

УДК 004.773.6

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УСТРОЙСТВ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МОДУЛЯЦИИ LORA

КАЛЕНКОВИЧ Е. Н., ИГНАТОВИЧ М. Д., БЕКЕШКО Р.В., КОРШУН М. В., КОРШУН Е. В.,
ПАВЛЮЧЕНКО Н. Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. В докладе рассматривается макет и методика проведения экспериментов для оценки дальности передачи данных в системах, использующих LoRa модуляцию. Приведены результаты некоторых экспериментов по оценке дальности в зависимости от параметров модуляции.

Abstract. The report discusses the layout and methodology for conducting experiments to assess the range of data transmission in systems using LoRa modulation. The results of some experiments on distance estimation depending on the modulation parameters are presented.

Введение

В настоящее время быстрыми темпами происходит развитие технологии «Интернет вещей» (Internet of Things, IoT). Одной из ключевых особенностей системы «Интернета вещей» является взаимодействие различных устройств между собой с использованием разного типа радиоканалов и проводных каналов передачи информации. В качестве одной из технологий передачи данных по радиоканалу, является технология передачи данных с использованием модуляции LoRa и сетей передачи данных LoRaWAN на ее основе. Разработчики LoRa Alliance позиционируют LoRa как технологию, имеющую значительные преимущества перед сотовыми сетями и Wi-Fi. Это достигается благодаря возможности обеспечения передачи данных на большие расстояния при скоростях передачи до 50 кбит/с, при минимальном потреблении электроэнергии. Будучи открытой платформой, работающей в безлицензионном диапазоне частот, модель развертывания сети для устройств, использующих LoRa модуляцию, является гибкой и может быть адаптирована под различные бизнес-модели и решение различных прикладных задач. Наиболее перспективным применением является сбор данных с различного рода датчиков и сенсоров, работающих, как правило, автономно, расположенных в определенной области пространства, которые позволяют производить мониторинг каких-либо параметров, либо производить управление различными процессами в составе систем автоматизации.

Задачей исследований ставилось изучение вопроса обеспечения заданного качества обмена данными между устройствами в реальной электромагнитной обстановке.

Разработка макета и методики проведения экспериментов

Для проведения экспериментальных исследований по определению максимальной дальности передачи информации в реальных условиях был разработан макет, структурная схема которого показана на рисунке 1.

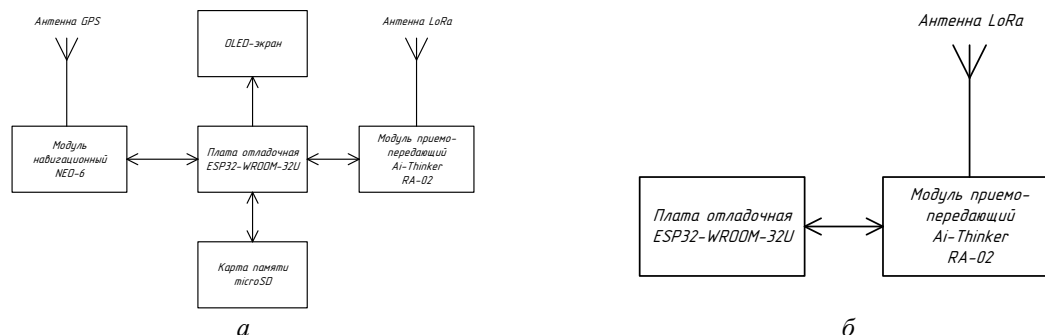


Рис. 1. Структурная схема макета для проведения измерения дальности передачи (а) и макета узла ретрансляции (б)

Схема, показанная на рисунке 1, *а* состоит из следующих основных узлов:

- отладочной платы на основе SoC ESP32-WROOM-32U;
- навигационного модуля NEO-6;
- OLED-дисплея;
- карты памяти формата microSD;
- приемо-передающего модуля Ai-Thinker RA-02;
- антенн.

Отладочная плата является системой на кристалле на базе двух ядерного микроконтроллера Xtensa® 32-bit LX6. Она является основной частью макета и осуществляет решение следующих задач:

- формирование информационных пакетов и отправку их на приемо-передающий модуль с заданными параметрами модуляции;
- прием информации с навигационного модуля о текущих координатах и времени;
- прием ответных пакетов с приемо-передающего модуля;
- вывод полученной информации на OLED-дисплей;
- сохранения результата на карту памяти формата microSD.

Навигационный модуль NEO-6 служит для приема сигналов навигационной системы GPS и формирования текущих координат и времени в точке приема.

Приемо-передающий модуль Ai-Thinker RA-02 является радиомодемом, работающим с использованием модуляции LoRa в частотном диапазоне 433 МГц. Он служит для передачи и приема информационных пакетов. Параметры режимов работы данного модуля могут изменяться программно.

OLED-дисплей служит для отображения переданной и принятой информации, отображения параметров модуляции, текущих координат и времени.

Сохранение результатов производится на карту памяти.

Антенны служат для приема и передачи сигналов соответствующих модулей и представляют собой спиральные антенны с заявленным производителем коэффициентом усиления +3 дБи.

Для удобства работы использован принцип работы с ретрансляцией сигнала. Структурная схема ретранслятора показана на рисунке 1, *б*. Данный макет в своем составе имеет аналогичные отладочную плату и приемо-передающий модуль. Задачей данного макета являлась ретрансляция принятого пакета обратно с добавлением в исходный пакет информации об уровне сигнала в точке приема.

Методика проведения эксперимента заключается в следующем. Основной макет производит периодическую отправку информационных пакетов фиксированной длины. В состав передаваемой информации входят номер передаваемого пакета, параметры модуляции LoRa, координаты, время и другие данные. Макет ретранслятор осуществляет прием пакетов, производит добавление в пакет информации об уровне сигнала (RSSI), зафиксированном в точке расположения ретранслятора и отправляет его обратно. Основной макет принимает ответный пакет от ретранслятора, сохраняет его на карте памяти и отображает принятую информацию на экране индикатора.

Также использовался вариант работы макетов с динамическим изменением параметров модуляции. В таком режиме на основном макете при помощи кнопок управления выставлялись параметры модуляции и мощности передатчика. Эти данные передавались в составе информационного пакета. Ретранслятор, получив пакет, осуществлял отправку ответного пакета, и, если в принятом пакете были указаны настройки модуляции отличные от текущих, менял их на новые. В очередном цикле передачи основной макет осуществлял передачу уже с новыми параметрами модуляции. Если в результате работы ретранслятор переставал осуществлять прием пакетов по какой-либо причине, то он переходил к приему с настройками по умолчанию.

Были проведены эксперименты по определению максимальной дальности передачи информации в условиях прямой видимости с учетом рельефа местности и реальной электромагнитной обстановки. Так как в составе макета был использован навигационный модуль, то обработка результатов также производилась с учетом привязки к местности путем наложения точек на карту значений принятого уровня сигнала. В таблице 1 и на рисунке 2 показаны некоторые результаты измерений для различных параметров ширины полосы пропускания BW и коэффициента расширения спектра SF. Мощность передатчиков была установлена на уровне +7 дБм с учетом коэффициента усиления антенны +3 дБи. Данные параметры мощности были обусловлены требованиями законодательства (не более +10 дБм эквивалентной излучаемой мощности). Высота антенн приемо-передающих модулей составляла примерно 1,5 м.

Таблица 1. Дальность передачи информации, м

Ширина полосы пропускания	Коэффициент расширения спектра		
	SF = 7	SF = 9	SF = 12
20,8 кГц	409	690	873
125 кГц	537	728	830

Как видно из приведенных данных, при увеличении коэффициента расширения спектра происходит увеличение дальности передачи информационных пакетов. Полоса занимаемых сигналом частот также влияет на максимальную дальность. Кроме этого следует учитывать характер местности и месторасположение приемных и передающих антенн, а также окружающей электромагнитной обстановки.



Рис. 2. Результаты измерений при различных параметрах коэффициента SF

Заключение

В данной работе рассмотрены экспериментальные исследования по определению дальности передачи данных с использованием LoRa модуляции. Приведены структурные схемы оборудования и методика для проведения эксперимента. Полученные результаты позволят производить оценку зоны действия систем передачи данных в LoRaWAN сетях, а также в системах использующих LoRa модуляцию в различных условиях электромагнитной обстановки с учетом рельефа местности.

Список использованных источников

1. LoRaWAN® | The Things Network [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.thingsnetwork.org/docs/lorawan/>.
2. Передающий модуль Ra-02 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.ai-thinker.com/_media/lora/docs/c048ps01a1_ra-02_product_specification_v1.1.pdf.
3. LoRa Modulation Basics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.semtech.com/uploads/documents/an1200.22.pdf>.