

Беспроводные системы ПД

Лекция

Технология LoRa и сеть LoraWAN

LoRa (Long Range) — радиотехнология и одноимённый метод модуляции, разработанные и запатентованные компанией Semtech.

Технология LoRa и построенная на ее основе сеть LoraWAN были представлены широкой публике в 2015 году компанией Semtech и исследовательским центром IBM Research. Также на Всемирном мобильном конгрессе MWC 2015 в Барселоне было заявлено о создании консорциума LoRa Alliance, в который вошли Semtech, IBM, Cisco и многие другие компании. На сегодня в консорциум входят более 500 компаний производителей электроники и операторов связи. В частности в консорциум входят оператор МТТ и инженерная компания «Россма».

LoRa основывается на модуляции с расширением спектра (коэффициент расширения от 6 до 12, обычно используется от 7 до 12) и вариации линейной частотной модуляции (ЛЧМ, Chirp Spread Spectrum, CSS) с интегрированной прямой коррекцией ошибок. ЛЧМ — это вид частотной модуляции, при которой частота несущего сигнала изменяется по линейному закону с использованием т. н. чирплет-преобразования. LoRa значительно повышает чувствительность приемника и, аналогично другим методам модуляции с расширенным спектром, использует всю ширину полосы пропускания канала для передачи сигнала, что делает его устойчивым к канальным шумам и нечувствительным к смещениям, вызванным неточностями в настройке частот при использовании недорогих опорных кварцевых резонаторов. Считается, что технология LoRa позволяет осуществлять демодуляцию сигналов с уровнями на 19,5 дБ ниже уровня шумов.

LoRa является именно технологией радиопередачи. Она обеспечивает физический уровень, поверх которого можно строить радиосети различного типа.

Зона покрытия сети LoRa определяется радиусом действия базовых станций (шлюзов LoRa) до 2,5 км внутри города и до 15 км в сельской местности. Дальность работы приемопередатчиков сильно зависит от типа и размещения антенн.

Для работы LoRa, как правило, использует нелицензируемые частотные диапазоны, которые определены согласно региональным ограничениям:

- 430 МГц – Азия;
- 780 МГц – Китай;
- 433 МГц – Европа;
- 866 МГц – Европа;
- 915 МГц – США.

В России для LoRa выделен диапазон 864–870 МГц. Это согласуется с решением Государственной комиссии по радиочастотам от 07.05.2007 №07-20-03-001 «О выделении полос радиочастот устройствам малого радиуса действия», согласно которому разрешенный

частотный диапазон для работы по протоколу LoRaWAN (а также LPWAN и по другим протоколам) состоит из двух разрешенных поддиапазонов: 864–865 МГц и 868,7–869,2 МГц.

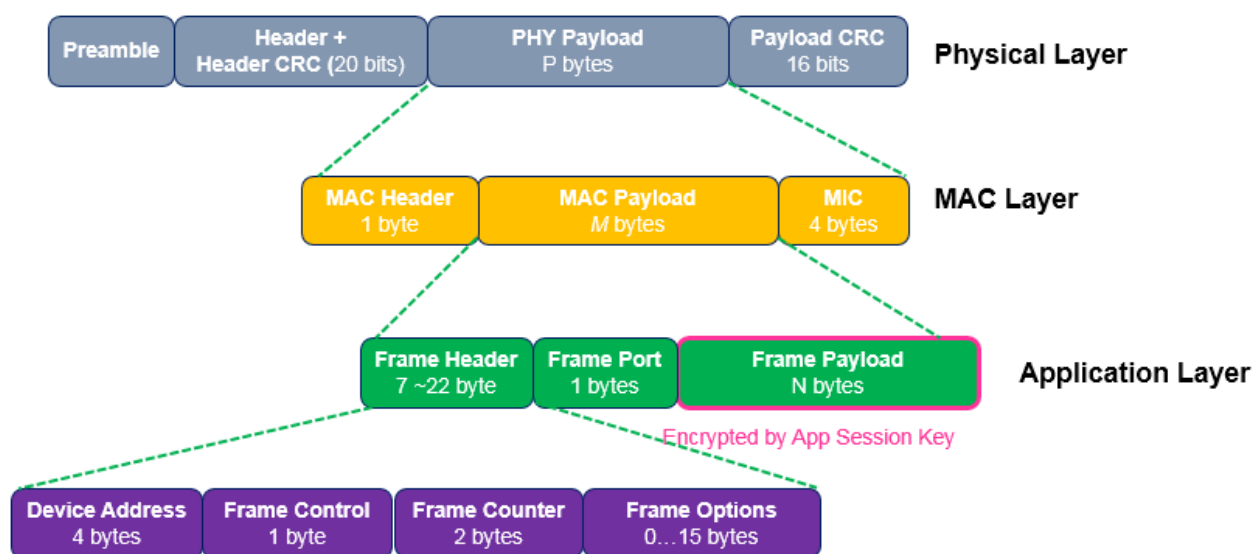
Также можно использовать LPD диапазон 433,05–434,79 МГц. Но в нём присутствует значительная помеховая обстановка.

Как правило используются каналы с шириной полосы 125, 250 и 500 кГц. Допускается использование более узких каналов (7.8, 10.4, 15.6, 20.8, 31.2, 41.7, 62.5 кГц). Скорость передачи от 250 бит/с до 50 кбит/с. Таким образом технология является низкоскоростной.

В связи с большой дальностью работы и низкой скоростью LoRa как правило используется для сенсорных радиосетей и систем обмена короткими сообщениями.

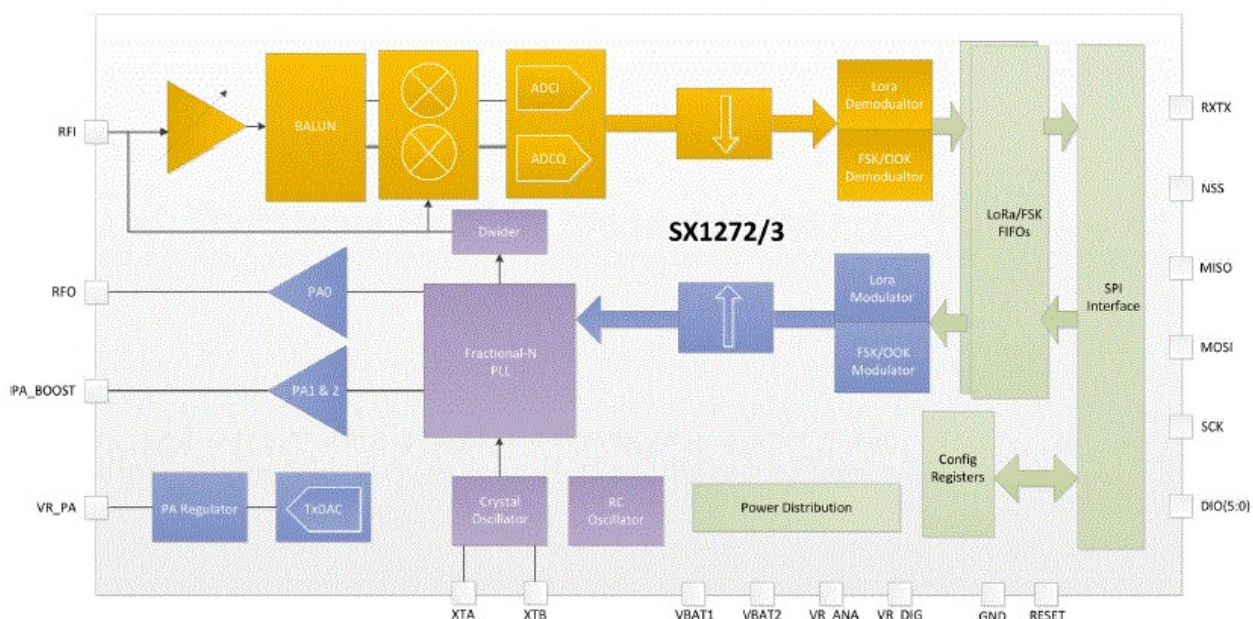
Максимальный размер пакета данных для передачи равен 256 байт. Однако, рекомендуется использовать более короткие пакеты. Это позволяет обеспечить лучшую помехоустойчивость при передаче.

LoRa Frame Format



Формат кадра LoRa

Оборудование LoRa делают компании Semtech Corp., Ingenu, Sensus, Microchip, Silicon Labs и Kerlink. Для оконечных устройств наиболее популярны чипы SX126x и SX127x от компании Semtech (SX1261, SX1272, SX1276, SX1278 и др.). Для базовых станций используются модули SX1301 и SX1257.

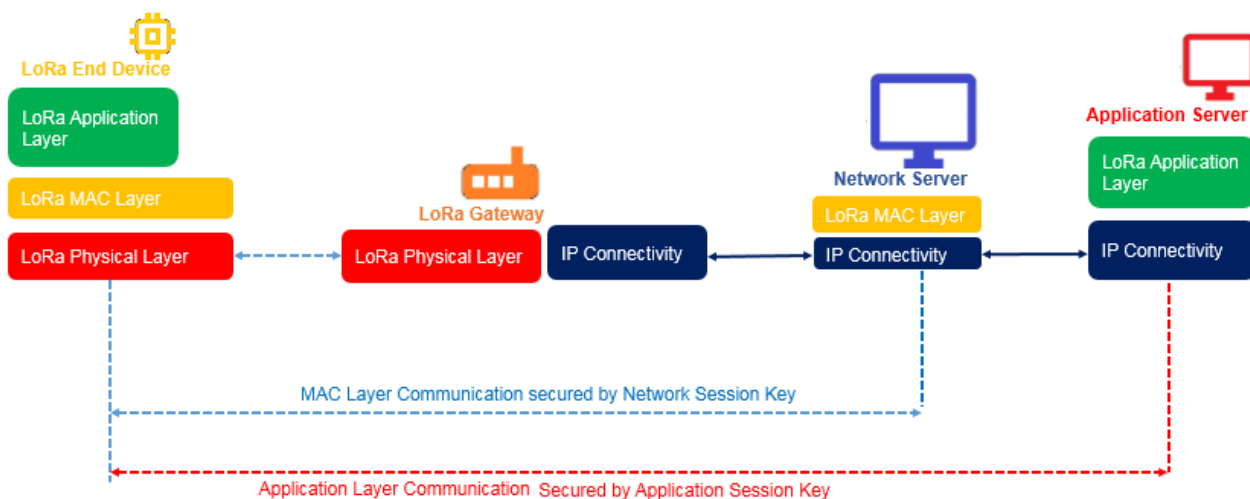


Блок-схема чипа SX1272

Сеть и протокол LoRaWAN

Сеть и одноименный протокол LoRaWAN позволяют сформировать беспроводную сеть передачи данных для обмена информацией между оконечными узлами LoRa и клиентскими приложениями.

LoRa Network Protocols



Взаимодействие в сети LoRaWAN

Типичная сеть LoRaWAN состоит из следующих элементов:

1. **Конечный узел (End Node/Device)** предназначен для осуществления управляющих или измерительных функций. Он содержит набор необходимых датчиков и управляющих элементов.
2. **Шлюз LoRa (Gateway/Concentrator)** — устройство, принимающее данные от конечных устройств с помощью радиоканала и передающее их в транзитную сеть. В качестве такой сети могут выступать Ethernet, WiFi, сотовые сети и любые другие

телекоммуникационные каналы. Шлюз и конечные устройства образуют сетевую топологию типа звезда. Обычно данное устройство содержит многоканальные приёмопередатчики для обработки сигналов в нескольких каналах одновременно или нескольких сигналов в одном канале — частотное, временное и кодовое разделения. Соответственно, несколько таких устройств обеспечивает зону покрытия сети и прозрачную двунаправленную передачу данных между конечными узлами и сервером.

3. **Сетевой сервер (Network Server)** предназначен для управления сетью: заданием расписания, адаптацией скорости, хранением и обработкой принимаемых данных.
4. **Сервер приложений (Application Server)** может удаленно контролировать работу конечных узлов и собирать необходимые данные с них.

Для решения различных задач и применений в сети LoRaWAN предусмотрено три класса устройств:

1. **Двунаправленные конечные устройства «класса А» (Bi-directional end-devices, Class A).** Устройства этого класса применяются, когда необходима минимальная потребляемая мощность при преобладании передачи данных к серверу. В качестве инициатора сеанса связи выступает конечный узел, отправляя пакет с необходимыми данными, а затем выделяет два окна, в течение которых ждёт данных от сервера. Таким образом, передача данных от сервера возможна только после выхода на связь конечного устройства.
2. **Двунаправленные конечные устройства «класса Б» (Bi-directional end-devices, Class B).** Основное отличие от устройств «класса А» заключается в выделении дополнительного окна приёма, которое устройство открывает по расписанию. Для составления расписания конечное устройство осуществляет синхронизацию по специальному сигналу от шлюза. Благодаря этому дополнительному окну сервер имеет возможность начать передачу данных в заранее известное время.
3. **Двунаправленные конечные устройства «класса С» с максимальным приемным окном (Bi-directional end-devices, Class C).** Устройства этого класса имеют почти непрерывное окно приёма данных и закрывает его лишь на время передачи данных, что позволяет их применять для решения задач, требующих получения большого объёма данных.

Источники:

1. Semtech LoRa Technology Overview / Semtech // Сайт компании Semtech. URL: <https://www.semtech.com/lora>
2. Материалы с сайта <https://lora-alliance.org/>
3. IBM и Semtech представили новую сетевую технологию LoRaWAN для M2M-коммуникаций / IBM // Habr. URL: <https://habr.com/ru/company/ibm/blog/254827/>
4. Технология LoRa / RealTrac Technologies // Habr. URL: <https://habr.com/ru/company/realtac/blog/304312/>
5. Технология LoRa в вопросах и ответах / К. Верхулевский // Беспроводные технологии. №1. 2016.
6. Технология LoRa: перспективы внедрения на сетях IoT / В.Тихвинский, В.Коваль, Г.Бочечка // Первая миля. №6. 2016.
7. Материалы с сайта Lo-Ra.ru

8. Материалы с сайта IoT.ru
9. Known and Unknown Facts of LoRa: Experiences from a Large Scale Measurement Study / J. C. Liando and others // ACM Trans. Sensor Netw. Article 19. 2018.
10. Modeling the energy performance of LoRaWAN / L. Casals and others // Sensors. Vol. 17. 2017.
11. Материалы с сайта Codeplayon.com