

# MASTERS 2015

The premier technical training conference for embedded control engineers



## LORA

# Сети передачи данных на большие расстояния LoRaWAN



**MICROCHIP**

*MASTERS 2015*

# Темы

- Интернет вещей (IoT)
- Протокол LoRaWAN™
- Модули LoRa™
- Демонстрация RN2483
- Другие протоколы



**MICROCHIP**

*MASTERS 2015*

# Темы

- **Интернет вещей (IoT)**
- **Протокол LoRaWAN™**
- **Модули LoRa™**
- **Демонстрация RN2483**
- **Другие протоколы**



# Интернет вещей ( IoT )

- **Расплывчатое определение**
  - Устройства подключены к Интернету
  - Обмен данными без участия человека
- **«Вещи» могут генерировать «Большие данные»**
  - Облачное хранение
  - Всесторонняя обработка данных и общий взгляд на ситуацию



# Интернет вещей ( IoT )

## Типы беспроводных сетей



**Персональные**

Bluetooth®



**Локальные**

Wi-Fi®



**Глобальные**

Cellular (2G, 3G, 4G-LTE)





# Интернет вещей ( IoT )

## Сеть LoRaWAN™



**Мониторинг и управление**

**Освещение**

**Сельское**

**хозяйство**

**Энергетика**

**Умный город**

**Умный дом**

**Сигнализация**



# Интернет вещей ( IoT )

## Что такое LoRa™ Alliance?

- LoRa™ Alliance (<http://lora-alliance.org/>) открытая некоммерческая организация
- **Миссия:** стандартизация малопотребляющих глобальных сетей (LPWAN)
- Члены альянса сотрудничают в продвижении на рынок протокола LoRaWAN™





**MICROCHIP**

*MASTERS 2015*

# Темы

- Интернет вещей (IoT)
- **Протокол LoRaWAN™**
- Модули LoRa™
- Демонстрация RN2483
- Другие протоколы





**MICROCHIP**

MASTERS 2015

# Протокол LoRaWAN™

- Модуляция LoRa™
- Как работает LoRaWAN™?
- Классы устройств
- Регистрация в сети
- Безопасность
- Обмен данными (Class A)
- Адаптивная скорость обмена (ADR)



**MICROCHIP**

MASTERS 2015

# Протокол LoRaWAN™

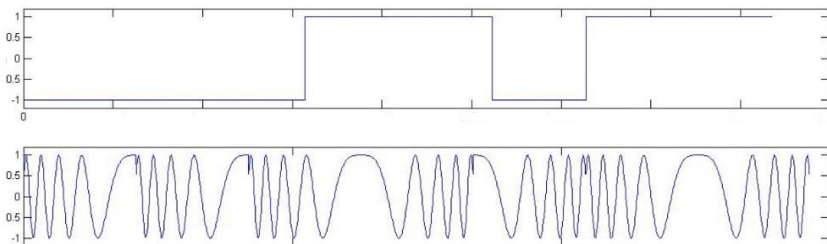
- **Модуляция LoRa™**
- Как работает LoRaWAN™?
- Классы устройств
- Регистрация в сети
- Безопасность
- Обмен данными (Class A)
- Адаптивная скорость обмена (ADR)



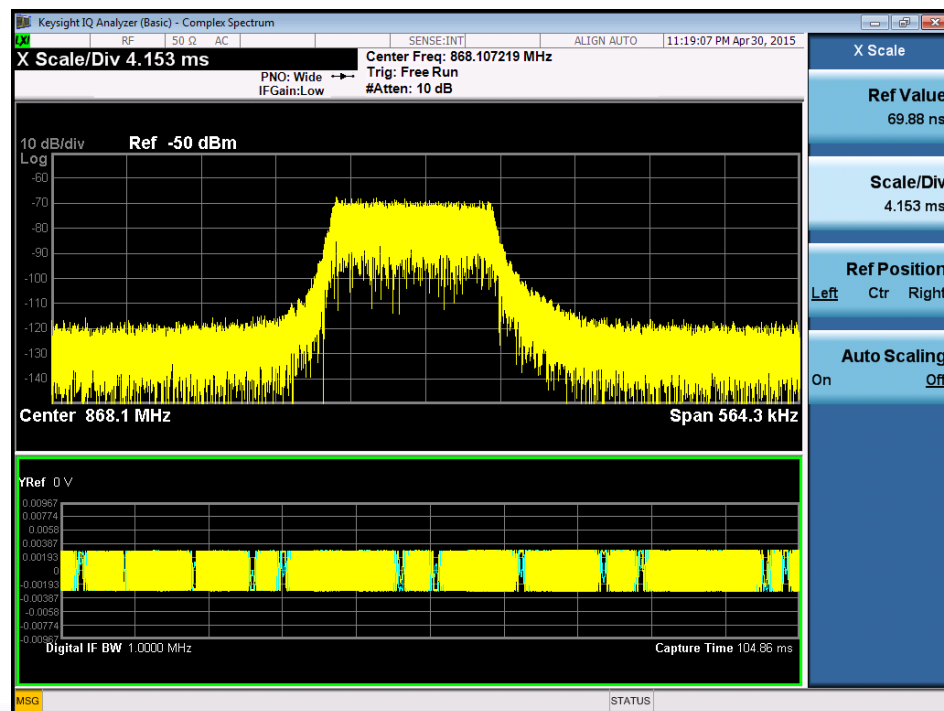
# Протокол LoRaWAN™

## Модуляция LoRa™

- Модуляция с расширением спектра
  - Обработка => увеличение чувствительности => больше радиус
  - Разработка Semtech Corporation (<http://www.semtech.com/>)
  - Основа – внутриимпульсная линейная частотная модуляция (Chirp-FM)



- Большой радиус за счет низкой скорости обмена





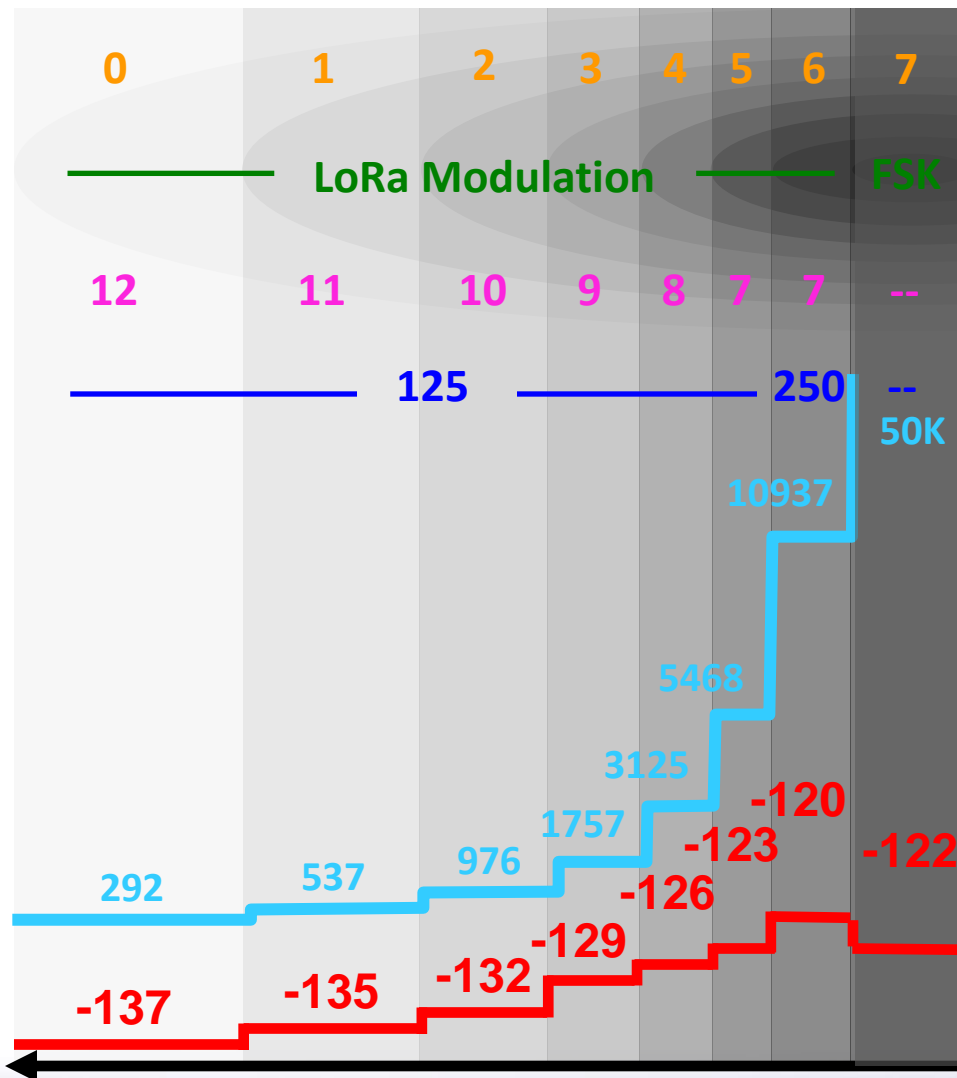
# Протокол LoRaWAN™

## Модуляция LoRa™

- **Коэффициент SF (Spreading Factor)**
  - Значения:  
**7, 8, 9, 10, 11, 12**
  - Больше число – бОльшая энергия на бит; большая возможность **обработки**, но большее время в эфире
- **Полоса (BW)**
  - Значения:  
**125, 250, 500 КГц**
  - Для заданного SF, узкая полоса => увеличение чувствительности
- **Прямая коррекция ошибок (FEC)**
  - Избыточное кодирование позволяет находить и корректировать ошибки, увеличивая надежность передачи

# Протокол LoRaWAN™

## Модуляция LoRa™ (Европа)



Скорость обмена (DR)

Модуляция

Коэф. SF

Полоса, КГц

Физ. скорость, бит/с

Чувствительность, дБм

Радиус действия



# Протокол LoRaWAN™

## Модуляция LoRa™ (Европа)

### Наибольшая дальность

- **Data Rate (DR) = 0**
  - Модуляция LoRa™
  - Коэффициент SF = 12
  - Полоса = 125 КГц
  - Кодирование = 4/5
- **Скорость = 292 бит/с**
- **Макс. объем полезных данных = 51 байт**
  - Время в эфире = 2466 мс



# Протокол LoRaWAN™

## Модуляция LoRa™ (Европа)

### Наивысшая скорость обмена

- **Data Rate (DR) = 6**
  - Модуляция LoRa™
  - Коэффициент SF = 7
  - Полоса = 250 КГц
  - Кодирование = 4/5
- **Скорость = 10937 бит/с**
- **Макс. объем полезных данных = 222 байта**
  - Время в эфире = 185 мс



# Протокол LoRaWAN™

## Модуляция LoRa™ (Европа)

Наивысшая скорость на модуляции **GFSK**

- **Data Rate (DR) = 7**
  - Модуляция FSK
- **Скорость = 50 Кбит/с**
- **Макс. объем полезных данных = 222 байта**
  - **Время в эфире = 39 мс**



# Протокол LoRaWAN™

## Модуляция LoRa™ (Европа)

- **Нелицензируемый диапазон**
  - 868 МГц
  - Каналы выбираются на усмотрение владельца сети LoRaWAN
  - Три обязательных канала к прослушиванию на всех шлюзах:

Modulation	Bandwidth [kHz]	Channel Frequency [MHz]	FSK Bitrate or LoRa DR / Bitrate	Nb Channels	Duty cycle
LoRa	125	868.10 868.30 868.50	DR0 to DR5 / 0.3-5 kbps	3	<1%



**MICROCHIP**

**MASTERS 2015**

# Протокол LoRaWAN™

- Модуляция LoRa™
- **Как работает LoRaWAN™?**
- Классы устройств
- Регистрация в сети
- Безопасность
- Обмен данными (Class A)
- Адаптивная скорость обмена (ADR)



# Протокол LoRaWAN™

## Как работает LoRaWAN™?

- **Малопотребляющая глобальная сеть (LPWAN)**

- Двухнаправленный обмен
- Топология «звезда»
- Низкая скорость
- Низкая цена
- Долгая работа от батарей

**Простая архитектура сети:**

- **Без ретрансляторов**
- **Без mesh-связей**

- **Области применения:**

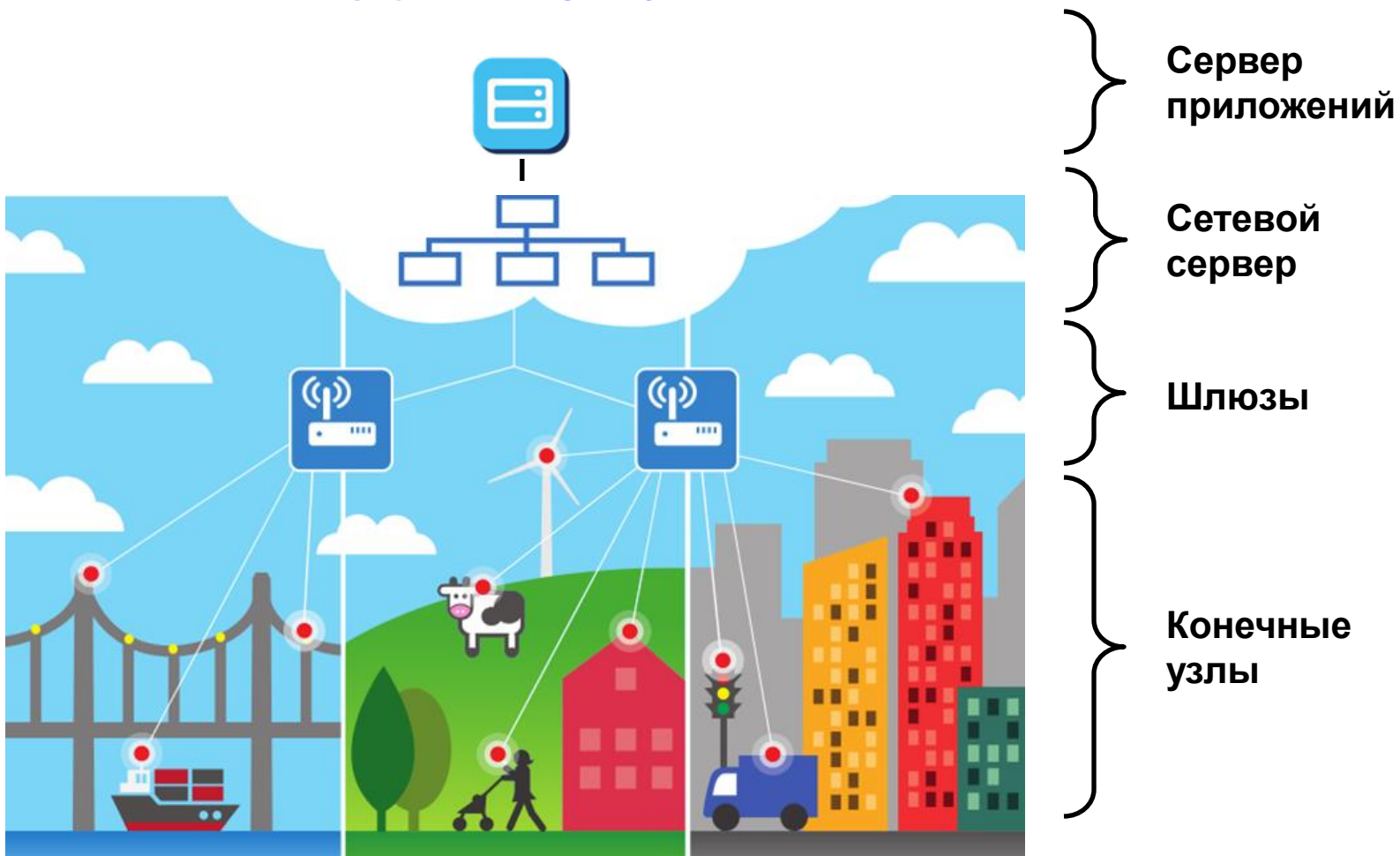
- Интернет вещей (IoT)
- Межмашинное взаимодействие (M2M)
- Промышленная автоматизация
- Малопотребляющие приложения
- Автономные датчики
- Умный город
- Сбор данных со счетчиков (AMR, АСКУЭ)
- Сельское хозяйство

<http://lora-alliance.org/What-Is-LoRa/Technology>



# Протокол LoRaWAN™

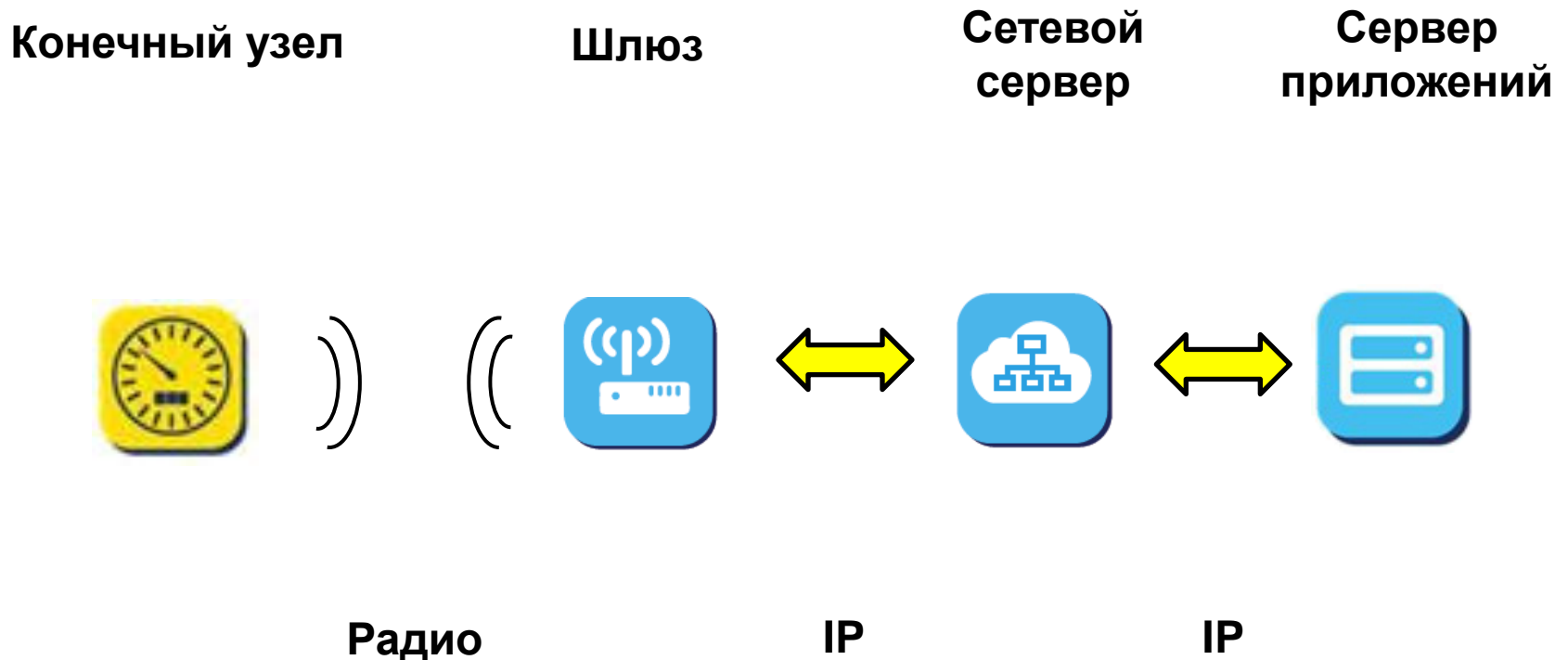
## Сеть LoRaWAN™



# Протокол LoRaWAN™

Как работает LoRaWAN™?

## Физический обмен

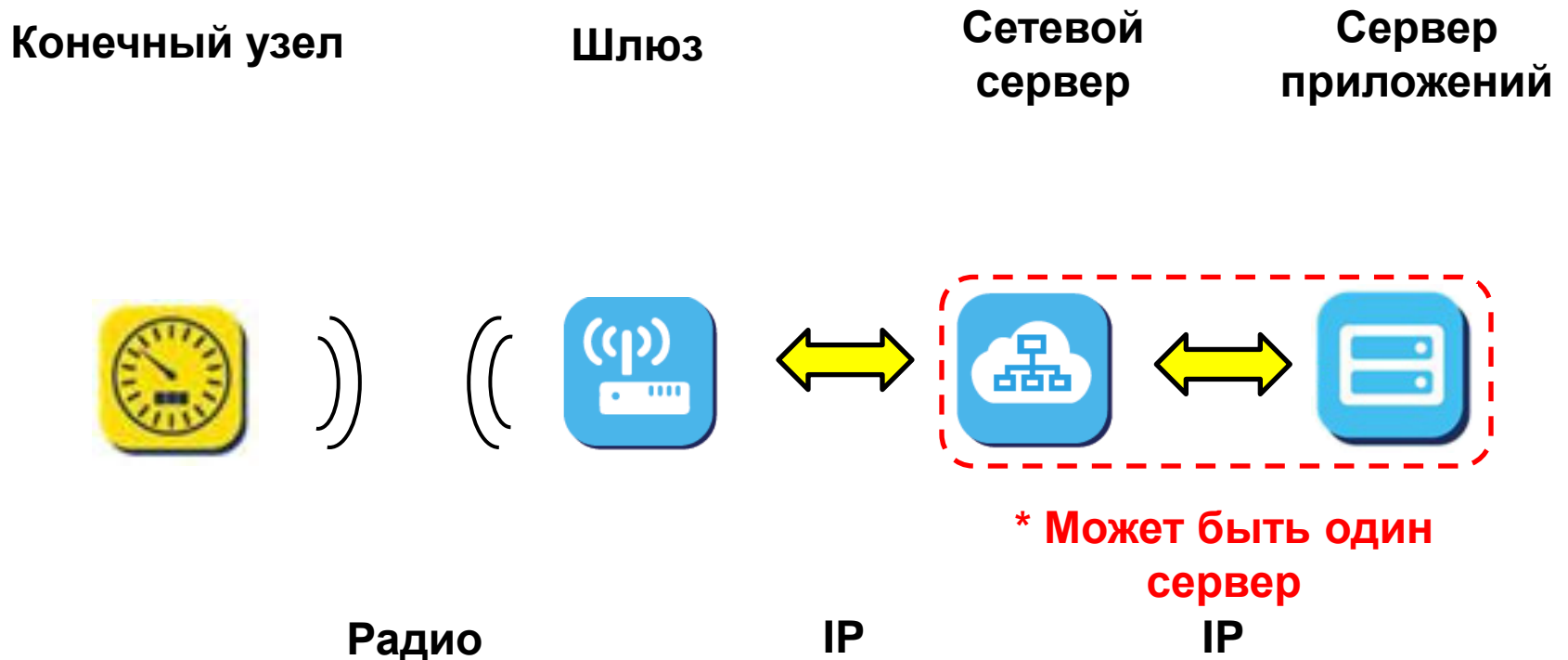


Продвинутая сетевая топология

# Протокол LoRaWAN™

## Как работает LoRaWAN™?

### Физический обмен

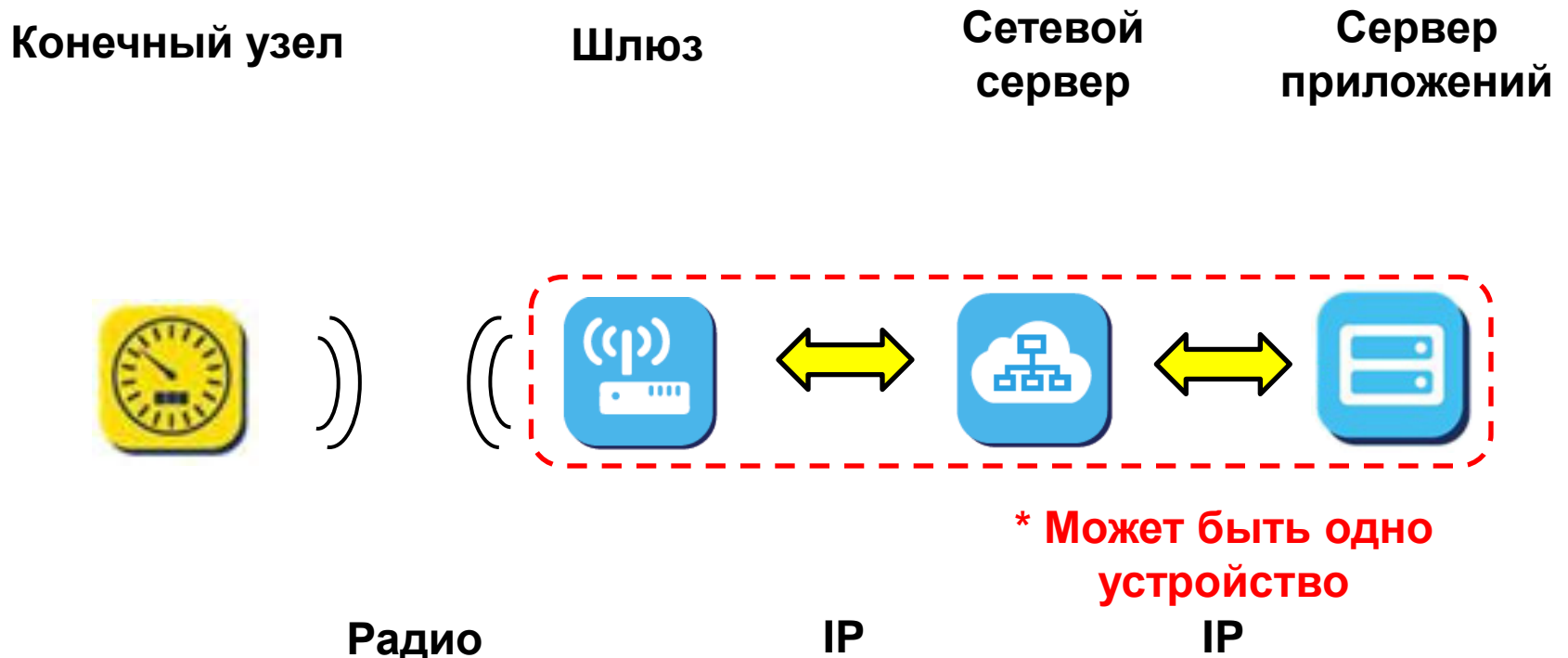


## Продвинутая сетевая топология

# Протокол LoRaWAN™

Как работает LoRaWAN™?

## Физический обмен

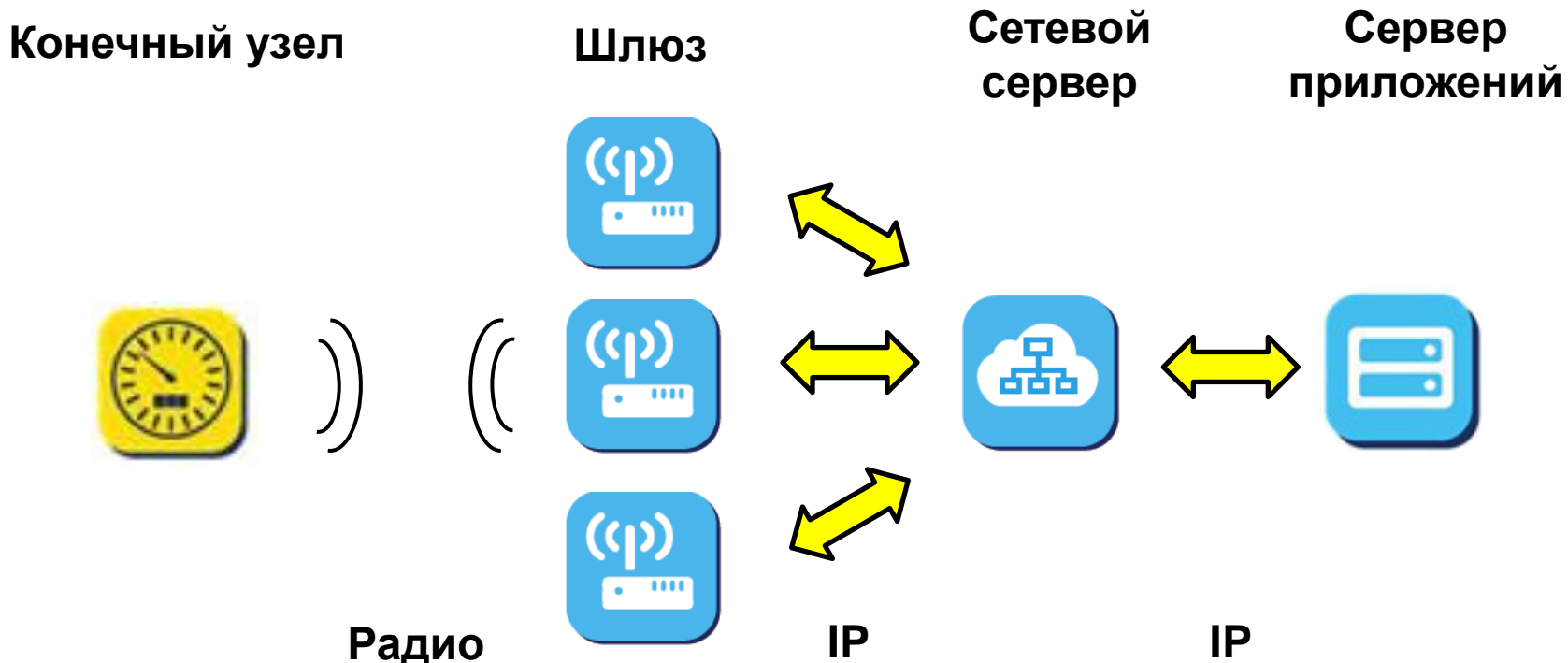


Продвинутая сетевая топология

# Протокол LoRaWAN™

## Как работает LoRaWAN™?

### Физический обмен



### Продвинутая сетевая топология

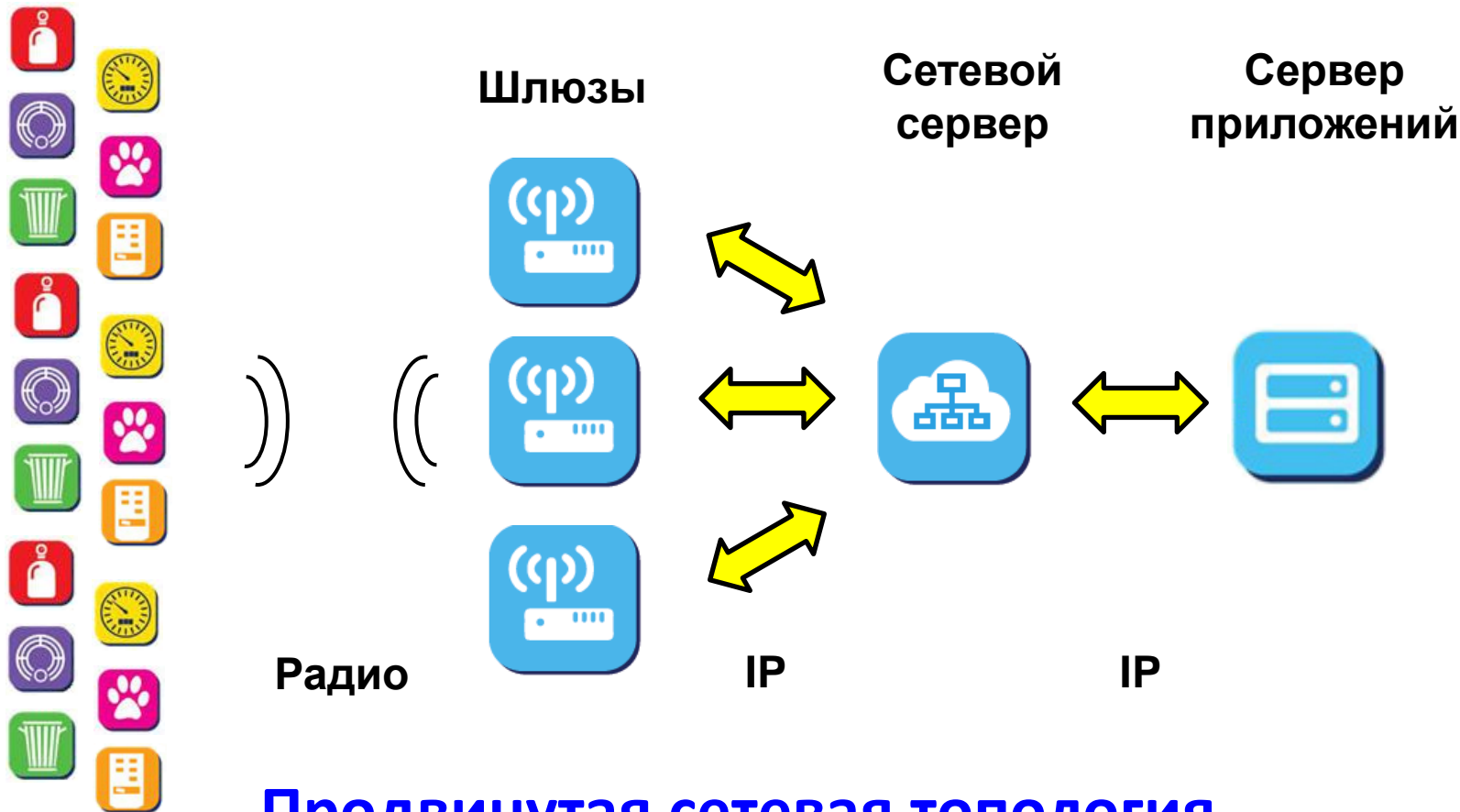


# Протокол LoRaWAN™

## Как работает LoRaWAN™?

Конечные узлы

## Физический обмен



# Протокол LoRaWAN™

## Как работает LoRaWAN™?

### Конечные узлы **Физический обмен**



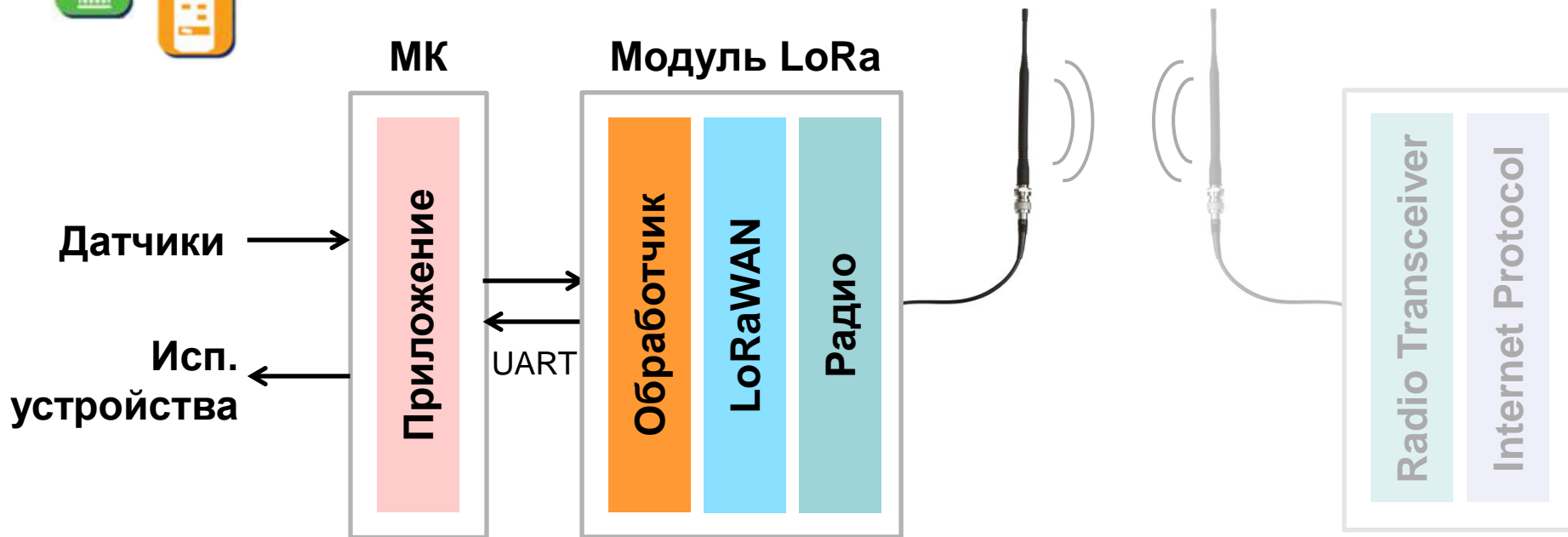
### Продвинутая сетевая топология

# Протокол LoRaWAN™

## Конечный узел



- «Вещь»
- Прямой обмен с одним или несколькими **шлюзами**

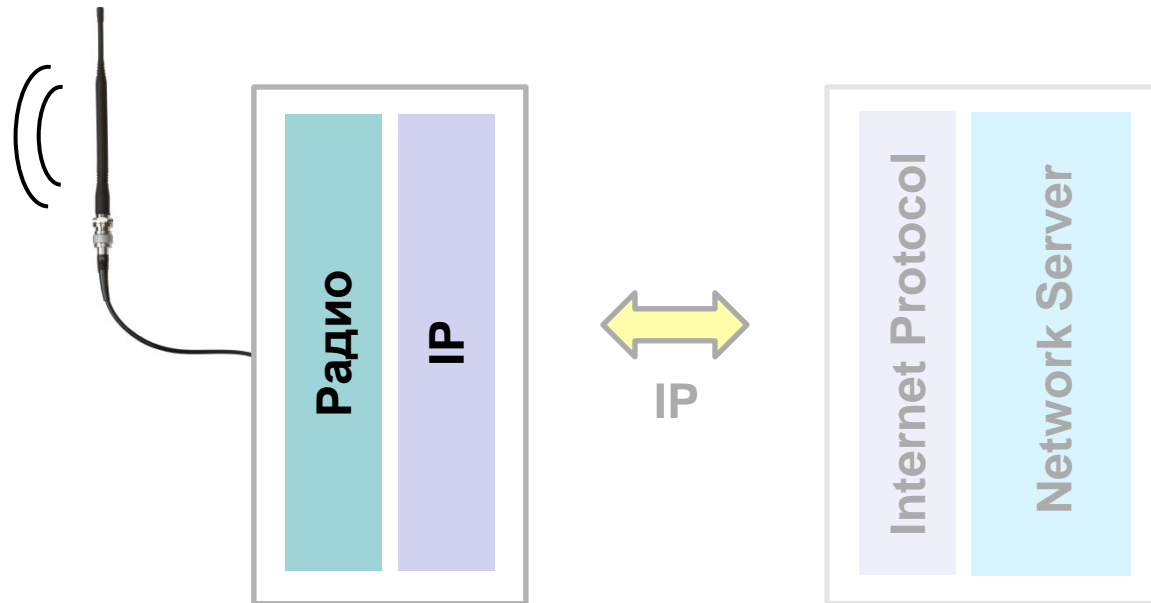


# Протокол LoRaWAN™

## Шлюз



- Интерфейс между радио LoRa и остальной сетью
- Данные проходят **шлюз** «насквозь»
- Подключен к **сетевому серверу** по стандартному IP соединению



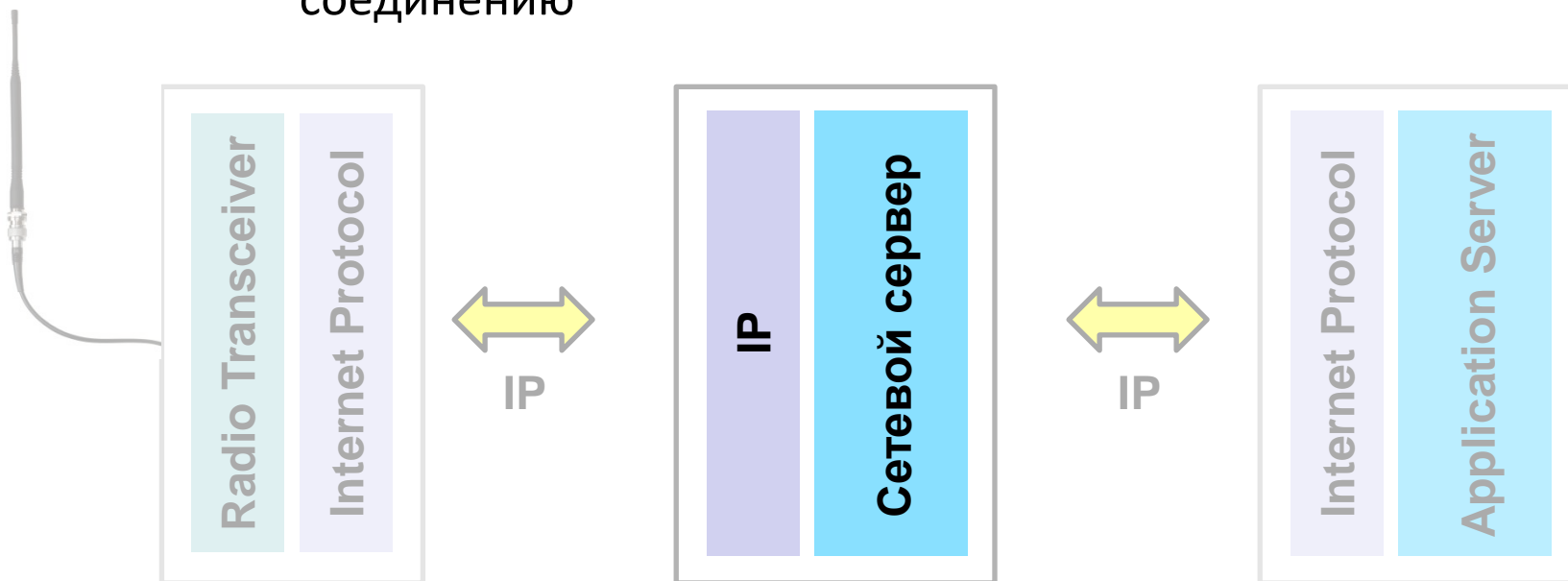


# Протокол LoRaWAN™

## Сетевой сервер



- **Сетевой сервер** идентифицирует данные
- Пользовательские данные посылаются на **сервер приложений**
- Подключен к **серверу приложений** по стандартному IP соединению



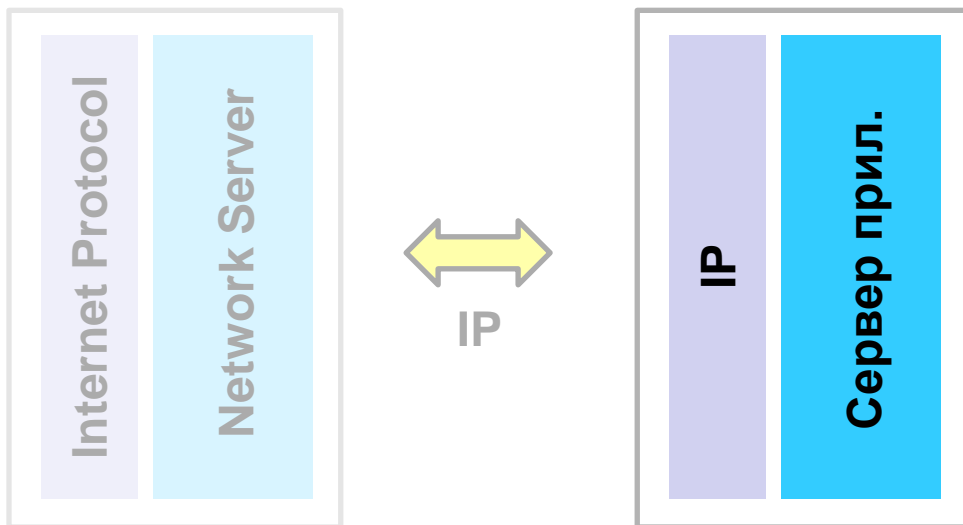


# Протокол LoRaWAN™

## Сервер приложений



- Получатель данных
- **Сервер приложений** расшифровывает данные
- Несколько **серверов приложений** могут быть в одной сети LoRaWAN



**Пример: Каждый сервер приложений обрабатывает свои данные**



**Счетчик**



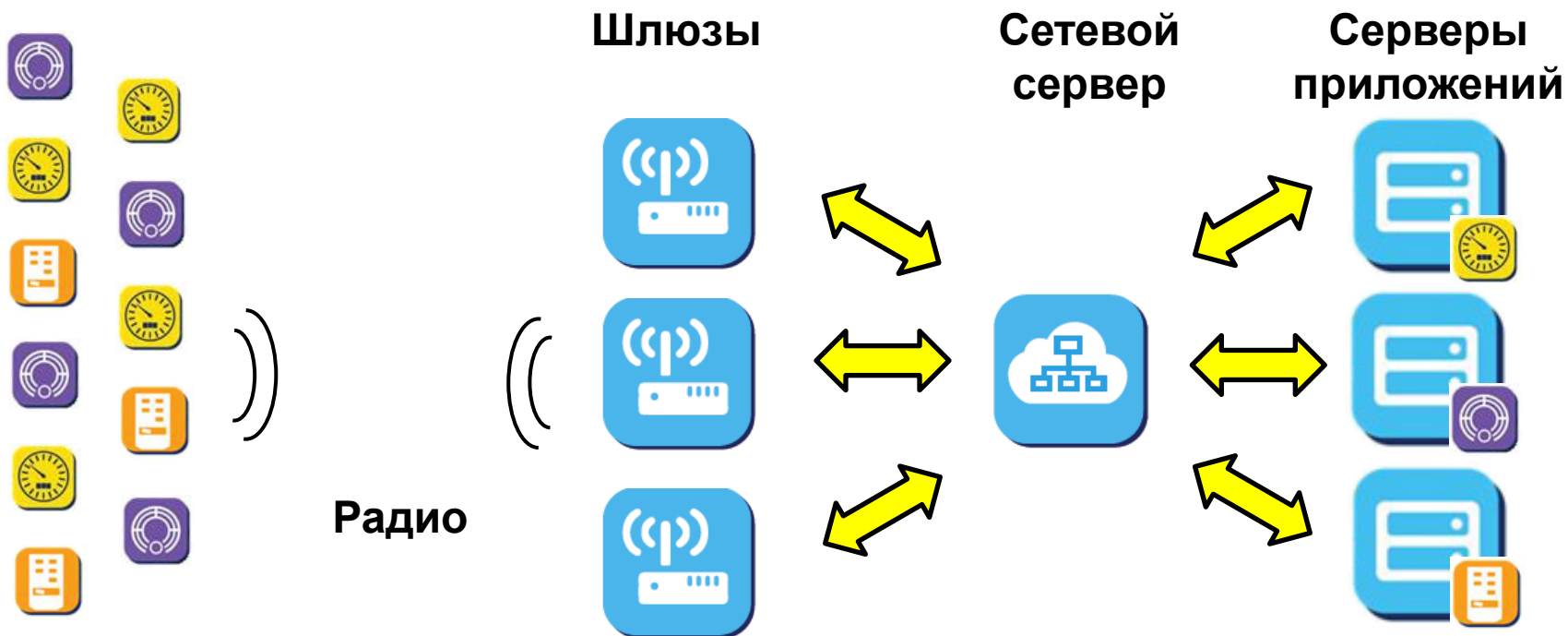
**Торговый автомат**



**Датчик дыма**

# Протокол LoRaWAN™

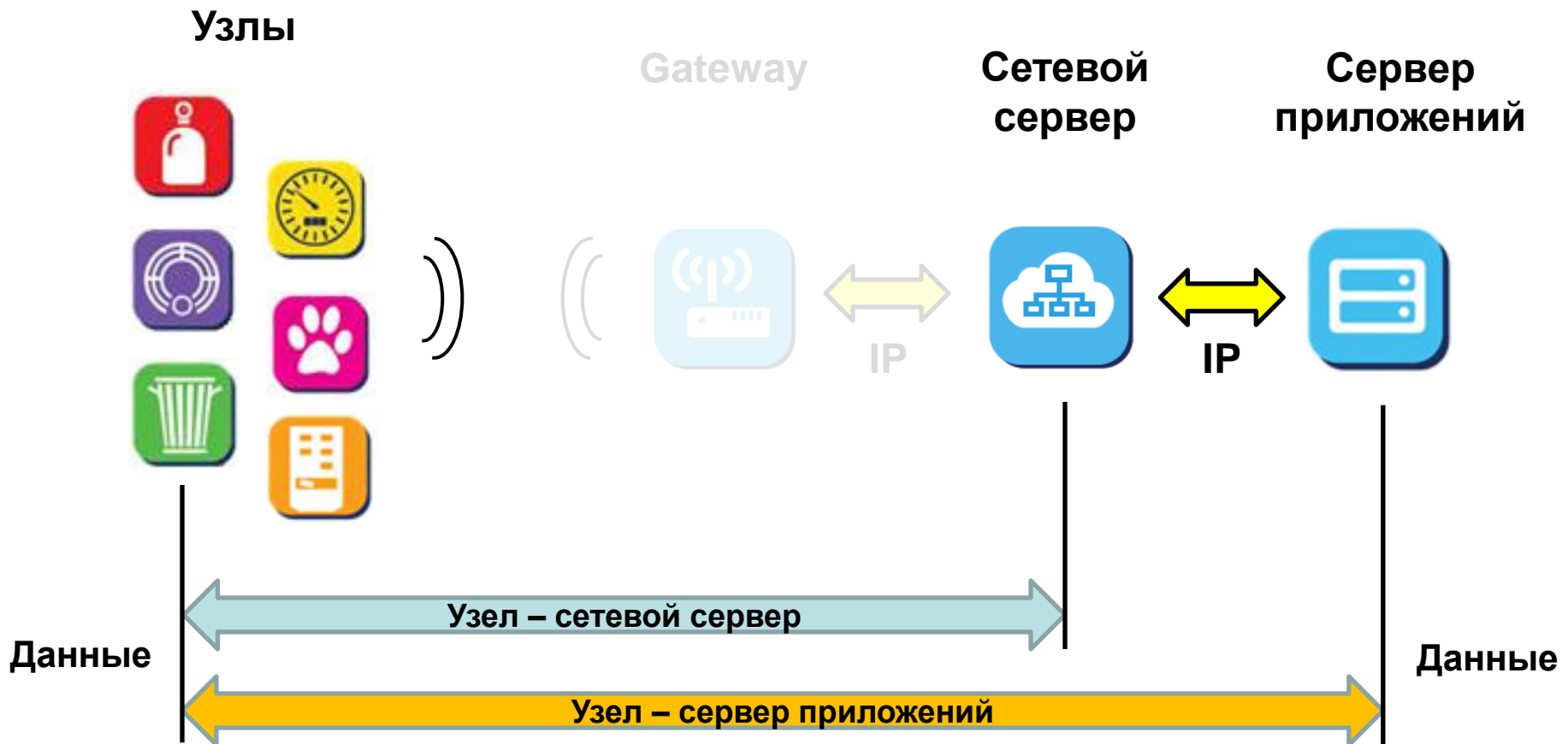
## Несколько серверов приложений



# Протокол LoRaWAN™

## Как работает LoRaWAN™?

### Логический обмен (программная модель)







**MICROCHIP**  
MASTERS 2015

# Протокол LoRaWAN™

- Модуляция LoRa™
- Как работает LoRaWAN™?
- **Классы устройств**
- Регистрация в сети
- Безопасность
- Обмен данными (Class A)
- Адаптивная скорость обмена (ADR)



# Протокол LoRaWAN™

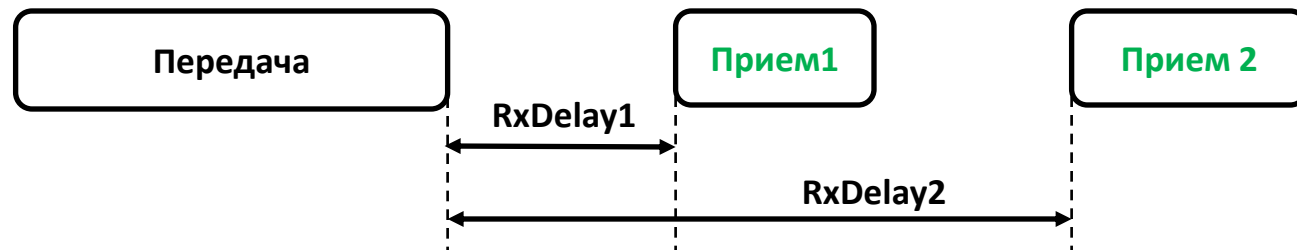
## Классы конечных устройств

- Каждый класс имеет разные особенности из-за **ОПТИМИЗАЦИИ**:
  - Батарейное питания – Class A
  - Низкая задержка в обмене – Class B
  - Без задержки – Class C

# Протокол LoRaWAN™

## Классы конечных устройств

- **Узел с батарейным питанием – Class A**
  - Двухнаправленный обмен
  - Адресные сообщения
  - Малый объем данных
  - Большие интервалы между сообщениями
  - Узел инициирует обмен
  - Сервер соединяется с узлом только в определенные моменты времени





# LoRaWAN™ Network Protocol

## Классы конечных устройств

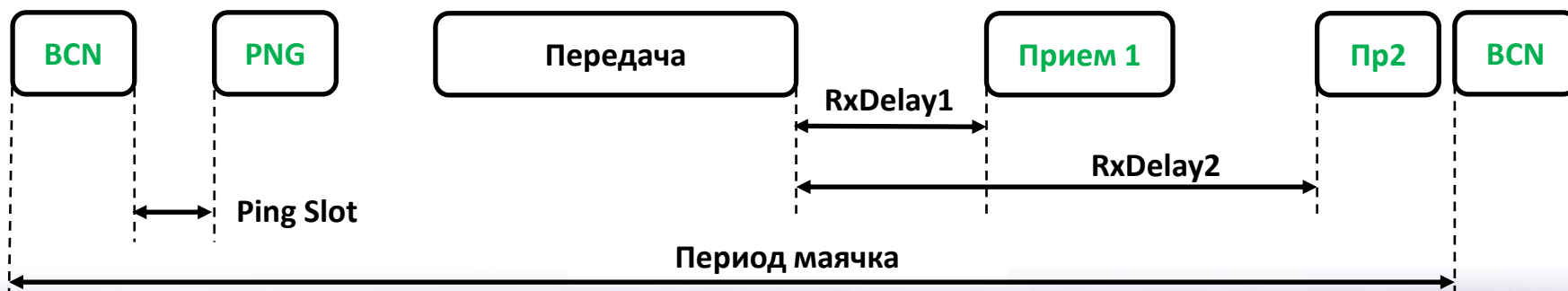
- **Узел с батарейным питанием – Class A**
  - **Плюсы**
    - Наименьшее потребление = долгая работа батареи
    - Обмен контролируется узлом
  - **Минусы**
    - Большая задержка в обмене
- **Пример**
  - Сенсор с батарейным питанием



# Протокол LoRaWAN™

## Классы конечных устройств

- Низкая задержка в обмене – Class B
  - Двухнаправленный обмен с фиксированным расписание приема
  - Адресный и мультиадресный обмен
  - Малый объем данных
  - Большие интервалы между сообщениями
  - Периодические маяки от шлюза
  - Более широкое окно приема
  - Сервер может инициировать обмен в определенные моменты времени





# Протокол LoRaWAN™

## Классы конечных устройств

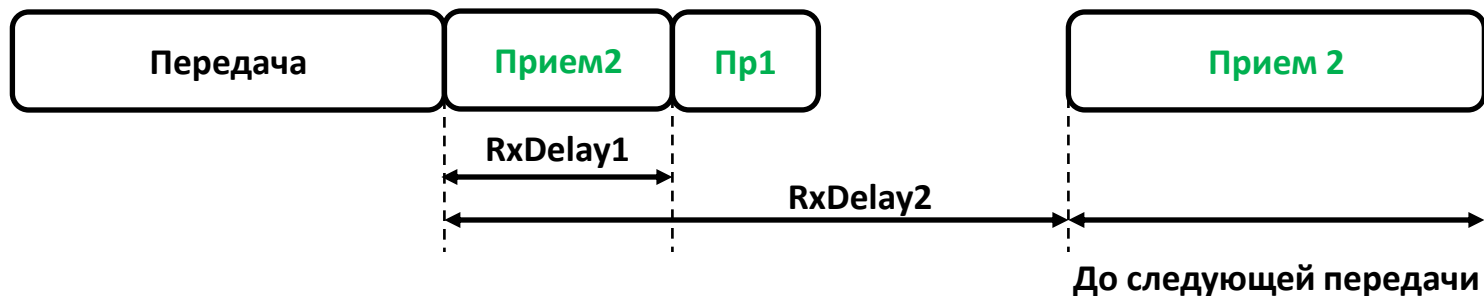
- **Низкая задержка в обмене – Class B**
  - **Плюсы**
    - Детерминированная задержка
  - **Минусы**
    - Более высокое энергопотребление
- **Пример**
  - Батарейное устройство с исполнительными механизмами

# Протокол LoRaWAN™

## Классы конечных устройств

- **Без задержки – Class C**

- Двухнаправленный обмен
- Адресный и мультиадресный обмен
- Малый объем данных
- Сервер может инициировать обмен в любой момент времени
- Узел всегда находится в приеме





# Протокол LoRaWAN™

## Классы конечных устройств

- **Без задержки – Class C**
  - **Плюсы**
    - Малая задержка обмена
    - Узел всегда в приеме
  - **Минусы**
    - Самое большое потребление
- **Пример**
  - Устройство с сетевым питанием





**MICROCHIP**

MASTERS 2015

# Протокол LoRaWAN™

- Модуляция LoRa™
- Как работает LoRaWAN™?
- Классы устройств
- **Регистрация в сети**
- Безопасность
- Обмен данными (Class A)
- Адаптивная скорость обмена (ADR)



# Протокол LoRaWAN™

## Регистрация в сети

- **Перед началом обмена устройство должно быть активировано**
- **Необходимы следующие данные:**
  - Адрес устройства (DevAddr)
  - Сетевой сессионный ключ (NwkSKey)
  - Сессионный ключ приложения (AppSKey)

Подробнее о процедуре...



# Протокол LoRaWAN™

## Регистрация в сети

- **Адрес устройства (DevAddr)**
  - 32-битный
  - Уникальный в пределах сети
  - Присутствует в каждом пакете
  - Вся логическая цепочка его знает (узел, сетевой сервер, сервер приложений)
- **Идентифицирует узел в сети, используется для шифрования данных**



# Протокол LoRaWAN™

## Регистрация в сети

- **Сетевой сессионный ключ (NwkSKey)**
  - 128-битный ключ для AES
  - Уникальный на узле
  - Используется в обмене узел <-> сетевой сервер
- **Обеспечивает целостность передаваемых сообщений**
- **Безопасность данных на уровне узел <-> сетевой сервер**



# Протокол LoRaWAN™

## Регистрация в сети

- **Сессионный ключ приложения (AppSKey)**
  - 128-битный ключ для AES
  - Уникальный на узле
  - Используется в обмене узел <-> сервер приложений
  - Используется для шифрования пользовательских данных
- **Безопасность данных на уровне узел <-> сервер приложений**

# Протокол LoRaWAN™

## Регистрация в сети

- **Обмен указанной информацией возможен двумя путями:**

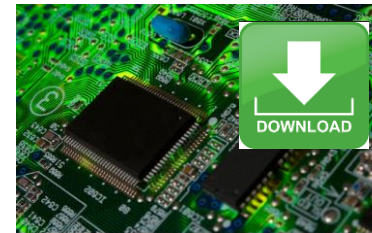
### Over-the-Air Activation (OTAA)

- На основе глобального идентификатора
- По радиоканалу



### Activation By Personalization (ABP)

- Ключи прошиваются при производстве
- Работа только в определенной сети





# Протокол LoRaWAN™

## Регистрация в сети



### Over-the-Air-Activation (OTAA)

- Узел передает серверу приложений **Запрос на подключение** содержащий:
  - Глобальный идентификатор (DevEUI)
  - Идентификатор приложения (AppEUI)
  - Ключ аутентификации приложения (AppKey)
- В ответ сервер приложений посылает узлу **Разрешение на подключение**

# Протокол LoRaWAN™

## Регистрация в сети



### Over-the-Air-Activation (OTAA)

- Узел аутентифицирует **Разрешение на подключение**
- Узел расшифровывает **Разрешение на подключение**
- Узел извлекает и запоминает **Адрес устройства (DevAddr)**
- Узел извлекает:
  - **Сетевой сессионный ключ (NwkSKey)**
  - **Сессионный ключ приложения (AppSKey)**

} **Секретные**





# Протокол LoRaWAN™

## Регистрация в сети



### Activation By Personalization (ABP)

- На этапе производства задаются:
  - Адрес устройства (DevAddr)
  - Сетевой сессионный ключ (NwkSKey)
  - Сессионный ключ приложения (AppSKey)
- Нет обмена этими данными в эфире
- Узел готов к работе в своей сети сразу
- Итог один и тот же – узел знает три этих значения



**MICROCHIP**  
*MASTERS 2015*

# Протокол LoRaWAN™

- Модуляция LoRa™
- Как работает LoRaWAN™?
- Классы устройств
- Регистрация в сети
- **Безопасность**
- Обмен данными (Class A)
- Адаптивная скорость обмена (ADR)

# Протокол LoRaWAN™

## Безопасность

### Логический обмен (программная модель)

Узлы



Gateway



Сетевой сервер



Сервер приложений



IP



IP

Радио



Сетевой ключ (NwkSKey)



Ключ приложения (AppSKey)

Приложение

Приложение

Данные

Данные



# Протокол LoRaWAN™

## Безопасность

- **На основе стандарта 802.15.4**
  - AES-128
- **Расширения**
  - Сетевой ключ (NwkSKey)
  - Ключ приложения (AppSKey)
  - Сетевой сервер аутентифицирует данные
  - Но не может их расшифровать



**MICROCHIP**

MASTERS 2015

# Протокол LoRaWAN™

- Модуляция LoRa™
- Как работает LoRaWAN™?
- Классы устройств
- Регистрация в сети
- Безопасность
- **Обмен данными (Class A)**
- Адаптивная скорость обмена (ADR)

# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

- Исходящее сообщение

- Узел посылает данные Сетевому серверу через один из многих Шлюзов

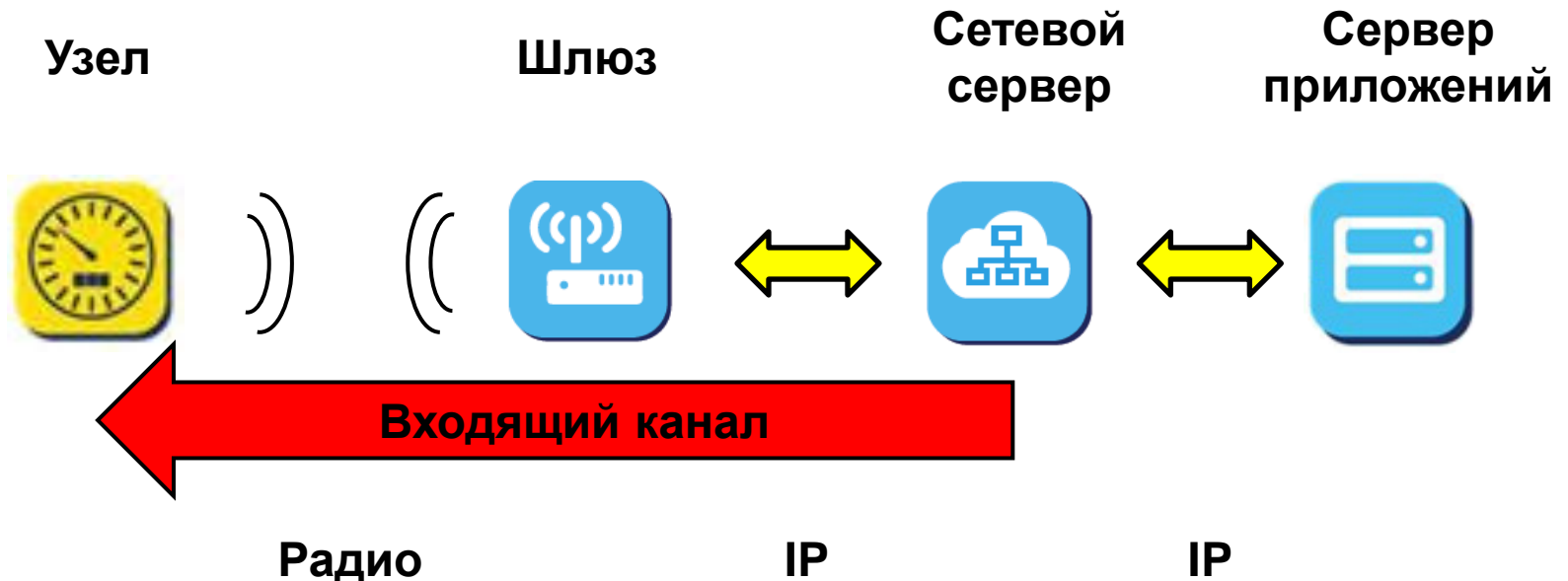


# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

- **Входящее сообщений**

- Посылается **Сетевым сервером** конкретному **Узлу** через конкретный **Шлюз**





# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение без квитирования

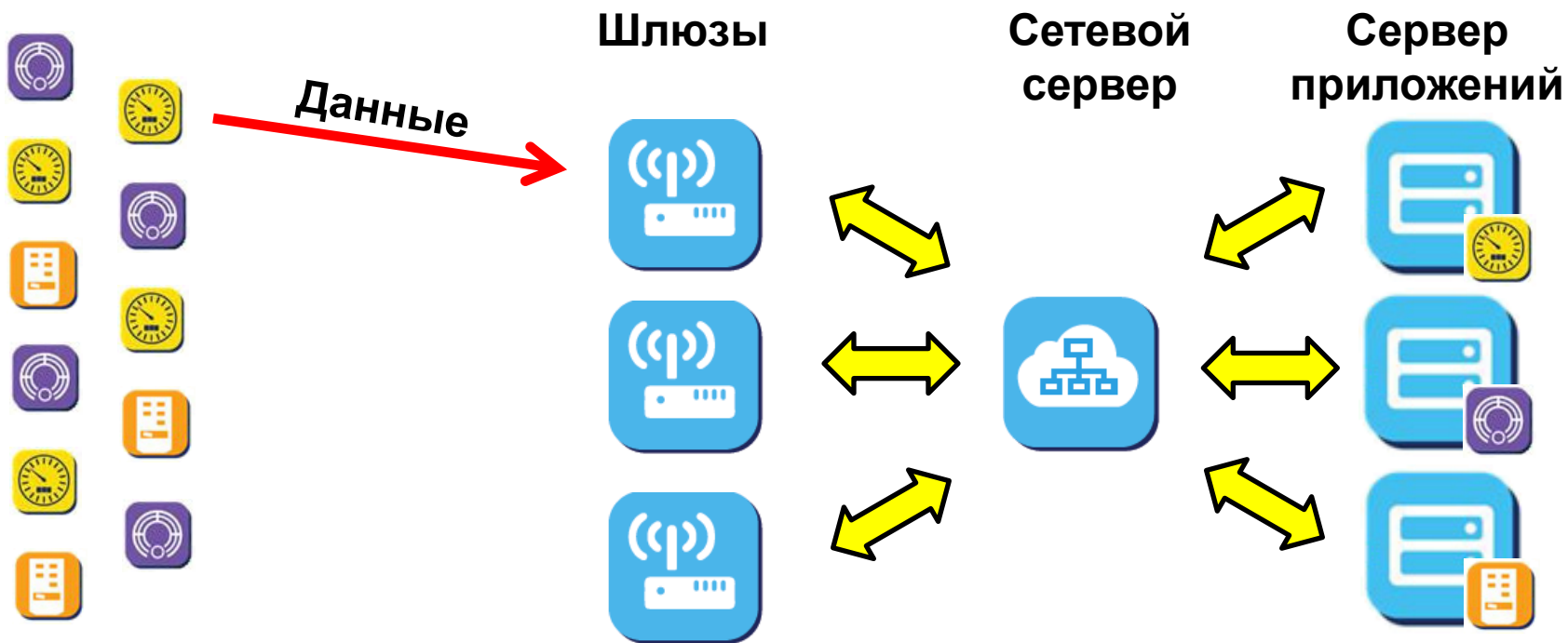
**Узел не требует получения подтверждения  
своего сообщения приложением  
(наиболее частая ситуация)**



# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение без квитирования

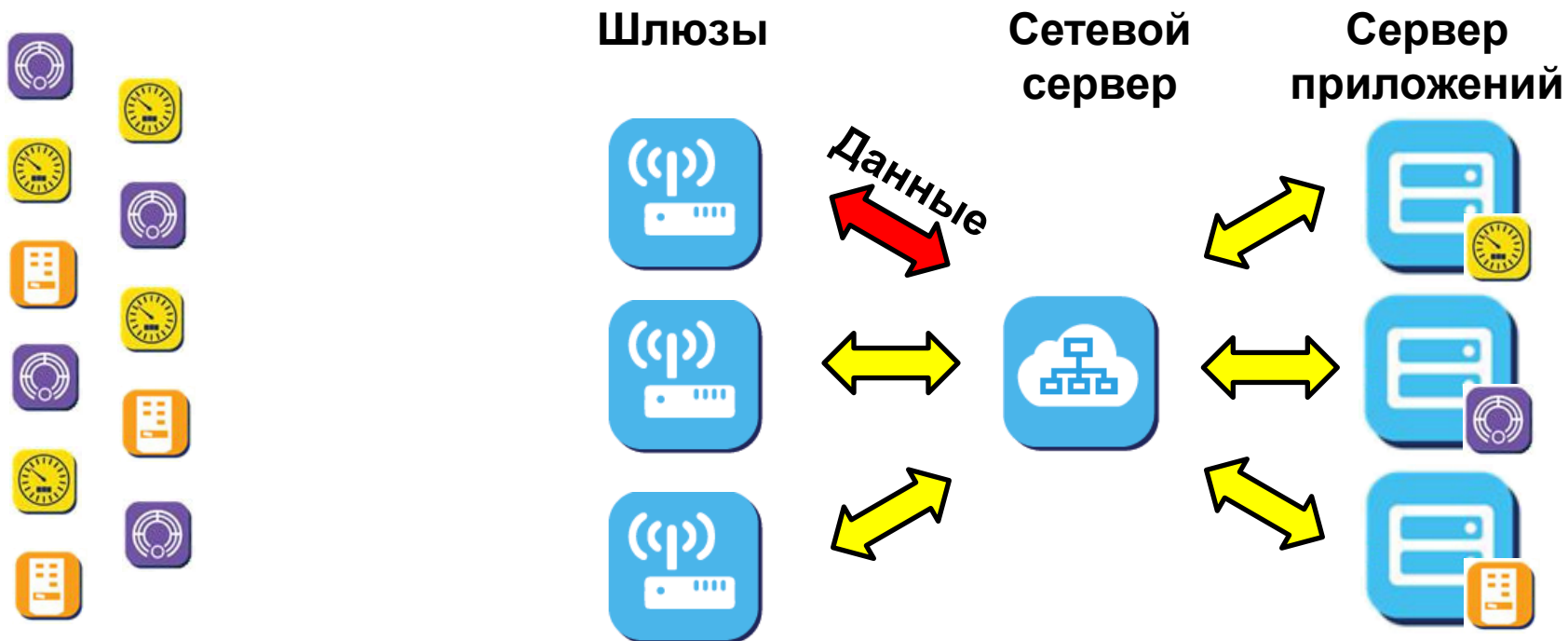


1. Электросчетчик передает данные

# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение без квитирования

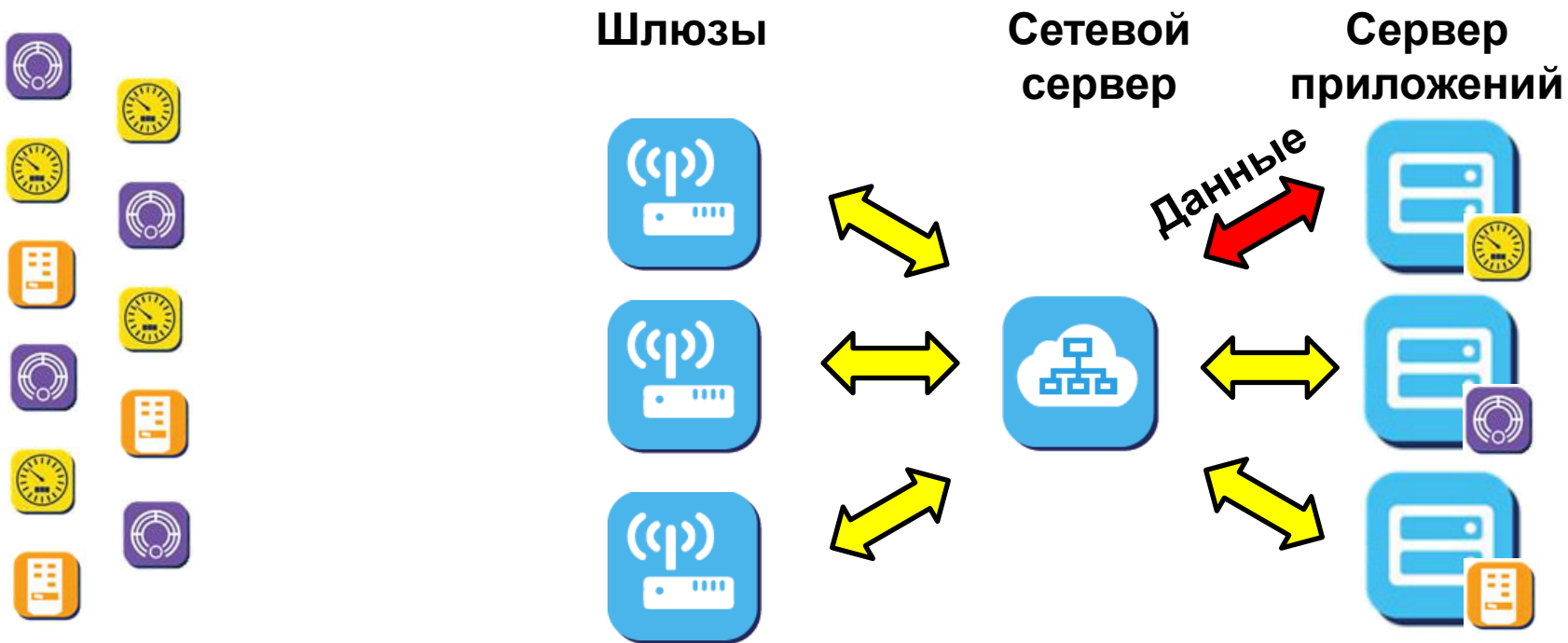


**2. Шлюз принимает данные и передает их на сетевой сервер**

# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение без квитирования

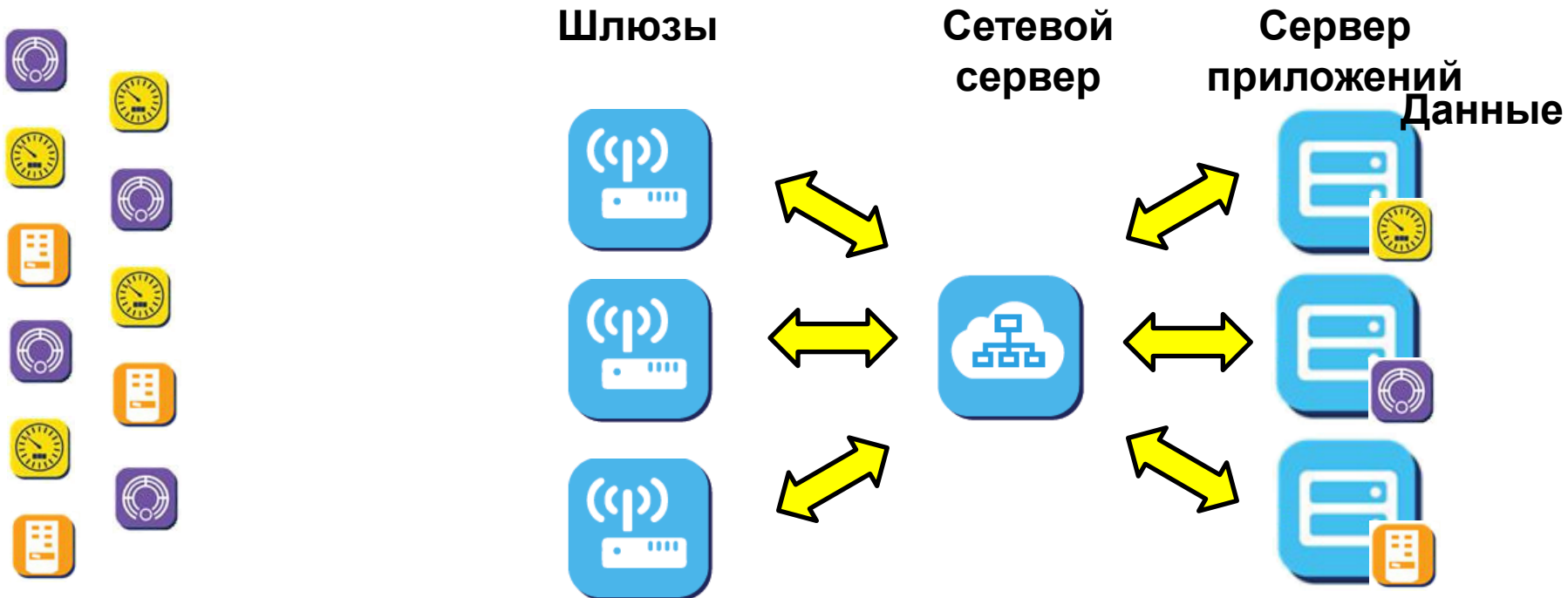


3. Сетевой сервер аутентифицирует данные и передает их на конкретный сервер приложений (Электросчетчики)

# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение без квитирования



4. Сервер приложений расшифровывает данные



# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

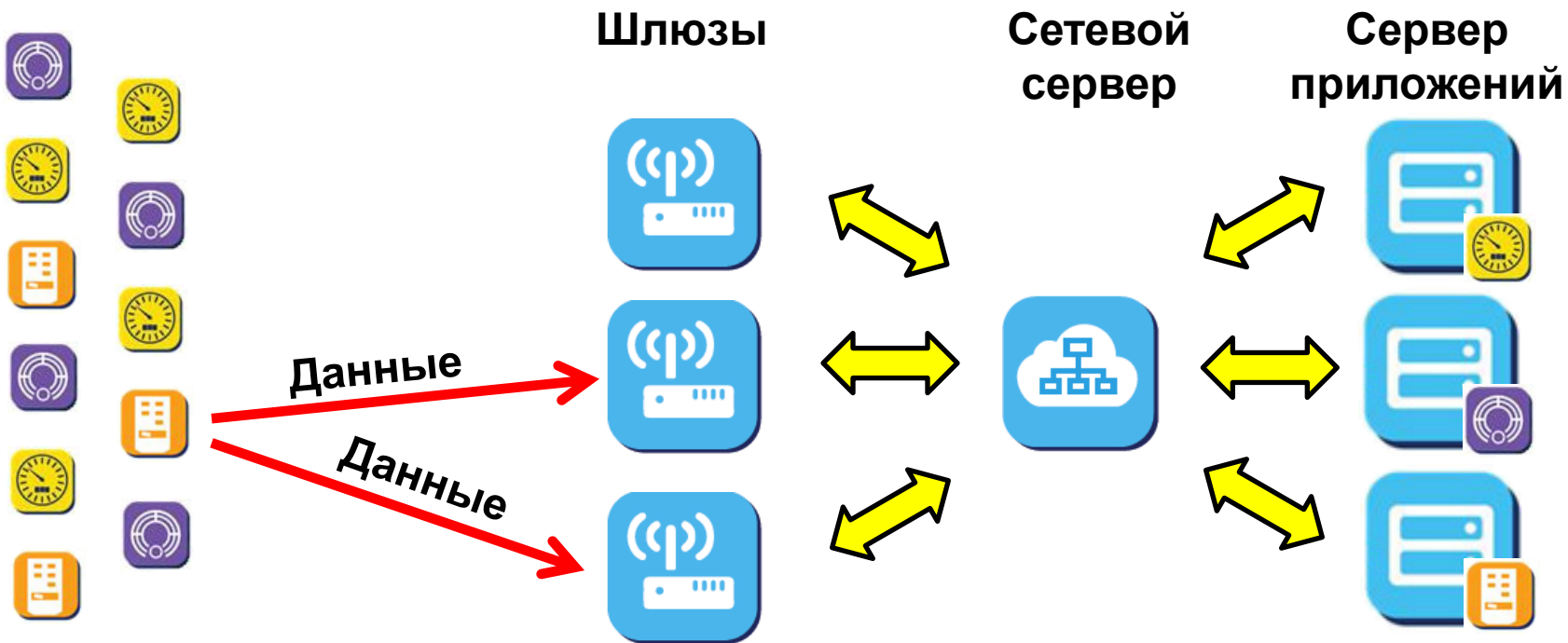
### Сообщение с подтверждением

**Узел хочет удостовериться, что сервер приложений получил данные**

# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение с подтверждением



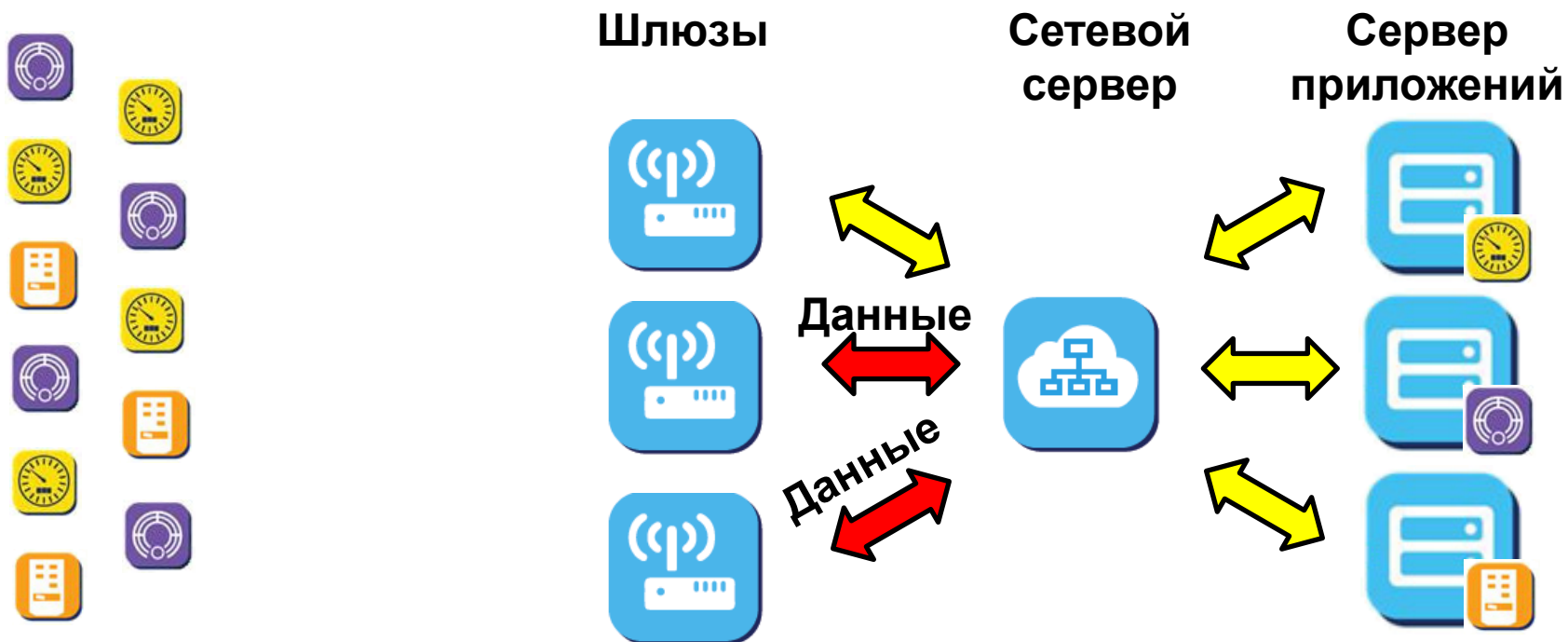
**1. Торговый аппарат посылает данные, которые принимаются двумя шлюзами**



# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение с подтверждением



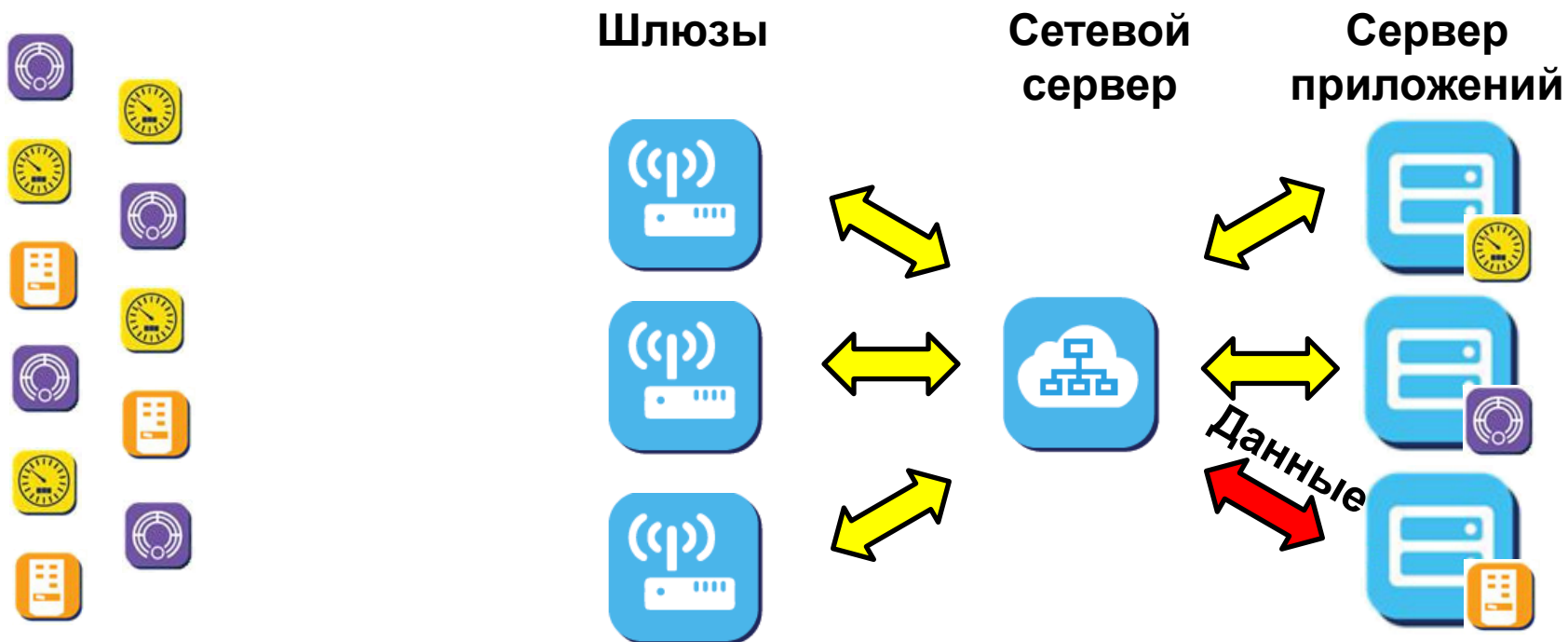
2. Оба шлюза пересылают пакет на сетевой сервер



# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение с подтверждением



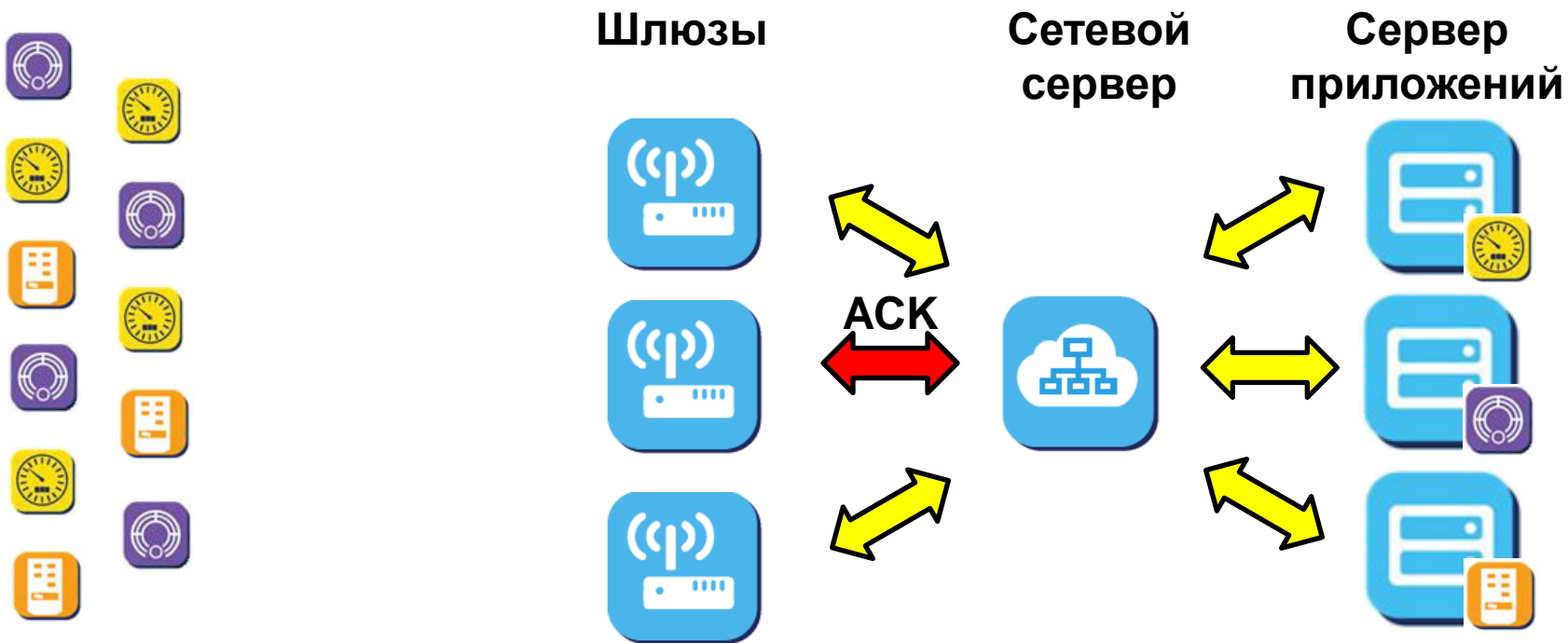
**3. Сетевой сервер пересылает аутентифицированные данные нужному серверу приложений**



# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение с подтверждением

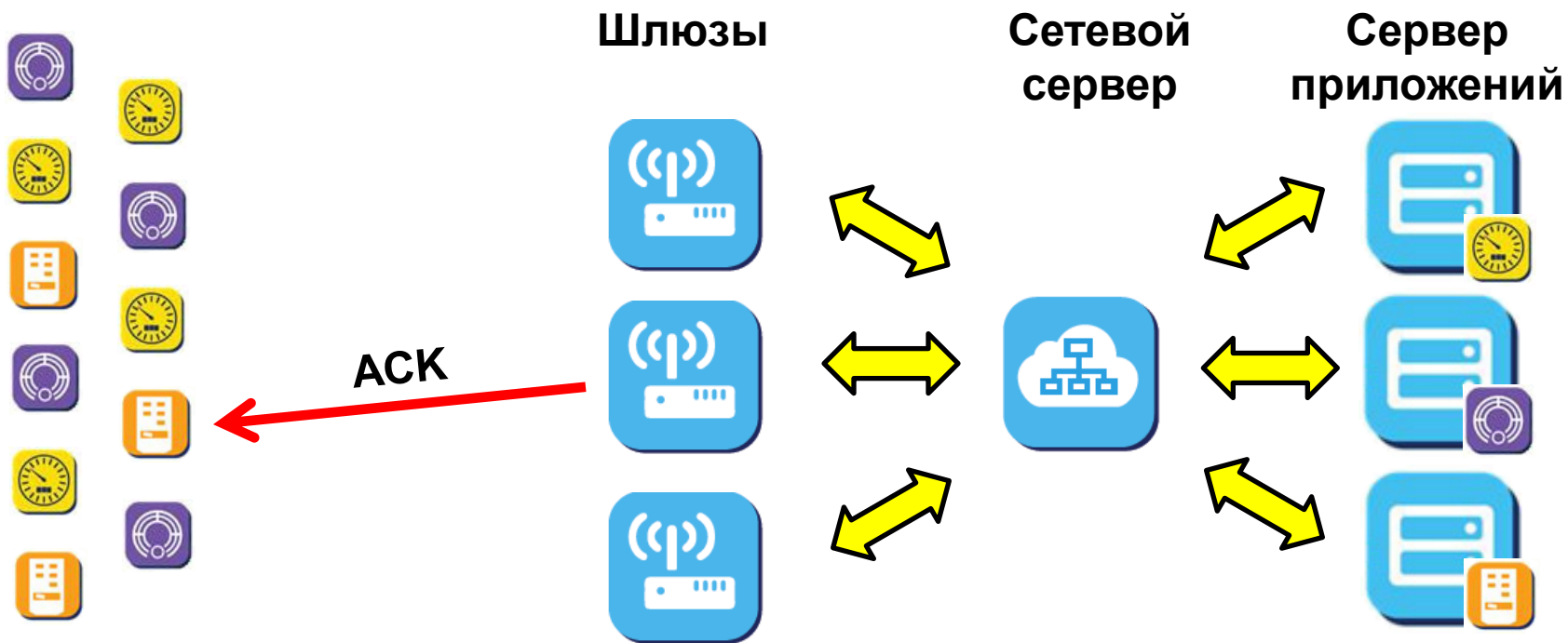


**4. Сетевой сервер выбирает лучший маршрут (шлюз) для отправки подтверждения узлу**

# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение с подтверждением



**5. Шлюз пересылает подтверждение узлу**



# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение от сервера приложений

**Если сервер приложений хочет послать сообщение узлу...**

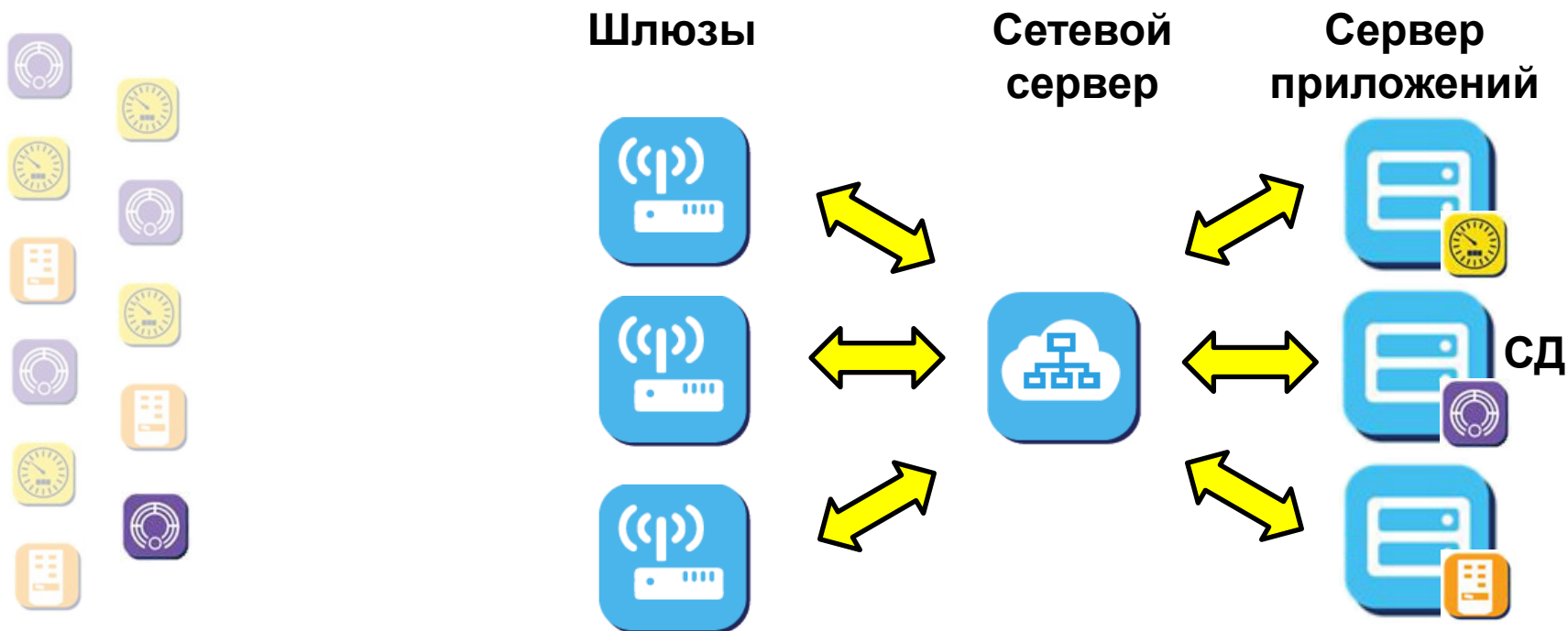
**... он должен дождаться, пока узел начнет передавать**



# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение от сервера приложений



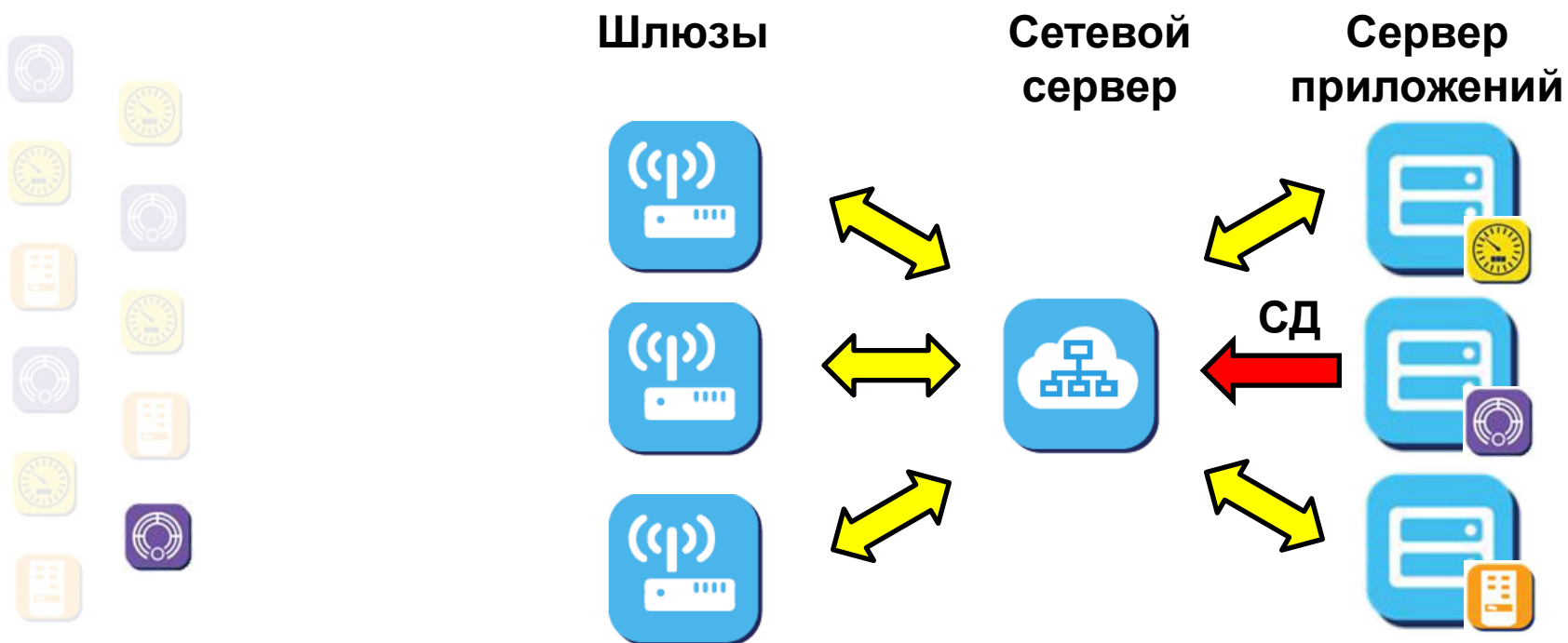
1. Сервер приложений датчиков дыма посылает сообщение узлу (датчику дыма)



# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение от сервера приложений



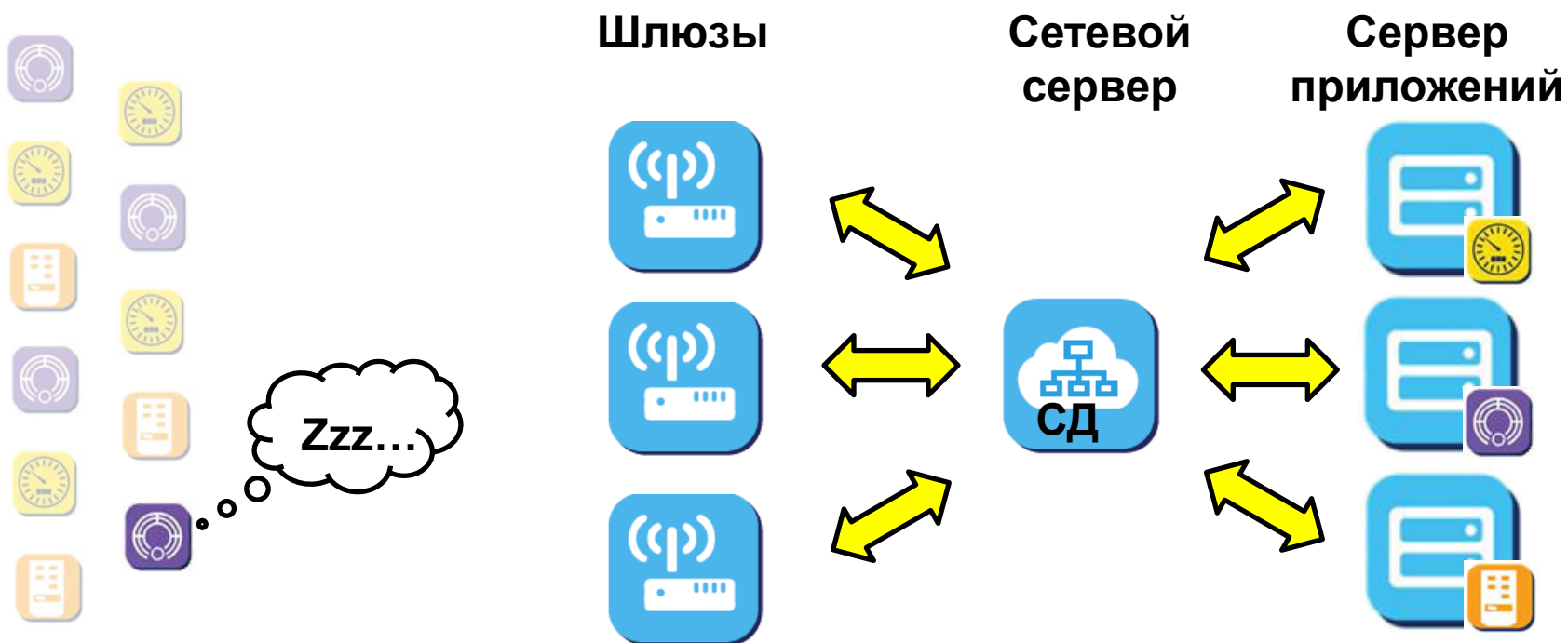
2. Сервер подготовил данные для узла



# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение от сервера приложений

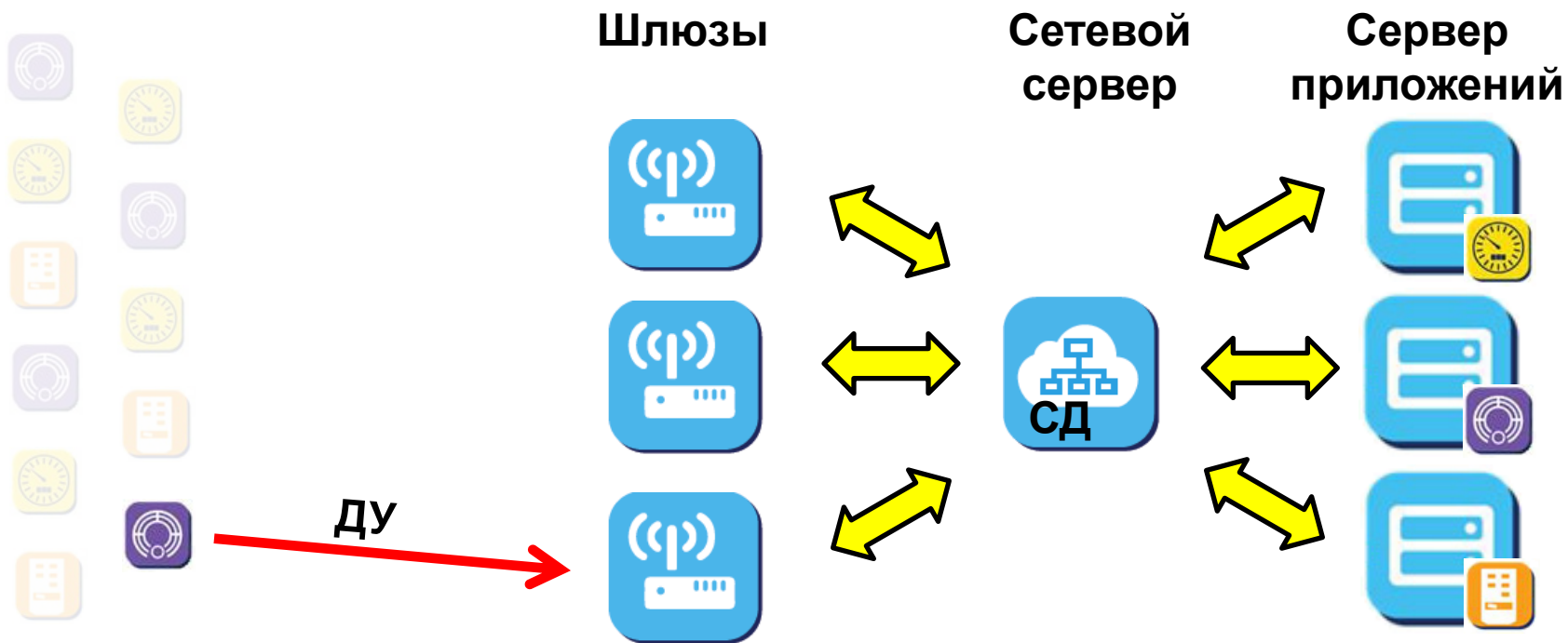


**3. Данные ожидают отправки – узел должен проснуться и послать свое очередное сообщение**

# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение от сервера приложений

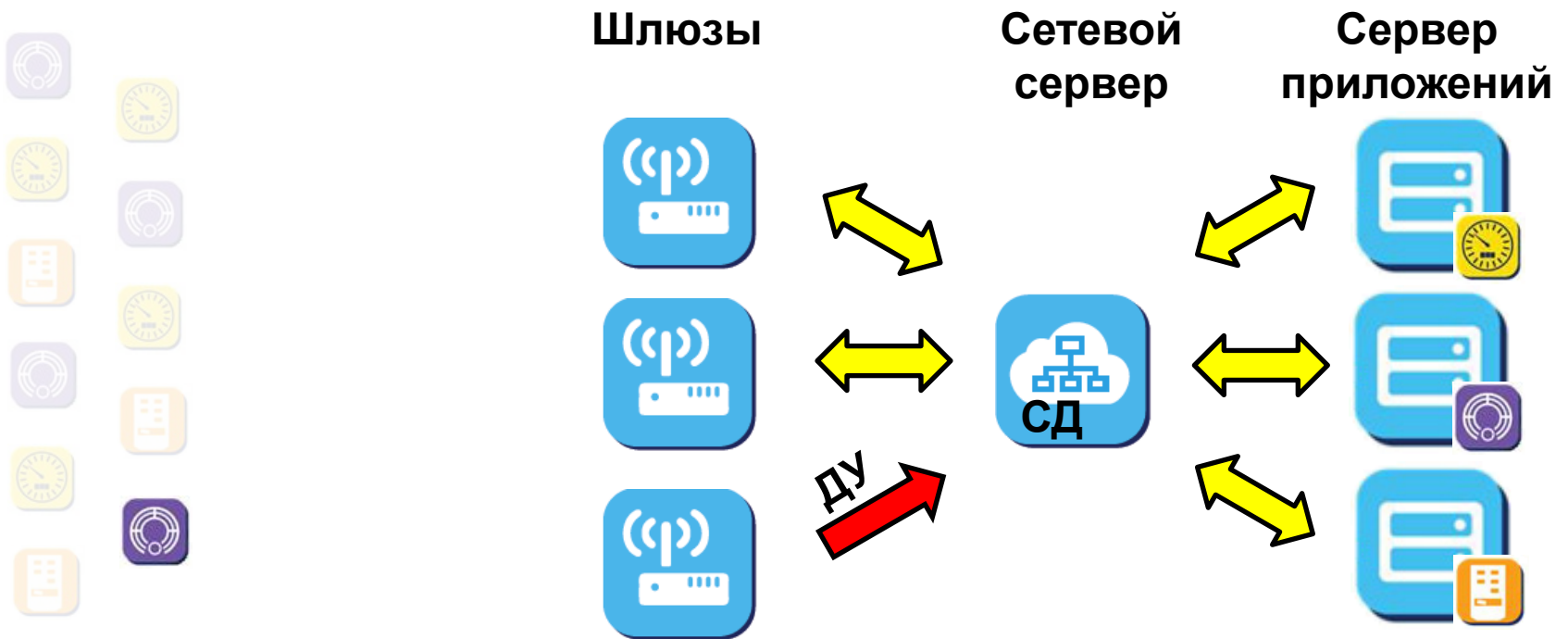


4. Узел передает свои данные стандартным способом:

# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение от сервера приложений



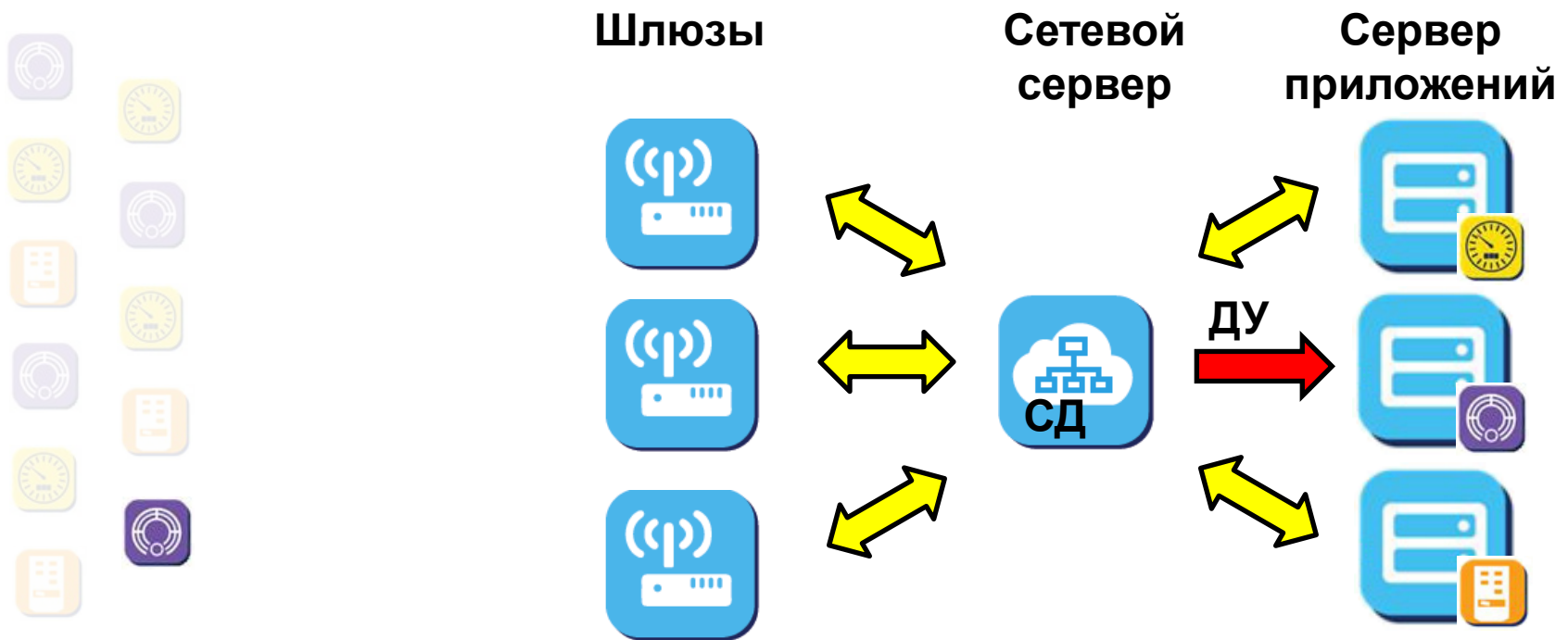
5. Они поступают на сетевой сервер...



# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение от сервера приложений

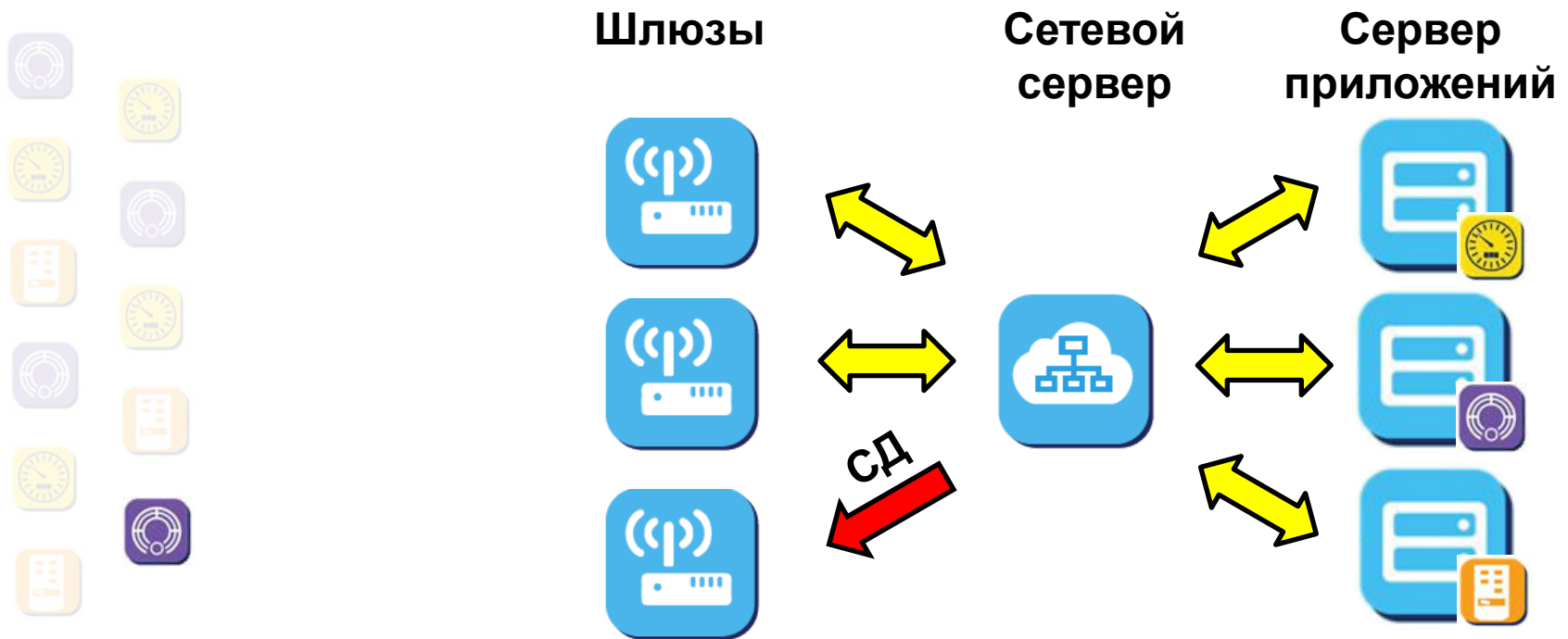


6. ... и пересылаются на сервер приложений

# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение от сервера приложений

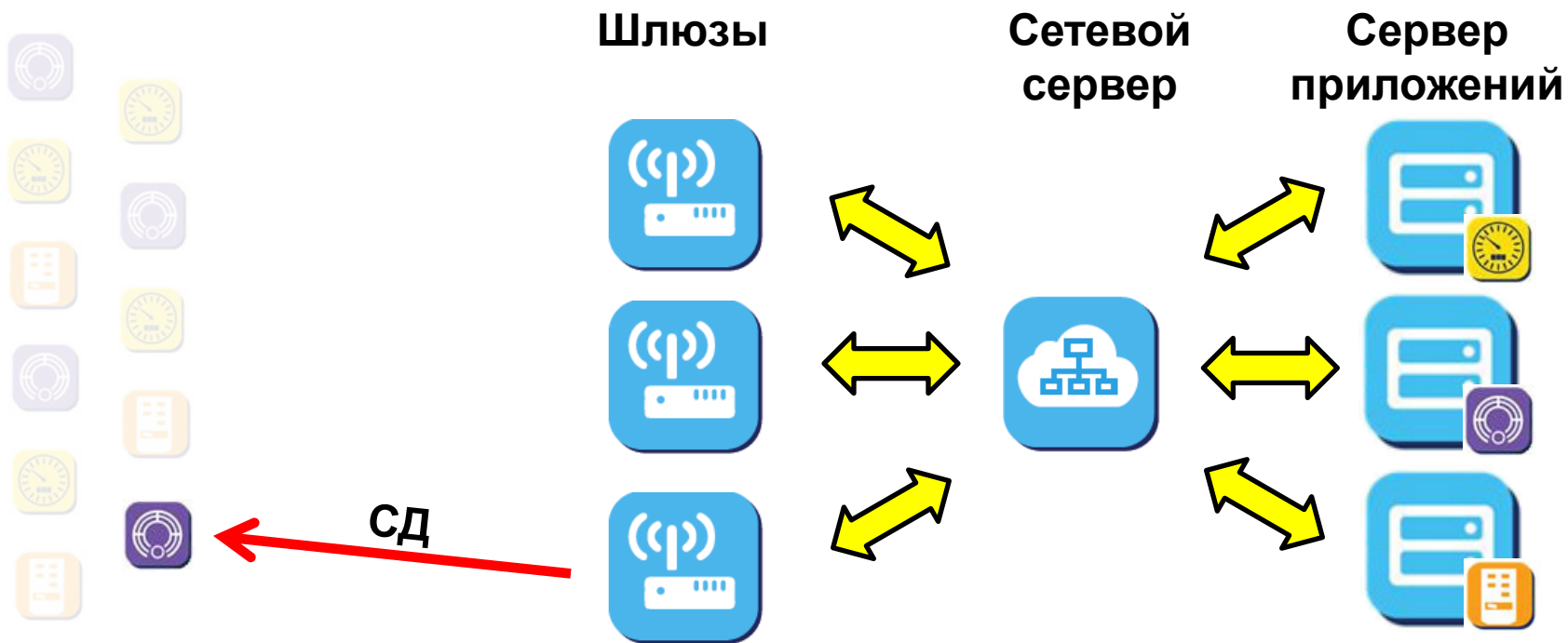


**7. Сетевой сервер отправляет данные определенному шлюзу**

# Протокол LoRaWAN™

## Обмен данными (Class A)

### Сообщение от сервера приложений



8. Данные передаются в узел в одном из двух окнах приема



**MICROCHIP**  
MASTERS 2015

# Протокол LoRaWAN™

- Модуляция LoRa™
- Как работает LoRaWAN™?
- Классы устройств
- Регистрация в сети
- Безопасность
- Обмен данными (Class A)
- **Адаптивная скорость обмена (ADR)**



# Протокол LoRaWAN™

## Адаптивная скорость обмена (ADR)

- **LoRaWAN управляет**
  - скоростью обмена и
  - выходной мощностью передатчиков

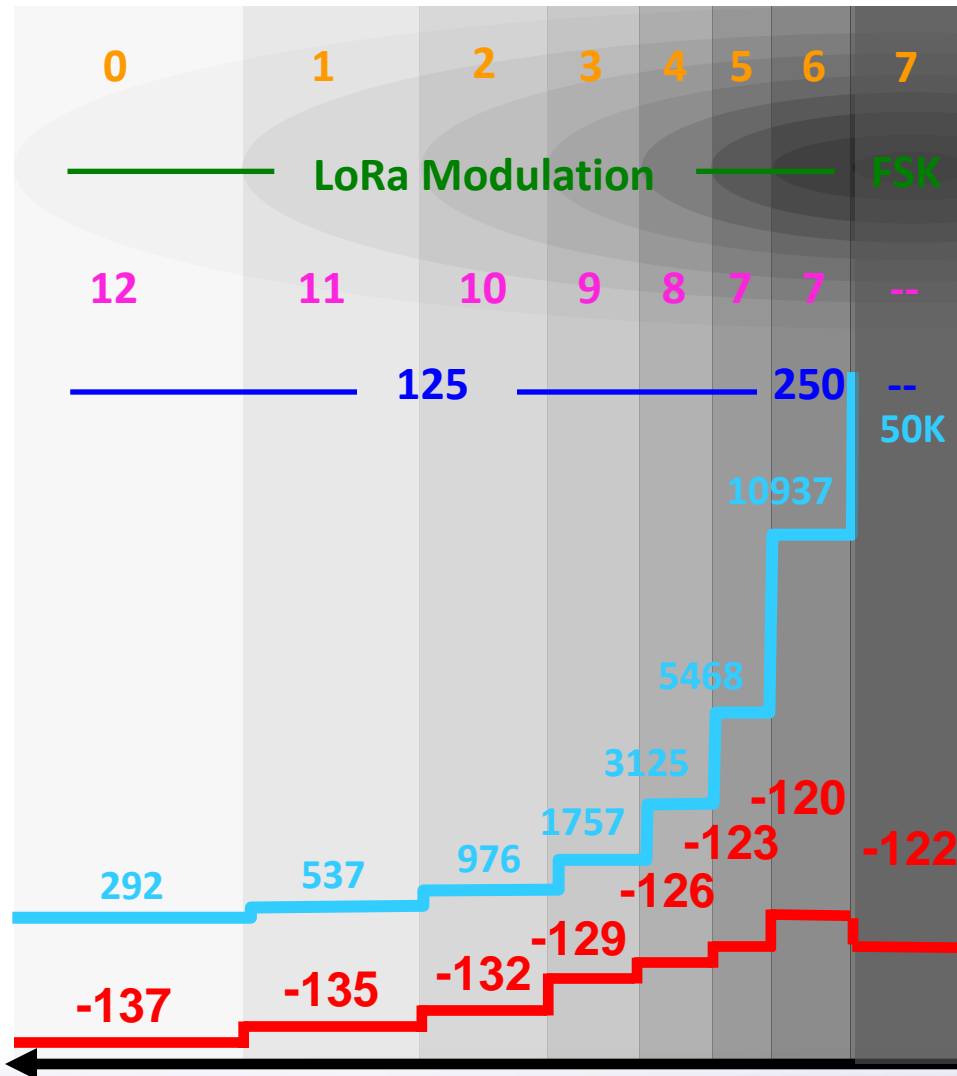
### **в каждом узле для:**

- Оптимизации скорости обмена,
- Увеличения срока службы батареи и
- Увеличения емкости сети

**на основании расстояния от шлюза**

# Протокол LoRaWAN™

## Адаптивная скорость обмена (ADR)



Скорость обмена (DR)

Модуляция

Коэф. SF

Полоса, КГц

Физ. скорость, бит/с

Чувствительность, дБм

Радиус действия



**MICROCHIP**

*MASTERS 2015*

# Темы

- Интернет вещей (IoT)
- Протокол LoRaWAN™
- **Модули LoRa™**
- Демонстрация RN2483
- Другие протоколы

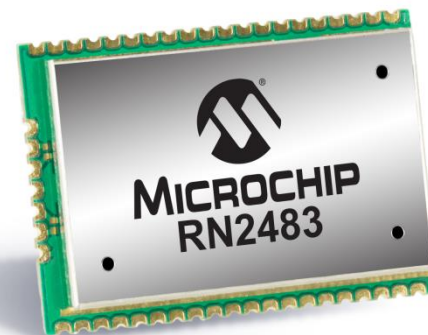


**MICROCHIP**

MASTERS 2015

# Модули LoRa™

- **Модули RN2483 LoRa™**
  - На диапазон 868/433 МГц
  - R&TTE Directive Assessed
  - Выходная мощность до +14 дБм
  - Потребление около 1,6 мкА в Sleep







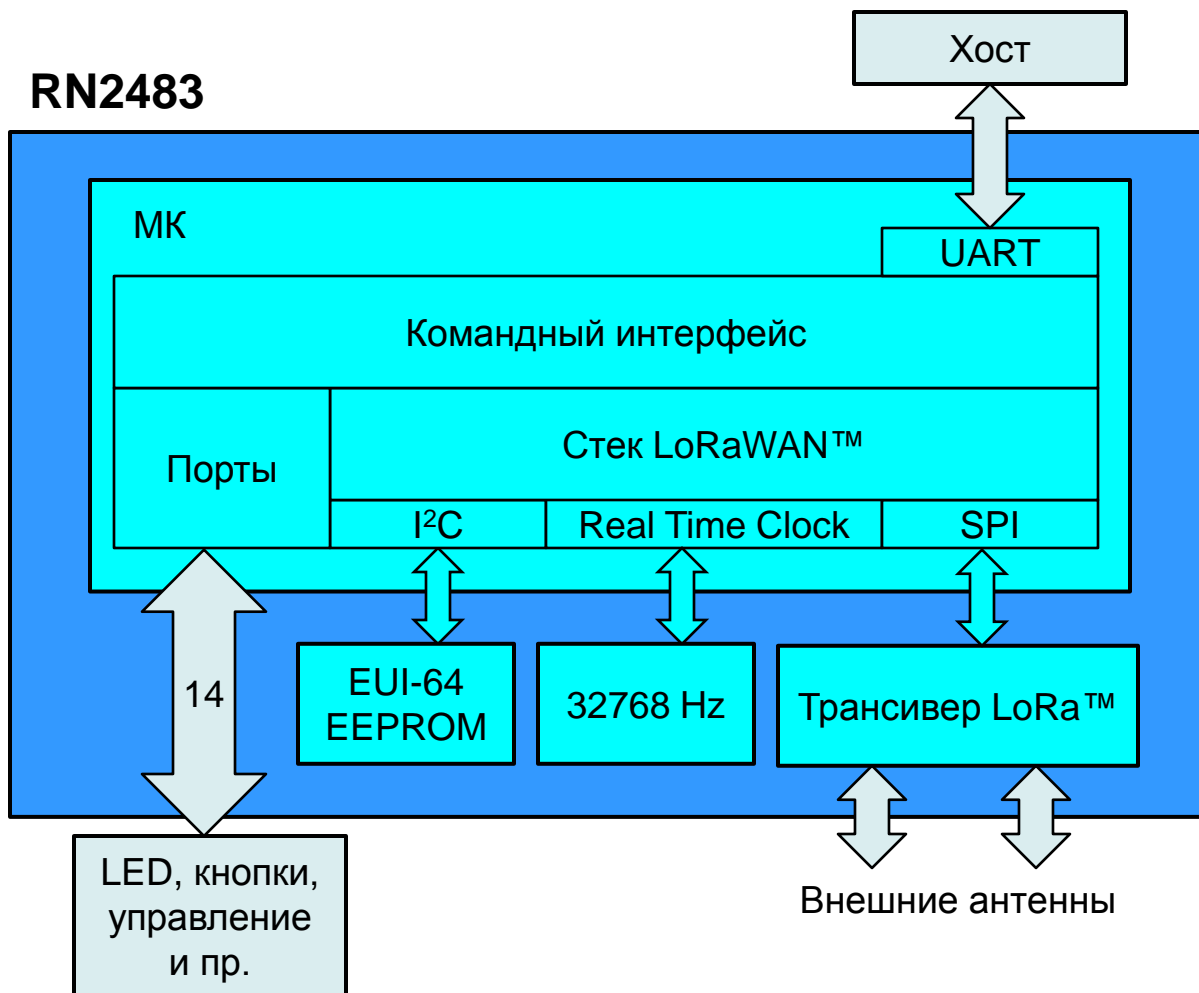
## ● Особенности

- Полностью законченный модуль
- Протокол LoRaWAN™ Class A
- Интерфейс ASCII по UART
- Обновление прошивки по UART (DFU)
- Встроенные микроконтроллер и RTC кварц
- Память EEPROM с EUI-64
- 14 портов ввода/вывода
- Размер 17.8 \* 26.7 \* 3 мм



# Модули LoRa™

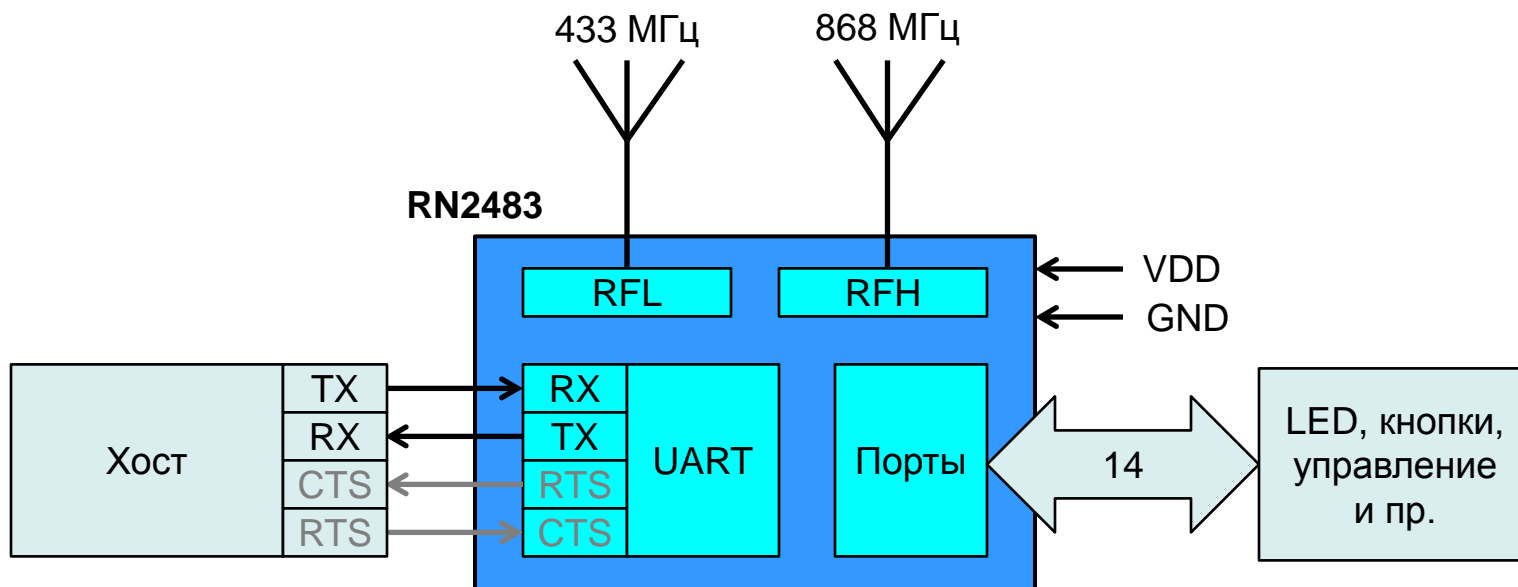
## Схема модуля





# Модули LoRa™

## Модуль RN2483



RTS и CTS будут реализованы в будущих прошивках



# Модули LoRa™

## Отладочные платы



**RN-2483-MOTE**

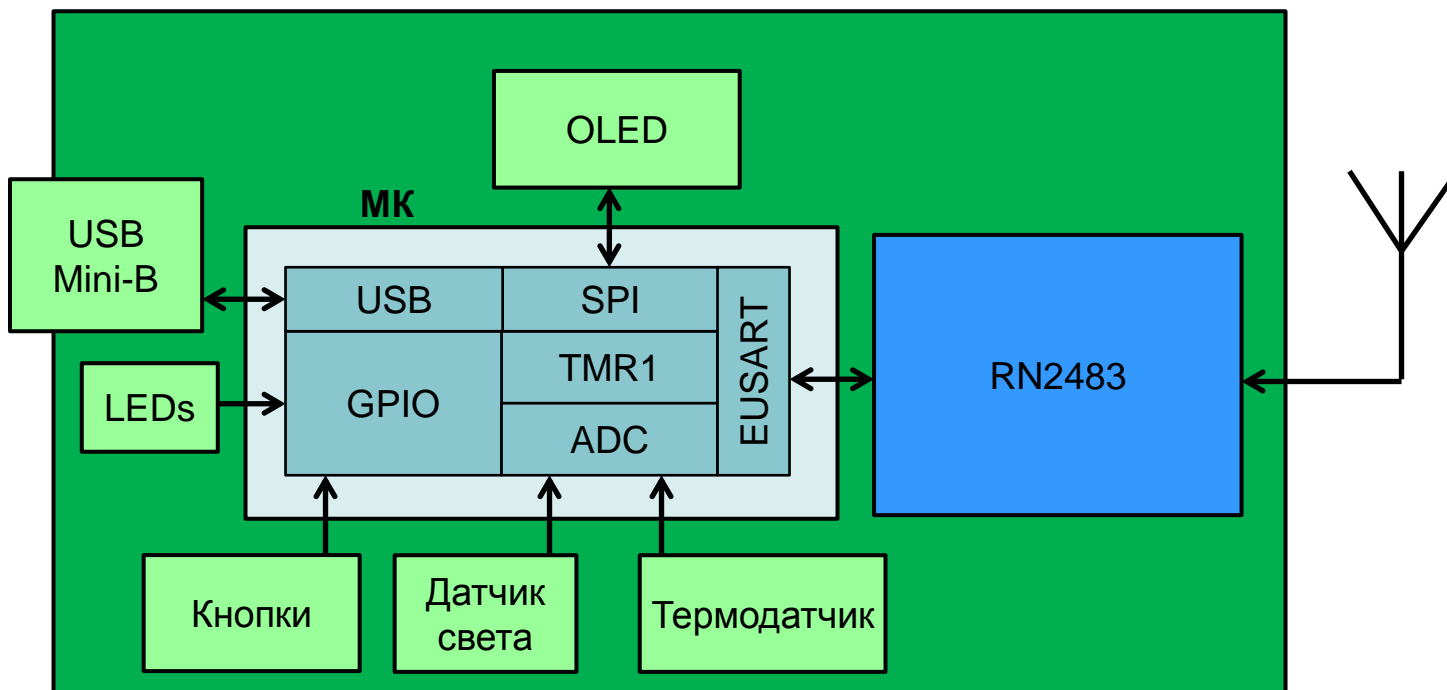


**RN-2483-PICTAIL™**



## LoRa™ Technology Mote

Mote





# Модули LoRa™

- **Управление**

- Связь по UART (TX/RX)
- Настройки: 57600, 8N1, no flow control
- Поддержка Auto Baud

- **Команды**

- Текстовые, понятные человеку
- Система Запрос => Ответ
- **Запрос** от микроконтроллера
- **Ответ** от модуля LoRa



- **Структура команд**

- Ключевые слова + параметры
- Разделитель команды и параметров – **space**
- Слова чувствительны к регистру
- **CR+LF** – разделитель команд

- **Пример запроса:**

```
< mac set devaddr 048E436e\r\n
```

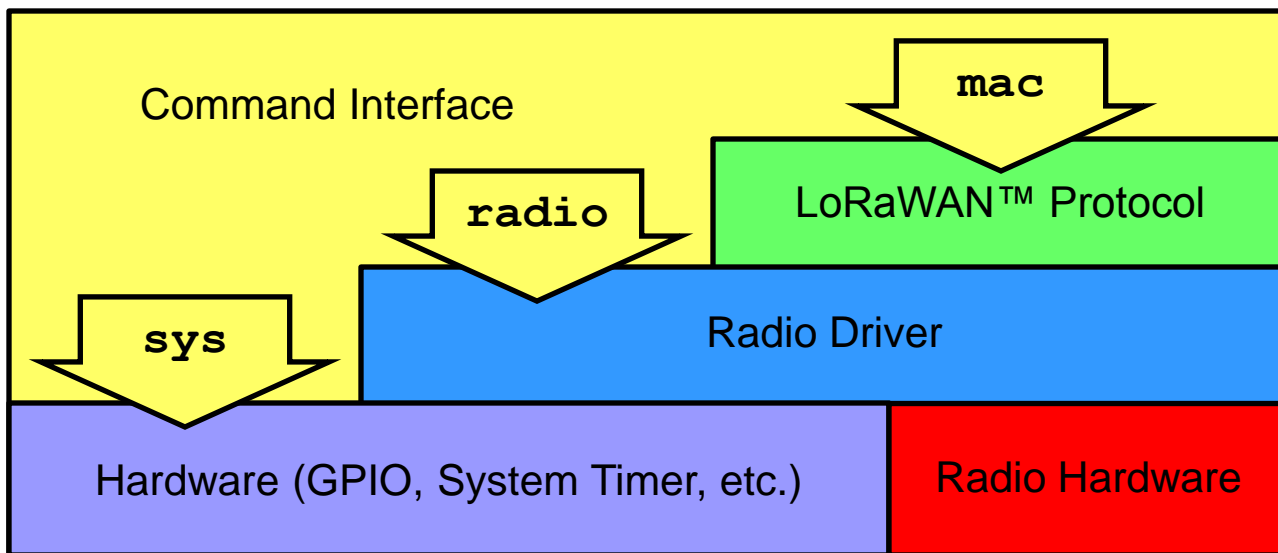
- **Пример ответа:**

```
> ok\r\n
```



# Модули LoRa™

## Интерфейс команд



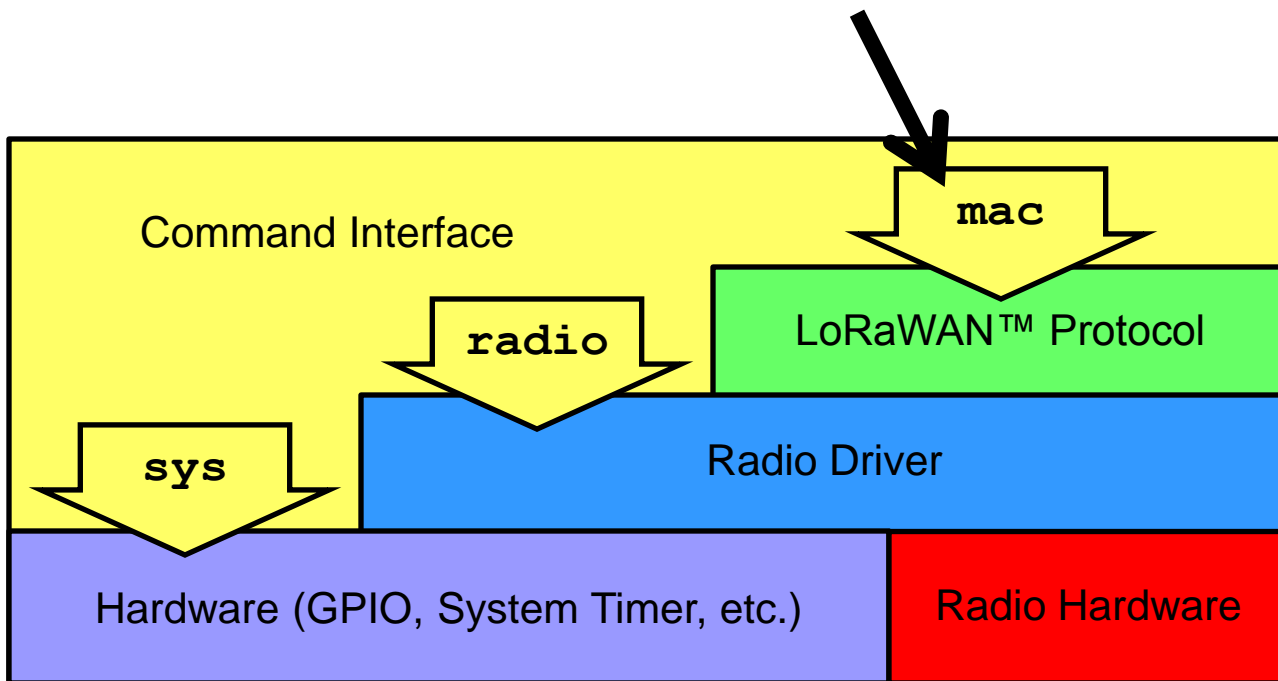




# Модули LoRa™

## Интерфейс команд

**mac** : Команды для работы с протоколом  
LoRaWAN™ Class A





# Модули LoRa™

## mac

Parameter	Description
reset	Resets the RN2483 module to a specific frequency band.
tx	Sends the data string on a specified port number and sets default values for most of the LoRaWAN parameters.
join	Informs the RN2483 module to join the configured network.
save	Saves LoRaWAN Class A configuration parameters to the user EEPROM.
forceENABLE	Enables the RN2483 module after the LoRaWAN network server commanded the end device to become silent immediately.
pause	Pauses LoRaWAN stack functionality to allow transceiver (radio) configuration.
resume	Restores the LoRaWAN stack functionality.
set	Accesses and modifies specific MAC related parameters.
get	Reads back current MAC related parameters from the module.



**MICROCHIP**

*MASTERS 2015*

# Модули LoRa™

```
< mac set devaddr 048E436E  
> ok
```

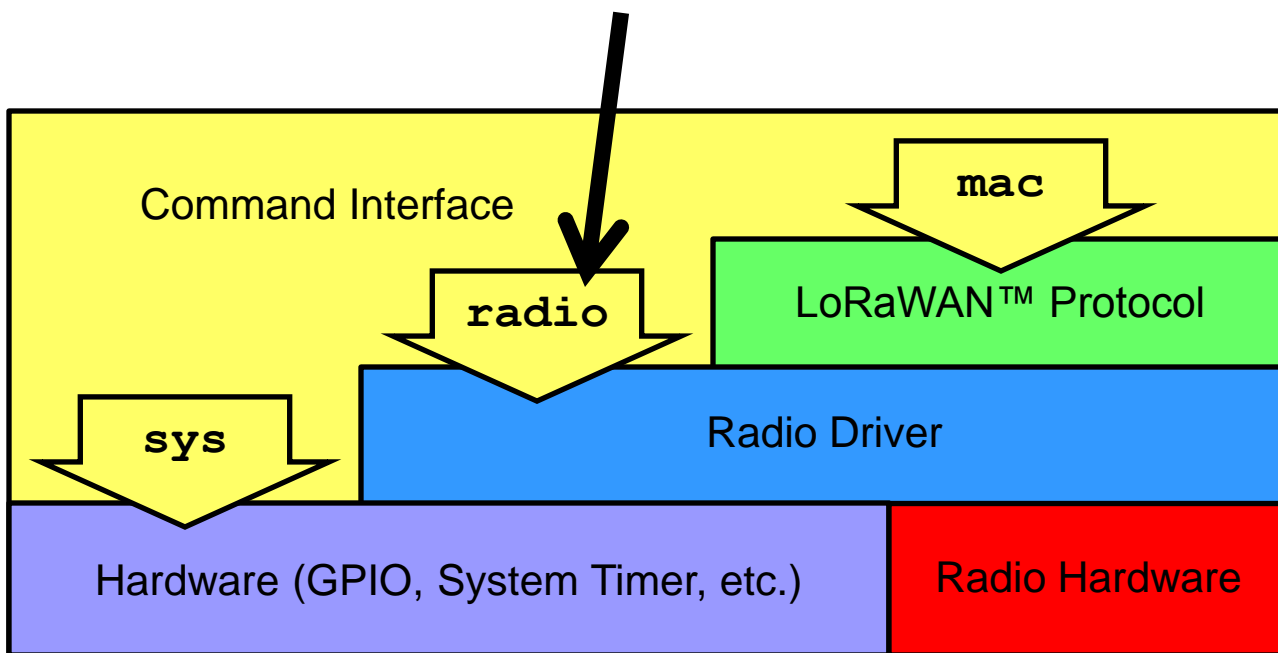
```
< mac join abp  
> ok  
> accepted
```



# Модули LoRa™

## Интерфейс команд

**radio** : Команды для настройки радио





# Модули LoRa™

## radio

Parameter	Description
<code>rx</code>	This command configures the radio to receive simple radio packets according to prior configuration settings.
<code>tx</code>	This command configures a simple radio packet transmission according to prior configuration settings.
<code>cw</code>	This command will put the module into a Continuous Wave (cw) Transmission for system tuning or certification use.
<code>set</code>	This command allows modification to the radio setting directly. This command allows for the user to change the method of radio operation within module type band limits.
<code>get</code>	This command grants the ability to read out radio settings as they are currently configured.

**Note 1:** The `mac pause` command must be called before any radio transmission or reception, even if no MAC operations have been initiated before.



# Модули LoRa™

```
< radio cw on  
> ok
```

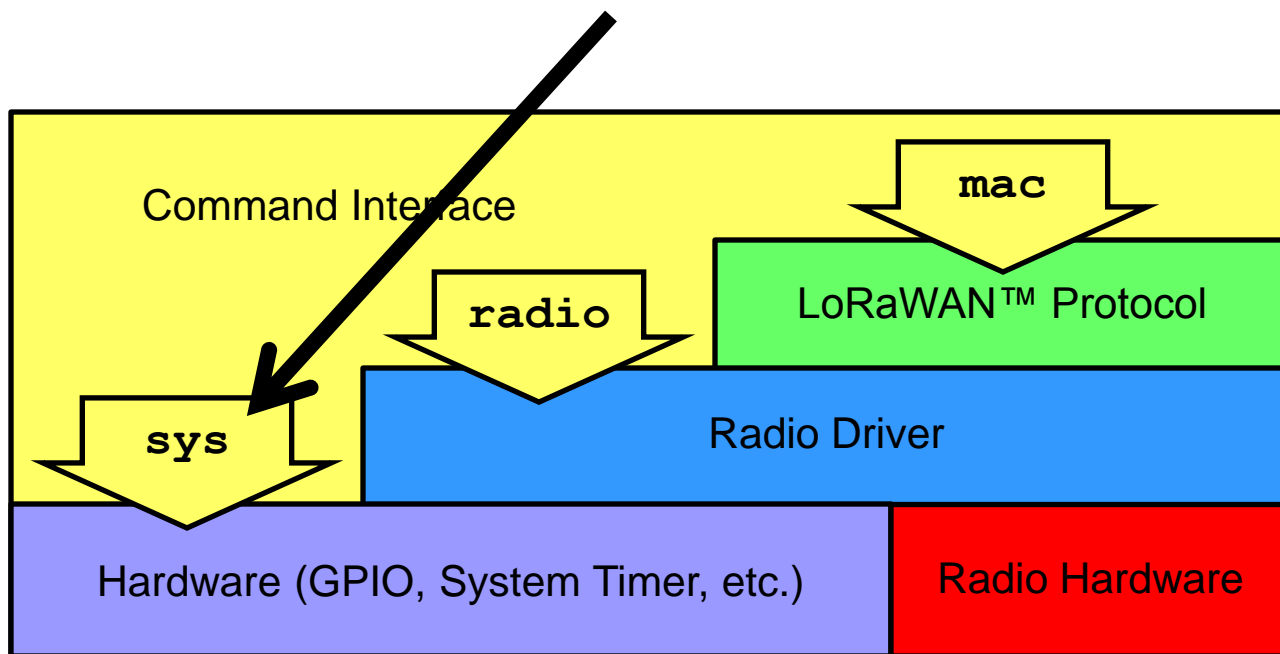
```
< radio get mod  
> lora
```



# Модули LoRa™

## Интерфейс команд

**sys** : Работа с системой: Sleep, обновление прошивки и пр.





# Модули LoRa™

## sys

Parameter	Description
sleep	Puts the system in Sleep for a finite number of milliseconds.
reset	Resets and restarts the RN2483 module.
eraseFW	Deletes the current RN2483 module application firmware and prepares it for firmware upgrade. The RN2483 module bootloader is ready to receive new firmware.
factoryRESET	Resets the RN2483 module's configuration data and user EEPROM to factory default values and restarts the RN2483 module.
set <sup>(1)</sup>	Sets specified system parameter values.
get <sup>(1)</sup>	Gets specified system parameter values.





**MICROCHIP**

*MASTERS 2015*

# Модули LoRa™

```
< sys sleep 5000
```

```
> ok
```

```
< sys reset
```

```
> RN2483 0.9.5 Mar 24 2015 14:17:03
```



**MICROCHIP**

*MASTERS 2015*

# Темы

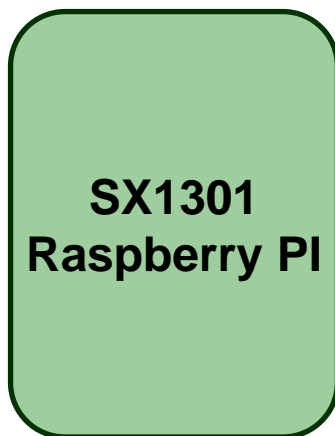
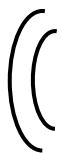
- Интернет вещей (IoT)
- Протокол LoRaWAN™
- Модули LoRa™
- **Демонстрация RN2483**
- Другие протоколы



# Демонстрация RN2483



Узел



Шлюз



Сетевой  
сервер

Сервер  
приложений



IP



IP





## Активация ОТАА и отправка сообщения

- **Настройка**

- `mac set deveui C3D1000030000001`
- `mac set appeui DEDEAAAA00000030`
- `mac set appkey  
ABAAAA9AAAAA7B695455556555558496`

- **Активация (регистрация в сети)**

- `mac join otaa`

- **Обмен данными**

- `mac tx uncnf 16 48454c4c4f`



## Активация ABP и отправка сообщения

- **Настройка**

- `mac set devaddr 0482FF05`
- `mac set nwkskey  
D95AC917E01FF24B69F4D9F9A0C4EC8D`
- `mac set appskey  
70169735FDC5CD64F3C3ECE938DFCFE2`

- **Активация (регистрация в сети)**

- `mac join abp`

- **Обмен данными**

- `mac tx uncnf 16 48454c4c4f`



**MICROCHIP**

*MASTERS 2015*

# Темы

- Интернет вещей (IoT)
- Протокол LoRaWAN™
- Модули LoRa™
- Демонстрация RN2483
- **Другие протоколы**



# Другие протоколы

- **SIGFOX**

- Диапазон ISM
- Без использования публичных протоколов
- Сверх-узкая полоса
- Разные бизнес-модели

- **WEIGHTLESS (N / W)**

- Диапазон ISM
- Узкая полоса
- Frequency hopping



# Дополнительная информация

- <http://lora-alliance.org/>
- <http://www.microchip.com/lora>
- <http://www.microchip.com/RN2483>
  - RN2483 Module Datasheet
  - RN2483 Command Reference User's Guide
  - RN2483 PICTail User's Guide
  - RN2483 Mote Users Guide
  - RN2483 R&TTE Certification Documentation





**MICROCHIP**  
*MASTERS 2015*

**Спасибо!**