

## СЕКЦИЯ №2

### РАЗВИТИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

УДК 621.395.34

М.С. Абиева<sup>1</sup>, А.М Токтархан<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы Казахстан

#### LORA КОНЦЕНТРАТОРЫ

**Аннотация.** В статье рассмотрены назначение, достоинства технологии LoRa. Рассмотрена структура построения сети LoRaWan.

**Аңдатпа:** Мақала LoRa технологиясының тағайындау, артықшылықтары көрсетілген. LoRaWan желісін құру құрылымы көрсетілген.

**Abstract:** The article considers the purpose, merits of LoRa technology. The structure of the LoRaWan network is considered.

**Ключевые слова:** шлюз, концентратор, идентификатор, маршрутизатор

**Түйінді сөздер:** шлюз, концентратор, идентификатор, маршрутизатор

**Keywords:** gateway, hub, identifier, router

LoRa™ — это технология и одноименный метод модуляции. LoRa™ (от англ. *Long Range*) — это технология и одноименный метод модуляции. Метод модуляции LoRa запатентован компанией Semtech, основан на технике расширения спектра (spread spectrum modulation) и вариацию линейной частотной модуляции (chirp spread spectrum, CSS), при которой данные кодируются широкополосными импульсами с частотой, увеличивающейся или уменьшающейся на некотором временном интервале. Такое решение, в отличие от технологии прямого расширения спектра, делает приёмник устойчивым к отклонениям частоты от номинального значения и упрощает требования к тактовому генератору, что позволяет использовать недорогие кварцевые резонаторы. LoRa использует прямую коррекцию ошибок (forward error correction, FEC), работает в субгигагерцовом диапазоне частот.

LoRa позволяет демодулировать сигналы на уровне 20dB ниже уровня шумов, тогда как большинство систем с частотной манипуляцией (frequency shift keying, FSK) могут корректно работать с сигналами на уровне не ниже 8-10dB над уровнем шумов. Модуляция LoRa определяет физический уровень (physical layer, PHY, OSI level 1), который может использоваться в сетях с различной архитектурой – mesh-сети, звезда, точка-точка и другие.

Благодаря своей высокой чувствительности (-148dbm) LoRa идеально подходит к устройствам с требованиями низкого потребления электроэнергии и высокой устойчивости связи на больших расстояниях.

Когда говорят о технологии LoRa, то чаще всего имеют в виду и метод модуляции LoRa, принадлежащий Semtech, и открытый протокол LoRaWAN, развитием которого занимается некоммерческая организация LoRa Alliance, в которую входят различные компании: как производители оборудования и программного обеспечения, так и операторы связи. В числе членов LoRa Alliance IBM, Semtech и другие.

Технология LoRa - объединяет в себе метод модуляции LoRa в беспроводных сетях LPWAN и открытый протокол LoRaWAN.

Технология LoRa обеспечивает межмашинное взаимодействие (M2M) на расстоянии до 15км при минимальном потреблении электроэнергии, обеспечивающем несколько лет автономной работы на одном аккумуляторе АА.

Диапазон применений данной технологии огромен: от домашней автоматизации интернета вещей (Internet of Things, IoT) до промышленности и Умных Городов.

Шлюзы LoRa предназначены для использования в звездообразной сетевой топологии большого радиуса действия в системе LoRaWAN. Шлюзы могут представлять собой многоканальные baseband процессоры, которые способны выполнять демодуляцию сразу нескольких каналов одновременно, и даже одновременную демодуляцию множества сигналов на одном и том же канале.

Описанные шлюзы используют специализированные радиочастотные компоненты, отличные от применяемых в оконечных устройствах, для обеспечения высокой емкости сети. Шлюзы служат в качестве интерфейса в виде прозрачного моста для передачи сообщений между конечными узлами и центральным сервером.

Связь между концентраторами и центральным сервером LoRaWAN сети оператора (транспортная сеть) осуществляется с помощью традиционных технологий (Ethernet/3G/WiFi) по протоколу TCP/IP. Узлы LoRaWAN сети могут находиться в зоне покрытия как одного, так и нескольких шлюзов. Шлюзом в сетях с высокой плотностью абонентских устройств выступают специальные многоканальные концентраторы, способные принимать данные одновременно от множества оконечных устройств. Именно эта возможность шлюза влияет на максимальную плотность оконечных устройств на участке, обслуживаемом одним концентратором.

Концентраторы, предназначенные для обслуживания большого числа оконечных устройств, строятся на базе Semtech SX1301, обладающего возможностью обслуживать до 5 тысяч устройств на квадратный километр (baseband блок состоит из 2 трансиверов SX1257, обеспечивающих двойной RF фронтэнд на 8 независимых каналов).

Емкость сети зависит от количества пакетов, которые могут быть получены в данный момент времени шлюзом. Один шлюз на базе SX1301 с 8 каналами, используя протокол LoRaWAN, способен получить около 1,5 млн. пакетов в день.

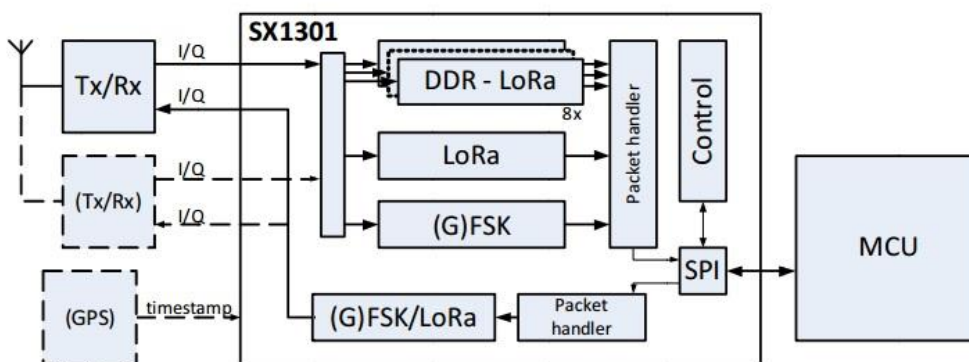


Рисунок 1 – Структурная схема шлюза на базе SX1301

Топология сети – «звезда». Сама сеть состоит из базовых станций, к которым по радио интерфейсу подключаются оконечные устройства (end-node/Mote). Базовые станции, в свою очередь подключены по IP к обслуживающей их инфраструктуре. В качестве физического интерфейса подключения к инфраструктуре используется либо Ethernet, либо 3G подключение.

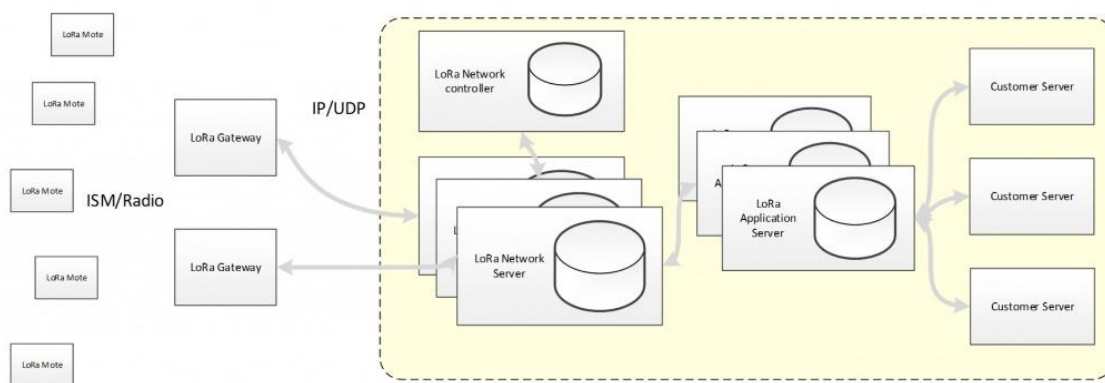


Рисунок 2 – Структура сети LoRaWan

- LoRaMote - конечное устройство, взаимодействующее с сетью через базовую станцию (loragateway)
- Loragateway - базовая станция, обеспечивающая взаимодействие между оконечными устройствами и центральной инфраструктурой
- LoraNetworkServer (NS) - часть центральной инфраструктуры, отвечающая за аутентификацию полученных от оконечных устройств пакетов и целостность транспорта (контроль фреймов). Для каждого зарегистрированного в сети устройства, сервер сохраняет
  - Идентификатор устройства
  - Идентификатор приложения
  - Назначенный устройству сетевой адрес
  - Последовательный номер следующего ожидаемого фрейма от устройства
  - Последовательный номер следующего ожидаемого фрейма к устройству
  - Аутентификационный ключ сессии
- Loraapplicationserver (AS) - часть центральной инфраструктуры, которая отвечает за кодирование/раскодирование application информации, а так же, за реализацию Over-The-Air активации устройств. AS получает пакеты от NS и далее, пересылает их на соответствующие CustomerServers, реализующие логику приложения, использующего LoraWAN.
- LoraNetworkController (NC) – часть центральной инфраструктуры, отвечающая за автоматическую подстройку радиоканала между базовой станцией и оконечными устройствами, в зависимости от его параметров (adaptivedatarate)
- LoraCustomerServer (CS) – часть центральной инфраструктуры, которая реализует серверные функции приложения, которое строится на базе LoraWAN. Именно этот сервер отвечает за обработку данных полученных и передаваемых к оконечному устройству

#### **Краткий обзор концентратора iC880A - LoRaWAN - 868MHz от IMST GmbH**

iC880A способен принимать пакеты данных от различных конечных устройств и передавать их с различными коэффициентами распространения по 8 каналам параллельно. В связи с тем, что сочетание коэффициентов распространения и полос пропускания сигнала позволяет получить различные скорости передачи данных, становится возможным использование функции динамической адаптации скорости передачи (DynamicData-RateAdaptation). Это означает, что для LoRa™ узлов, находящихся на большом расстоянии от концентратора, необходимо использовать более высокие коэффициенты распространения, а в следствии этого, скорость передачи данных будет более низкой, и наоборот, для узлов LoRa™, которые находятся ближе к концентратору - скорость передачи будет максимальной. Это позволяет строить простые в обращении звездообразные сети без необходимости применения маршрутизаторов или повторителей.

Готовый LoRaWAN™ шлюз может работать в сочетании с такими Linux платами, как RaspberryPi, BeagleBone, BananaPi и программным обеспечением HAL <https://github.com/Lora-net>.

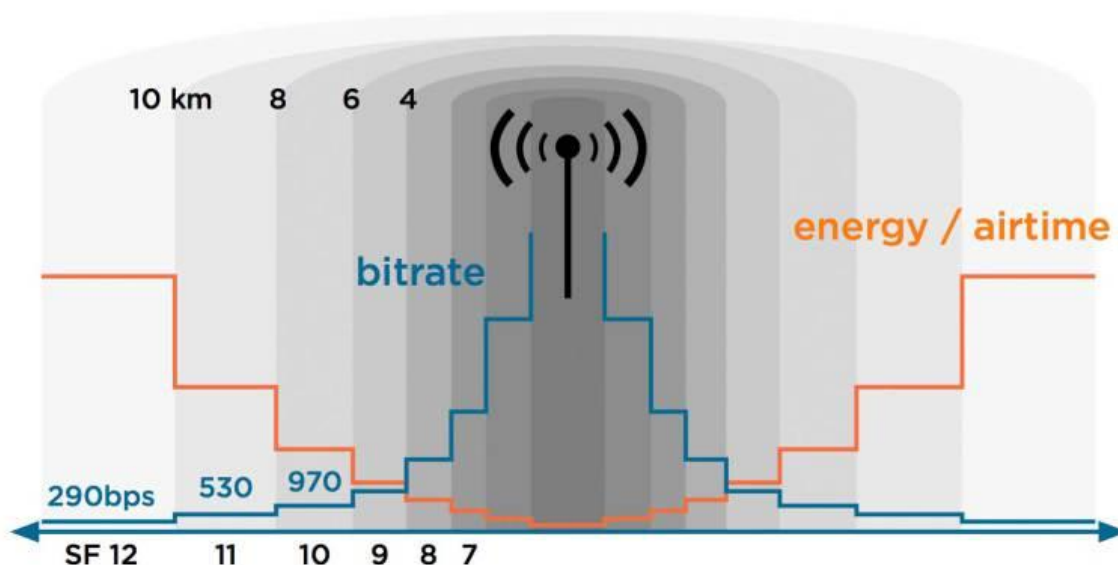


Рисунок 3 – Концентратор iC880A - LoRaWAN - 868MHz от IMST GmbH

В настоящее время все доступное программное обеспечение, встроенное программное обеспечение и документацию можно найти и загрузить с opensource портала Lora-Net. Настоятельно рекомендуется использовать последнюю версию HAL, предусмотренную Semtech <https://github.com/Lora-net>

Особенности:

- Большой радиуса действия
- Высокая надежность
- Невосприимчивость к сторонним вмешательствам
- Поддержка нескольких каналов и коэффициентов распространения

параллельно

Сферы применения:

- Интеллектуальные системы измерения
- Умный город
- IoT и M2M-приложения

Таблица 1 – Технические характеристики:

Рабочее напряжение:	USB (typ. 5 V)
Рабочая температура:	-40°C до +85°C
Размеры (ДхШхВ):	79.8 x 67.3 мм
Выходная мощность РЧ (макс.)	+20 dBm
Интерфейс:	iC880A-USB или iC880A-SPI
Программное обеспечение:	HAL и MAC <a href="https://github.com/Lora-net">https://github.com/Lora-net</a>

### Что такое LoRa концентратор?

Применительно к системе компонентов LoRa понятиями «шлюз» и «концентратор» обозначается одно и то же устройство. В других типах сетей эти два понятия могут обозначать разные типы устройств.

Шлюзы LoRa – это устройства, которые применяются в сетевых топологиях типа «звезда» (радиальных) с большим радиусом действия в глобальных сетях с низким энергопотреблением LPWAN. Шлюз представляет собой многоканальный концентратор с возможностью одновременного приема данных от нескольких узлов (end-node). Благодаря этому подобные концентраторы применяются в сетях с большим числом абонентских устройств.

Особенностью соответствия технологии LoRa является то, что шлюз может производить демодуляцию одновременно нескольких каналов или демодуляцию нескольких сигналов в одном канале. Применение компонентов отличных от компонентов, применяемых в конечных точках, позволяет создавать емкие сети с высокой плотностью устройств.

Шлюзы осуществляют передачу пакетов между конечными точками (узлами) и центральным сервером и выступают так называемым прозрачным мостом. Центральный сервер операторской сети LoRaWAN и концентратор сообщаются по стандартному протоколу TCP/IP (Ethernet, WiFi, GSM). Для подключения шлюза к серверу используются стандартные IP-соединения. Конечные узлы могут подключаться к шлюзу по беспроводным технологиям. При этом возможно подключить их сразу к нескольким концентраторам.

Шлюз (концентратор) LoRa с 8 каналами может получать до 1,5 млн. пакетов в сутки. Это определяет большую возможную емкость сети и возможность обслуживания 62,5 тыс. оконечных устройств. На практике наличие одного транспортного канала и восьми независимых каналов позволяет обслуживать до 5 тыс. абонентских устройств на 1 кв.км.

Шлюз выпускается в нескольких вариантах: с различной канальной емкостью, версии для установки внутри помещений и снаружи (на вышках, зданиях).

Основные характеристики:

1. Соответствие технологии LoRa
2. Работа в режимах отправки/приема данных (Tx/Rx)
3. Возможность построения сетей высокой емкости
4. 8 независимых каналов
5. Возможность обновления ПО оконечных устройств
6. WiFi 2.4GHz/5GHz, IEEE 802.11 a/b/g/n
7. GigabitEthernet (RJ45)
8. 1 порт USB-Host (для подкл. мыши, клавиатуры)
9. Видео/аудио выход HDMI 1.4a

Технология LoRa предназначена для создания беспроводной недорогой системы, которая имеет значительные преимущества перед сотовыми и Wi-Fi сетями, но, с другой стороны, с успехом может их дополнить.

Технология поддерживает батарейные и мобильные устройства с большой дальностью действия, и большие площади могут быть покрыты относительно небольшим количеством базовых станций.

#### **Преимущества LoRa:**

1. Высокая дальность связи. Благодаря высокой чувствительности приемника и применения специальных решений обеспечивается устойчивая связь на расстоянии до 5км в городских условиях при плотной застройке и свыше 15км в сельской местности (более 100км при идеальных условиях)

2. Низкое энергопотребление. Автономные сенсоры могут работать вплоть до 10 лет от одного аккумулятора типоразмера AA. Оборудование LoRa обеспечивает сверхбыстрый переход из режима сна и обратно, потребление в режиме приема данных от 9,7 мА, в режиме передачи от 40мА и в режиме сна всего 200 нА.

3. Защита данных. Ключи шифрования (AES128 для устройства, EUI64 для сети и EUI64 для приложения) делают взлом, прослушивание или намеренное искажение данных почти невозможными.

4. Масштабируемость. ПО IBM LRSC поддерживает до 1 000 000 устройств в одной сети, один шлюз может обслуживать до 5 тысяч оконечных узлов на каждый км<sup>2</sup>. Топология типа звезда без использования повторителей позволяет легко наращивать сеть.

5. Открытость. Open source программное обеспечение, открытость протокола LoRaWAN, открытый, свободный от лицензирования диапазон частот ISM (industrial, scientific and medical)

6. Низкая стоимость. Несколько долларов за чип трансивера, около 15\$ за готовый модем с антенной, отсутствие лицензионных отчислений.

#### ЛИТЕРАТУРА:

[1] <https://github.com/Lora-net>

[2] <https://www.2test.ru/solutions/seti-peredachi-dannykh/aktivnoe-setevoe-borudovanie/iot-resheniya/shlyuzy-kontsentratory-lora.html>