

А.М. Достиярова¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ LORAWAN

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы использования новых трансиверов, построенных с применением технологии LoRa, а также рассмотрены наиболее перспективные области внедрения LoRa устройств.

Аңдатпа. Мақалада LoRa технологияны қолданылған жаңа трансивер болашағы, LoRa құрылымның енгізуінің ең перспективті облыстары көрсетілген.

Abstract. The article discusses the prospects of using new transceivers built using LoRa technology, as well as the most promising areas for implementing LoRa devices.

Ключевые слова: технология, датчик, трансивер, протокол

Түйінді сөздер: технологиясы, датчик, трансивер, хаттама

Keywords: Technology, sensor, transceiver, protocol

23 марта 2015 года Semtech Corporation и исследовательский центр IBM Research объявили о важном достижении в области беспроводных технологий передачи данных, представив новый открытый энергоэффективный сетевой протокол LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks), обеспечивающий значительные преимущества перед Wi-Fi сотовыми сетями благодаря возможности развертывания межмашинных (M2M) коммуникаций.

Основная задача LoRa Alliance – объединение аппаратного и программного обеспечения на базе стандарта LoRaWAN, чтобы обеспечить возможность операторам связи предоставлять услуги “Интернета вещей” как коммерческим организациям, так и частным лицам. Активное использование стандарта позволит значительно упростить задачу соединения миллиардов устройств - от беспроводных датчиков в приложениях промышленной автоматизации и системах безопасности до бытовой электроники.

На основе нового протокола было создано простое в использовании аппаратно-программное решение, включающее в себя программный комплект разработки Mote Runner от IBM и однокристалльные трансиверы Semtech на аппаратном уровне, позволяющее создавать системы с возможностью беспроводной передачи данных на расстояния до 15 км (в зависимости от особенностей рельефа местности). Mote Runner, являющийся средством разработки инфраструктуры беспроводных сенсорных сетей, представляет собой открытую платформу для подключения датчиков и исполнительных механизмов к сети. Среда разработки IBM Mote Runner содержит все необходимые инструменты для проектирования приложений на высокоуровневых объектно-ориентированных языках, таких как Java и предоставляет поддержку отладки и моделирования сети на уровне исходного кода. Для разработки приложений IBM также открыла исходный код протокола LoRaWAN, доступный вместе с примерами как на самом сайте компании, так и на популярном ресурсе github.com [1,2].

Библиотека LMiC размером не более 20 кбайт написана на языке C, обеспечивает реализацию стандарта на MAC уровне и включает в себя готовый код для микроконтроллеров малопотребляющей серии STM32L (ядро Cortex-M3), работающих в связке с приёмопередатчиками компании Semtech семейства SX127x. Она адаптирована для компиляторов IAR, Keil и GCC, а использование при её написании концепции HAL драйверов облегчает процедуру портирования программ при переходе с одного микроконтроллера на другой. Также доступны электрические принципиальные схемы связи микроконтроллер-трансивер с необходимой обвязкой, позволяющие при желании

использовать протестированные схемотехнические решения в своих разработках. В итоге, с учетом применения облачного сервера от IBM, можно получить доступное решение мониторинга своей сети распределенных датчиков без необходимости использования Wi-Fi, GSM, 3G и WiMAX устройств. Аппаратная реализация протокола LoRaWAN основана на применении запатентованного компанией Semtech метода модуляции LoRa, ряд конкурентных преимуществ которого будут рассмотрены далее.

Учитывая максимальную разрешенную выходную мощность отдельных трансиверов, бюджет канала связи составляет 168 дБ, что позволяет организовать гарантированную линию связи на расстояниях до 15 км в сельской местности и до 5 км в условиях плотной городской застройки. Для сравнения, максимально возможная дальность передачи данных интеллектуальных приборов учета с использованием GFSK-модуляции составляет не более 1-2 км.

Следует также отметить, что технология расширения спектра совместно с применяемой упреждающей коррекцией ошибок, восстанавливающей искаженные биты данных, позволяет повысить отношение сигнал/шум и обеспечить работу в условиях импульсных помех. Так, например, при использовании коэффициента расширения SF=12 демодулятор LoRa может работать при соотношении сигнал/шум на входе радиоприёмного тракта равным минус 20 дБ (таблица 1). Здесь отрицательные значения указывают на возможность принимать сигнал ниже уровня собственных шумов [4]. Коррекция ошибок требует внесения небольшой избыточности, связанной с дополнительным кодированием данных в передаваемом пакете.

Таблица 1 – Отношение сигнал/шум различных видов модуляции

Тип модуляции	Отношение сигнал/шум, дБ
LoRa SF=12	- 20
LoRa SF=10	- 15
GMSK	9

LoRa устройства стабильно функционируют в условиях воздействия сильных интерференционных помех от субгигагерцовых сигналов оборудования стандартов 4G/LTE. Так, уровень подавления внутриполосных интерференционных помех у SX1272 на 25 дБ лучше по сравнению с компонентами с частотной манипуляцией. Еще одной отличительной чертой являются превосходные селективные возможности приёмников. Типовые значения соответствующих показателей будут рассмотрены далее применительно к конкретным устройствам.

В системах автоматизации часто вынужденно приходится применять ячеистую топологию сети для организации надёжного канала связи с удалёнными от координатора узлами. В этом случае разработчикам необходимо рассмотреть варианты питания, а также обеспечить маршрутизацию, автоматическое распознавание, самовосстановление и исключение отказа всей сети в результате выхода из строя одного узла, что является непростой задачей как на уровне протокола, так и на уровне “железа”. Приёмопередатчики LoRa со сверхдальним радиусом действия гарантируют простоту развертывания сети, так как они ориентированы на использование топологии “звезда”, простейшей архитектуры с наименьшей задержкой, не требующей транзитной передачи данных через ретрансляторы (рисунок 2).

В звездообразной сети легко рассчитать длительность автономной работы каждого узла от батареи, что делает ее идеальной для применения в различных интеллектуальных приборах учета.

Предлагаемые компанией Semtech микросхемы трансиверов серии SX127x для конечных узлов имеют ультранизкое собственное энергопотребление от 9,7 мА в режиме приема и 200 нА в режиме ожидания со сверхбыстрым переходом в рабочий режим,

поэтому они рекомендованы для устройств с батарейным питанием [5]. Адаптивный механизм выбора скорости передачи данных позволит увеличить срок службы батарей, улучшить ёмкость, пропускную способность и масштабируемость сети.

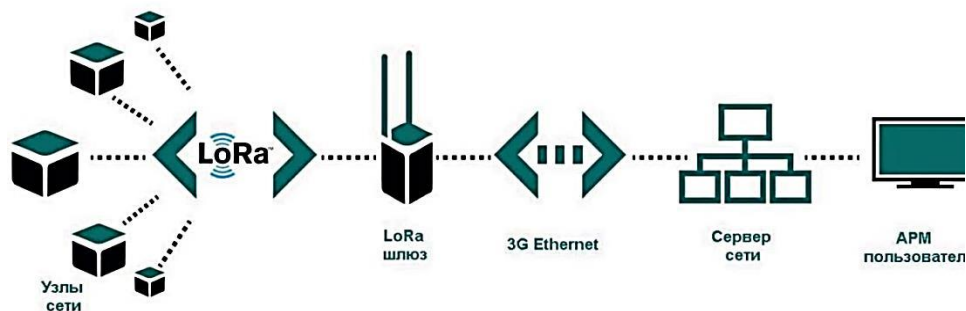


Рисунок 2 – Структурная схема сети с использованием беспроводных датчиков на базе трансиверов LoRa

При масштабах развёртываемой сети, исчисляемых сотнями и тысячами узлов, не менее важным фактором становится не только надёжность соединения, но и стоимость готового решения. Низкая стоимость применения сетей LoRaWAN обуславливается малой себестоимостью конечных узлов сети (микросхема серии SX127x и микроконтроллер STM32L стоят всего несколько долларов), отсутствием ретрансляторов, доступностью бесплатного протокола и использованием для радиосвязи нелицензированного ISM диапазона частот, что является дополнительным фактором распространения систем на территории Российской Федерации. Напомним, что в России на основании решения Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) для указанных целей в диапазоне от 100 МГц до 10 ГГц выделены следующие каналы: 433,92 МГц $\pm 0,2\%$; 868,7-869,2 МГц; 2,45 ГГц $\pm 2,0\%$; 5,8 ГГц $\pm 1,3\%$. Эти частоты могут использоваться без оформления соответствующего разрешения ГКРЧ при условии соблюдения требований по ширине полосы, излучаемой мощности и назначению готового изделия.

Несмотря на новизну стандарта LoRaWAN, на рынке сетевых приложений уже доступно множество примеров его практического применения. Так, компания Kerlink выбрала технологию LoRa Semtech для получения большей дальности связи спроектированной станции “Интернета вещей”, что позволит интеграторам строить свои собственные сети, контролирующее оборудование или различные датчики и счётчики.

На рисунке 3 станция LoRa IoT обеспечивает сбор данных с оконечных узлов (LoRaMote) и передает полученную информацию посредством Ethernet (по умолчанию) или GPRS (после конфигурирования) на сервер iot.semtech.com [5]. Сервер содержит список доступных IoT станций (шлюзов), показывает активность и карту сети, а также хранит и отображает принятые данные от каждого узла в текстовом или графическом виде (рисунок 4).

В настоящее время M2M-оператор Senet внедряет 20 тысяч LoRa-устройств от Semtech с программным обеспечением IBM LRSC, чтобы отслеживать уровни в газовых и топливных баках, находящихся на территории жилых зданий и предприятий на западном и восточном побережьях США. Каждый час сенсоры собирают и передают по защищенным каналам связи информацию об уровне топлива в баках, состоянии измерительных приборов и recalibration датчиков поставщикам горючего, которые впоследствии принимают решения о необходимости пополнения запасов.

Наиболее перспективные области внедрения LoRa устройств:

- Охрана здоровья. Специальные автономные многофункциональные датчики могут быть использованы для дистанционного контроля здоровья и в системах оповещения об экстренных изменениях состояния организма человека, а также в продукции для фитнеса, измеряющей шаги, вес, кровяное давление и т.д.;

- Энергетика. Построение автоматизированных умных сетей электроснабжения для повышения эффективности использования энергии в зданиях и на производственных предприятиях, а также стабильности поставок электроэнергии. Ожидается, что беспроводные датчики и исполнительные механизмы будут в скором времени интегрированы во все виды устройств, потребляющих энергию (лампы, выключатели, телевизоры и т.п.) и смогут взаимодействовать с поставщиками энергии для организации оптимального энергетического баланса;

- Умный город. Популярная некогда концепция “умного дома” сменилась идеей “умного города”, когда все устройства города соединяются между собой. Беспроводные модули осуществляют мониторинг механических, электрических и электронных систем, используемых в современных зданиях, а также контроль доступа, при этом они абсолютно не зависят ни от системы электропитания, ни от коммуникаций;

- Транспорт. Для осуществления разнообразных функций коммуникации в транспортных системах, построения систем контроля загруженности автодорог, “умных парковок”, логистических систем, а также контроля безопасности и помощи на дорогах;

- ЖКХ. Применение интеллектуальных беспроводных счетчиков помогает легко организовать автоматизированный учет расходов энергоресурсов (воды, тепла, газа, электроэнергии) в квартирах, коттеджах и в офисных зданиях, а также в режиме реального времени отслеживать состояние применяемого оборудования и в случае возникновения аварийных ситуаций оперативно на них среагировать.

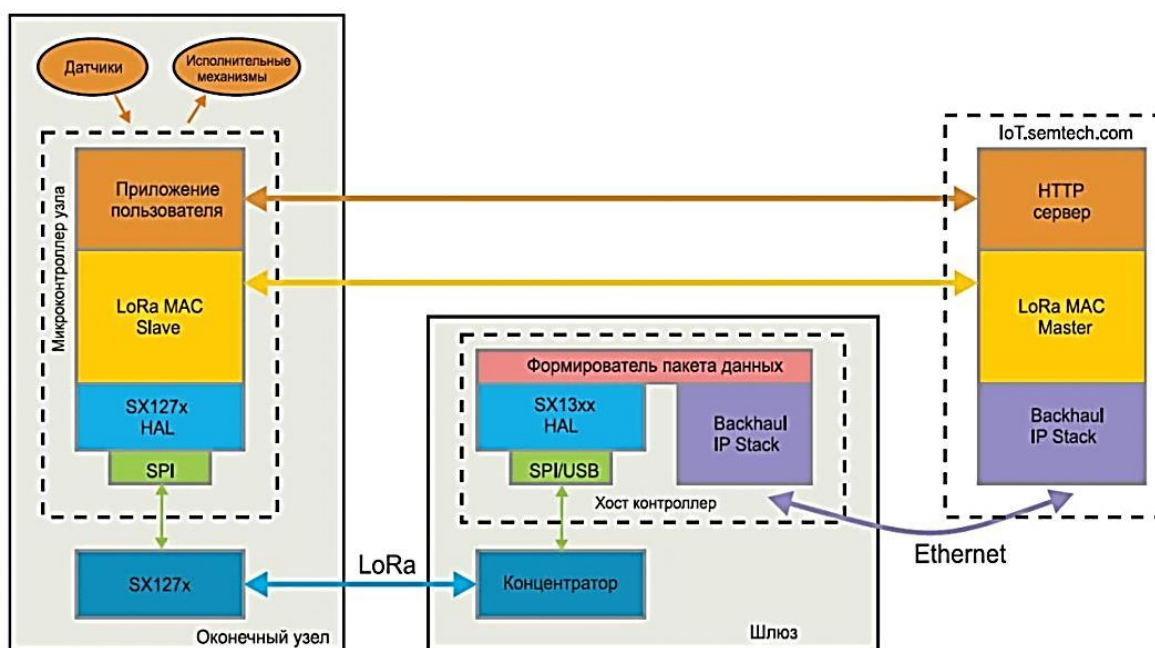


Рисунок 3 – Взаимодействие узлов в станции «Интернет вещей»

Очевидно, что применение LoRa технологии актуально прежде всего для производителей счётчиков, которые могут еще на этапе проектирования внести в схему и конструкцию необходимые изменения. Но при желании возможна и адаптация разнообразных устройств, применяемых в настоящее время в ЖКХ, под стандарт LoRaWAN, используя микроконтроллер, составляющий основу оконечного узла сети. В этом случае он осуществляет взаимодействие посредством распространенных цифровых интерфейсов (USART, SPI и т.д.) с интеллектуальными трехфазными счетчиками на основе микропроцессоров или специализированных ИС либо обеспечивает функцию

измерения импульсов от простейших механических однофазных счетчиков при помощи встроенных таймеров.



Рисунок 4 – Графическое представление результатов измерения параметров узла на сервере

Вывод. Распространение экономически эффективных технологий беспроводной связи и широкая доступность системных решений привели к резкому росту “Интернета вещей”. Новые трансиверы, построенные с применением технологии LoRa, обладают превосходной чувствительностью приёмника, малым собственным энергопотреблением, отличной помехозащищенностью линии связи и широкими функциональными возможностями. Наличие открытого протокола LoRaWAN с примерами кода ускоряет процесс разработки беспроводных устройств. Все это в совокупности позволяет реализовывать более простые сети передачи данных с увеличенным радиусом действия, длительным временем автономной работы и гарантированным обнаружением полезного сигнала на фоне воздействия помех.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://www.zurich.ibm.com/pdf/lrsc/lmic-release-v1.5.zip>
- [2] <https://github.com/Lora-net/LoRaMac-node>
- [3] Верхулевский К. Однокристалльные ISM-трансиверы Semtech: уверенная связь в сложных условиях. // Компоненты и технологии. – 2013. – №6. – с. 110-116.
- [4] SX1272/3/6/7/8: LoRa modem design guide. // Application note 1200.13, rev.1, July 2013. // semtech.com.
- [5] Wireless RF Solutions. // Selector Guide. 2014. // www.semtech.com.