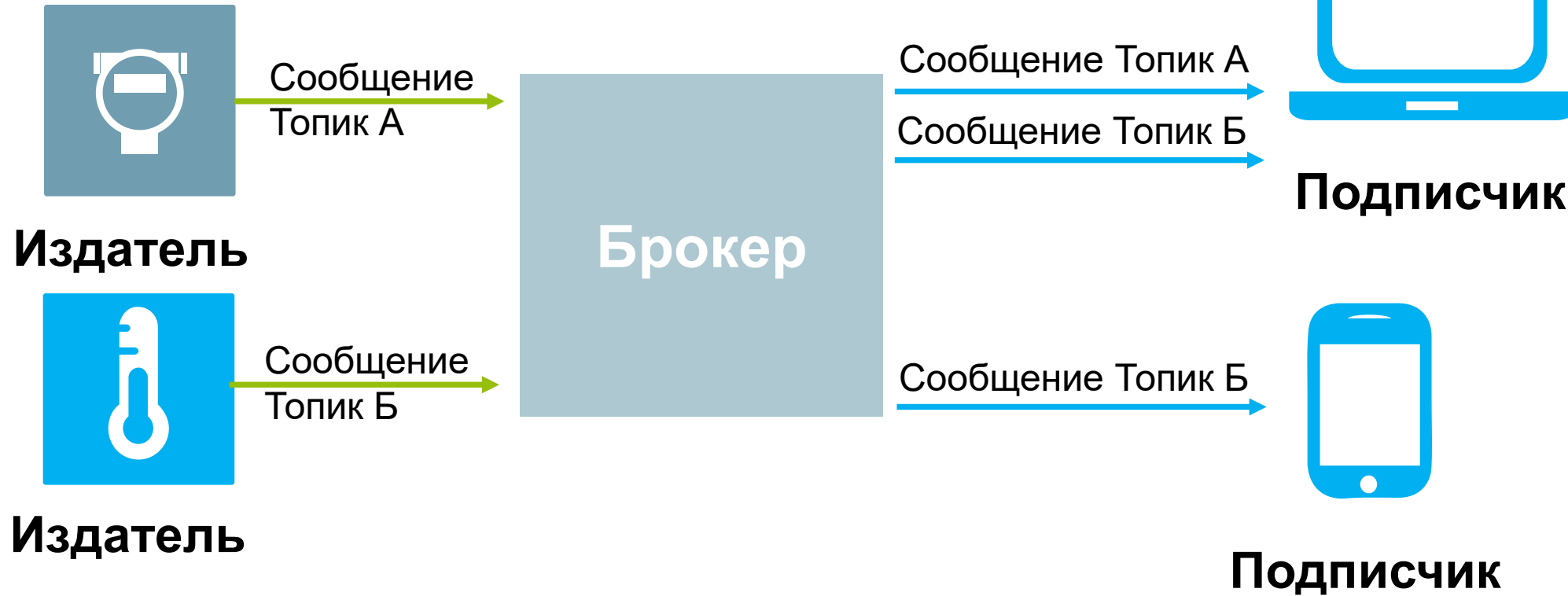
Брокер

**Подтверждение подключения /
CONNACK**

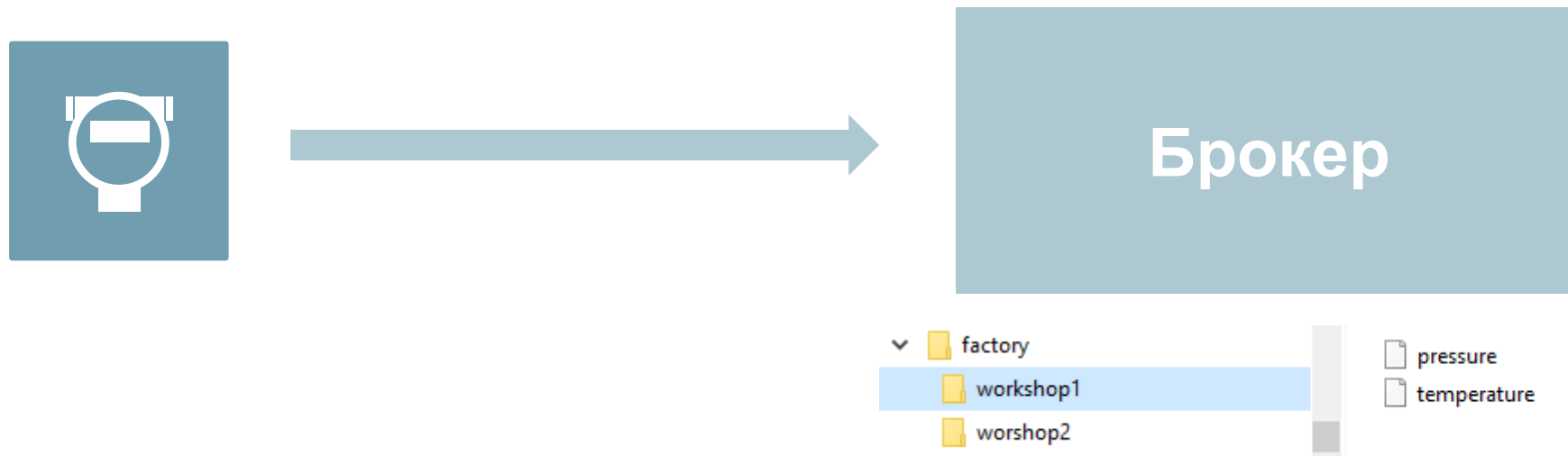
MQTT – взаимодействие между устройствами



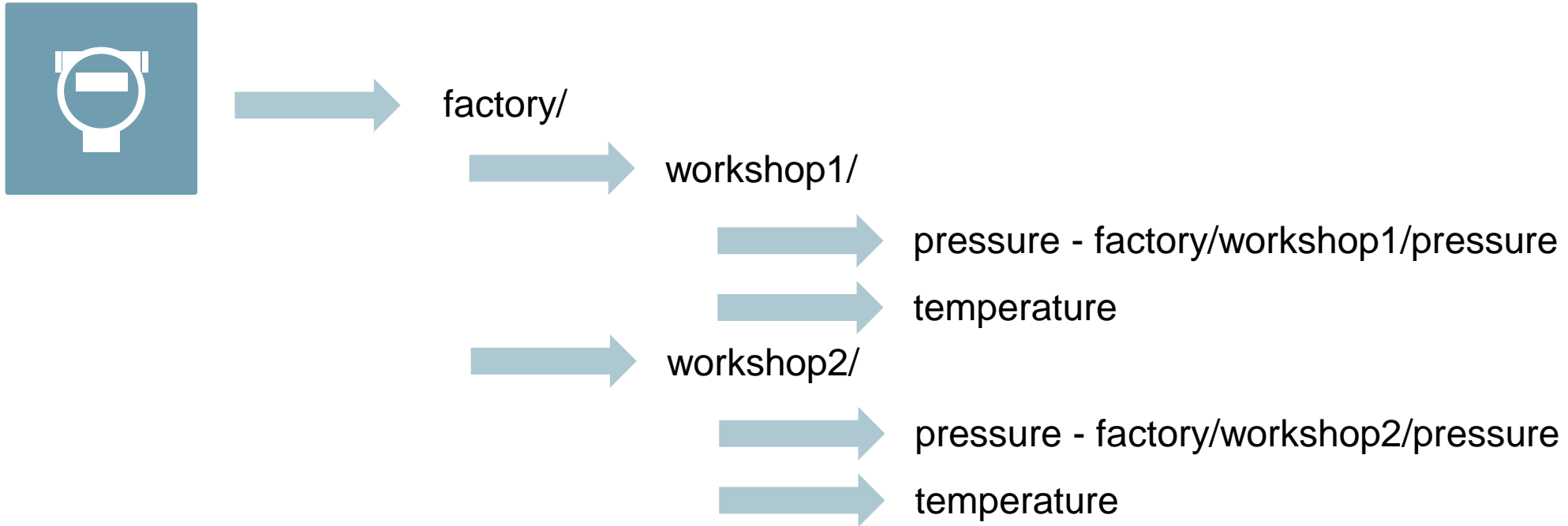
MQTT – Передача переменных в топики



MQTT – Что такое топик?



MQTT – Что такое топик?



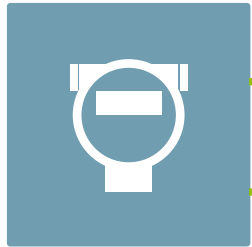
MQTT – Что такое топик?

- Если подписаться на топик:
 - factory/workshop1/pressure
 - Будем получать давление с первого цеха

MQTT – Что такое топик?

- + - может стоять вместо любой папки в топике
 - Если подписаться на топик:
 - factory/+/pressure
 - Будем получать давления с обоих цехов
- # - заменяет собой любое окончание топика
 - Если подписаться на топик:
 - factory/#
 - Будем получать все переменные с этого топика

MQTT – Что такое топик?



/factory/workshop1/pressure

/factory/workshop2/pressure

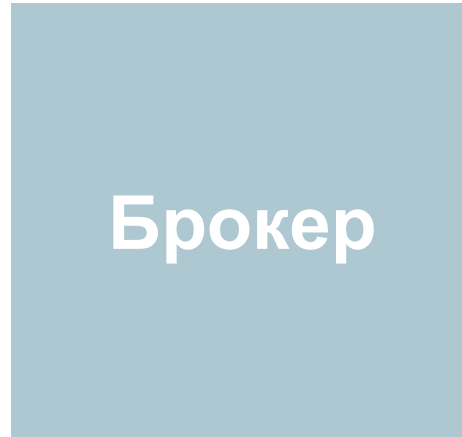
Издатель



/factory/workshop1/temperature

/factory/workshop2/temperature

Издатель



/factory/+/pressure

/factory/+/temperature

/factory/#



Подписчик



Подписчик



Подписчик

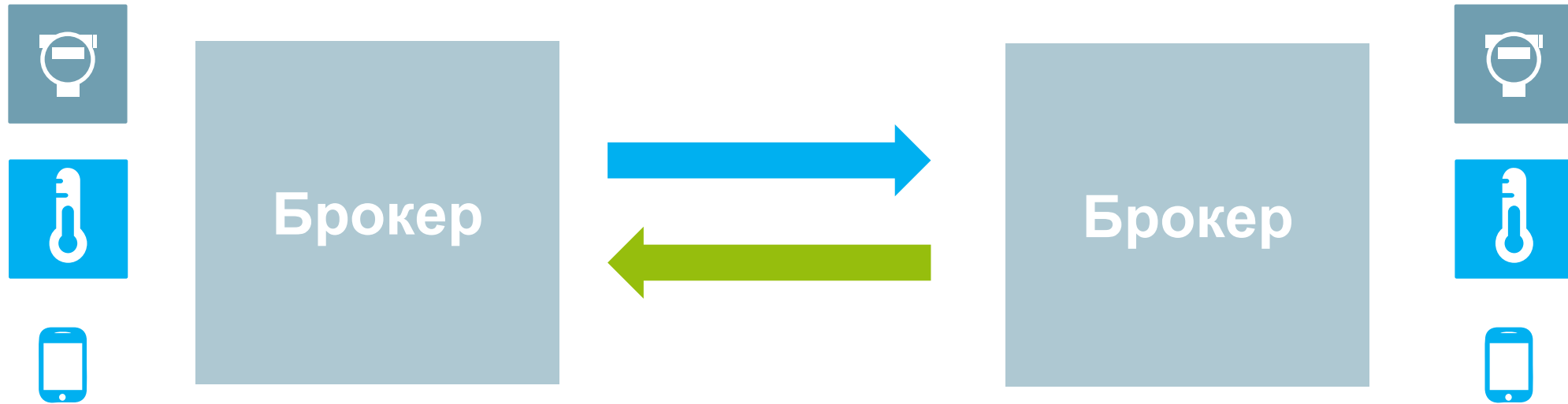
MQTT – Что такое топик?

- \$ - с этого символа начинаются системные переменные. Стандартизации пока нет.

MQTT – Что такое топик? Best practises

- Не начинать с '/'
- Не использовать пробелы в топиках
- Топик должен иметь максимально короткое имя
- Использовать только символы ASCII
- Учитывать возможное масштабирование

MQTT – Взаимодействие между брокерами



Internet of Things

MQTT – Приоритизация

- QoS 2 Exactly once
- QoS 1 At least once
- QoS 0 At most once

MQTT – Приоритизация. QoS 0 At most once



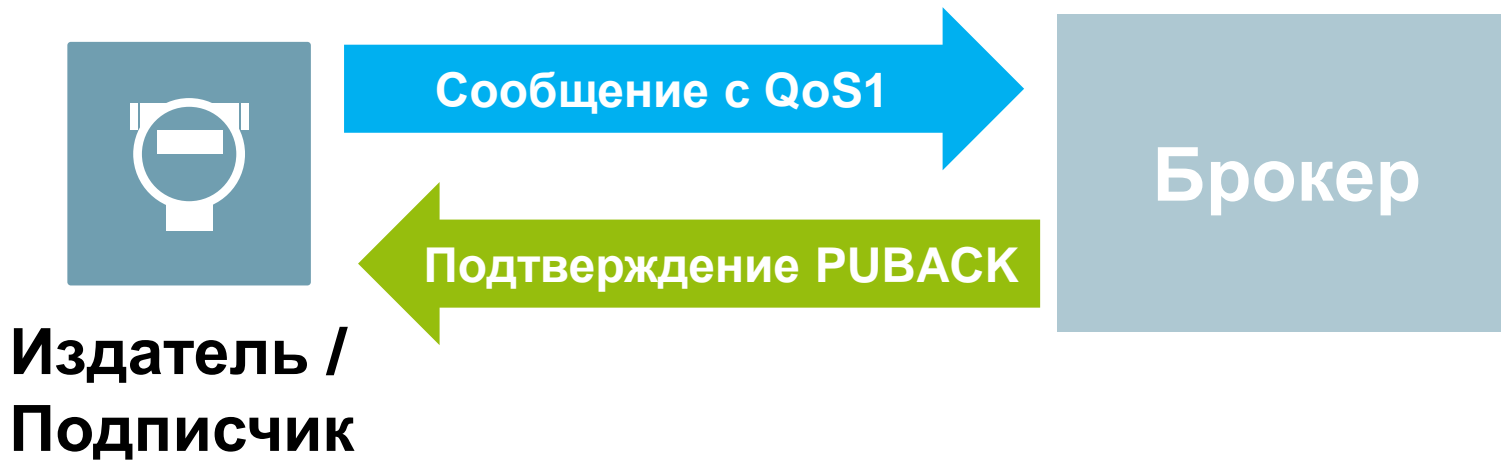
**Издатель /
Подписчик**

Сообщение с QoS0

Брокер

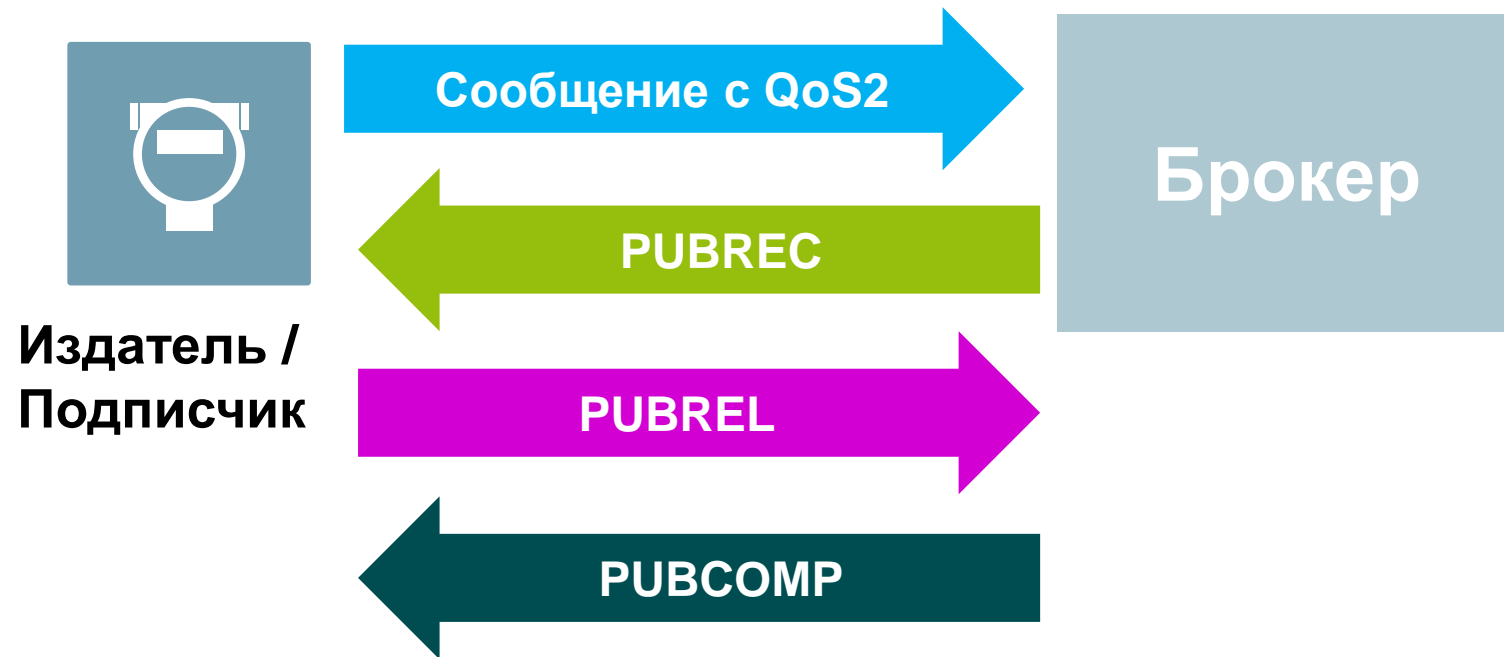
- Самый низкий приоритет
- Самый высокоэффективный
- Приемник не подтверждает получение сообщения
- Отправитель не хранит сообщение
- «От меня все пули вылетели»

MQTT – Приоритизация. QoS 1 At least once



- Сообщение доставляется минимум 1 раз
- Отправитель хранит сообщение до получения PUBACK
- Когда устройство получает сообщение с QoS1, то обрабатывает его немедленно

MQTT – Приоритизация. QoS 2 Exactly once



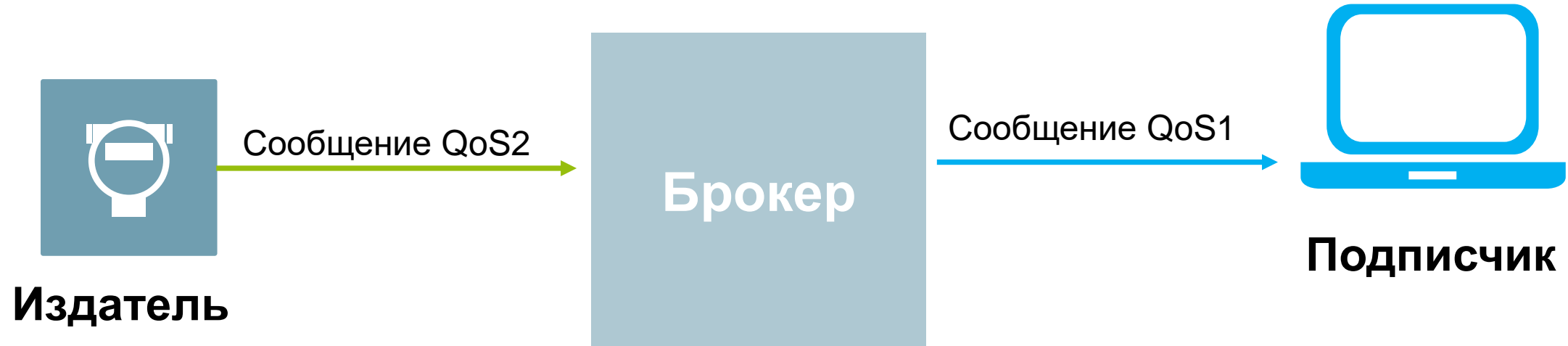
- Сообщение принимается точно 1 раз
- Безопасный и медленный

MQTT – Приоритизация. Best practises

- QoS 0
 - Соединение надежное, например проводное.
 - Потеря нескольких пакетов приемлива.
- QoS 1
 - Все пакеты нужны, но приложение умеет работать с дублированными пакетами
 - Работает быстрее
- QoS 2
 - Сообщения нужно доставлять только один раз
 - Приложение не умеет обрабатывать дублированные фреймы

MQTT – Приоритизация

- Для каждого соединения Клиент – Брокер действует свой QoS



Thank you