

Министерство образования Республики Беларусь

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА»
(ВГУ ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА)

УДК 621.396.229.004.716

Per.№ 20200683



О Т Ч Е Т
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Разработка системы телемеханики на базе технологии LoRa

(заключительный)

Грант аспирантов, докторантов и студентов
Министерства образования Республики Беларусь

Научный руководитель
кандидат физ.-мат. наук, доцент



4.01.2021г.

И.Ф. Кашевич

Витебск 2021

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель
кандидат физ.-мат. наук, доцент

Каш 4.01.2021

И.Ф. Кашевич
(заключение)

Исполнитель гранта,
аспирант

Дов 4.01.2021

Д.А. Довгулевич
(реферат, содержание, введение,
глава 1, глава 2, глава 3,
заключение, список
использованных источников,
библиография)

Нормоконтроль

Харк 4.01.2021

Т.В. Харкевич

Реферат

Отчет 34 с., 1 кн., 18 рис., 2 таб. 15 источников.

LORA, ТЕЛЕМЕХАНИКА, ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ, LPWAN,
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СЕТИ, ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ,
БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ

Объект исследования – системы телемеханики, основанные на беспроводных энергоэффективных технологиях связи дальнего радиуса действия и устройства базирующиеся на них

Цель работы – проектирование и разработка аппаратно-программного комплекса на базе беспроводной технологии передачи данных LoRa для построения быстро разворачиваемых низкобюджетных сетей для локального внедрения.

Методы исследования: общелогические и общепризнанные методы научного познания, логические методы анализа и синтеза принципиальных схем, линейный итерационный метод разработки программного обеспечения.

Степень внедрения – внедрение в рабочий процесс РУП «Витебскэнерго» Филиал «Учебный центр», в отдел электронных средств. Внедрение в учебный процесс УО «Витебский государственный университет» факультета математики и информационных технологий в 2020/2021 уч. году;

Результатом работы является аппаратно-программное решение, позволяющее строить на его основе различные устройства, использующие за основу радио тракт на базе технологии LoRa, а также решение по дистанционному управлению освещением «ReLight»

Данная работа позволит снизить затраты на построение и эксплуатацию энергоэффективных сетей дальнего радиуса действия, за счет отказа от услуг сторонних провайдеров и простоты разворачивания сети. Результаты данного исследования могут применяться при производстве оборудования, которое можно в дальнейшем использовать для разворачивания систем телемеханики без существующей инфраструктуры. Базируясь на полученных результатах, можно разрабатывать другие устройства, использующие беспроводные технологии для коммуникации.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| СОДЕРЖАНИЕ | 4 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| 1 Теоретический обзор применяемых технологий | 7 |
| 1.1 Энергоэффективные сети дальнего радиуса действия | 7 |
| 1.2 Особенности технологии LoRa | 8 |
| 2 Разработка модуля передачи данных | 10 |
| 2.1 Разработка аппаратного обеспечения | 10 |
| 2.2 Разработка цепи обвязки микроконтроллера и радиомодуля | 10 |
| 2.3 Разработка цепи питания и интерфейсов сбора данных | 12 |
| 2.4 Разработка программного обеспечения | 15 |
| 2.5 Настройка микроконтроллера, инициализация периферии | 15 |
| 2.6 Создание драйвера для работы с трансивером SX127х..... | 17 |
| 2.7 Организация передачи данных | 23 |
| 3 Реализация и тестирование системы телемеханики | 25 |
| 3.1 Сборка тестового образца | 25 |
| 3.2 Тестирование дальности и качества связи..... | 26 |
| 3.3 Тестирование времени автономной работы | 27 |
| 3.4 Беспроводной выключатель освещения и устройств «ReLight» | 28 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 30 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... | 33 |

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время всё чаще на слуху такое понятие как Интернет Вещей (Internet of Things) или сокращенно IoT. Это концепция, суть которой заключается в объединении предметов в единую сеть для взаимодействия между собой и внешним миром. Эта концепция активно развивается и внедряется как в быту, для автоматизации рутинной работы, такой как уборка, так и в промышленности.

Для взаимодействия вещей друг с другом традиционные интернет сети, такие как Wi-Fi, GSM, Ethernet, оказались плохо пригодными из-за высокого потребления электроэнергии конечных модемов и небольшой емкости сети. Поэтому для IoT были разработаны свои стандарты сетей передачи данных, такие как BLE, ZigBee, NB-IoT, LoRa, LTE-M и ряд других. Среди всех стандартов, разработанных для IoT, можно выделить отдельную группу – Low-power Wide-area Network (энергоэффективные сети дальнего радиуса действия) или сокращенно LPWAN. Одним из представителей таких стандартов является LoRa.

Их основное отличие – это низкая скорость передачи, но при этом большая дальность и пробивная способность сигнала, в совокупности с длительным сроком автономной работы. Среди этих технологий хорошими характеристиками связи и возможностью самостоятельного разворачивания сети выделяется технология LoRa.

Подход, используемый для построения LPWAN-сети, схож с принципом работы сетей мобильной связи. LPWAN-сеть использует топологию «звезда», где каждое устройство взаимодействует с базовой станцией напрямую. Сети городского или регионального масштаба строятся с использованием конфигурации «звезда из звезд»

Преимущества сетей дальнего радиуса действия на базе технологии LoRa (по сравнению с наиболее распространенными сейчас 2G и 3G) это большая пробивная мощность сигнала, большее время автономной работы и отсутствие в необходимости услуг операторов связи. Эти отличия открывают широкий спектр применений как в комплексе с уже существующими сетями, так и вместо них.

Цель работы – проектирование и разработка аппаратно-программного комплекса на базе беспроводной технологии передачи данных LoRa для построения быстро разворачиваемых низкобюджетных сетей для локального внедрения

Задачами для достижения цели являются:

1. Изучение материалов по энергоэффективным сетям дальнего радиуса действия, существующим решениям в данной отрасли;
2. Изучение существующих радиомодулей и трансиверов, работающих по технологии LoRa, и выбор для использования в дальнейшей разработке;

3. Разработка аппаратной части устройства для организации сети телемеханики.

4. Разработка программного обеспечения устройства для организации сети телемеханики.

5. Тестирование полученного устройства на работоспособность и качество связи и разработка альтернативного устройства на базе имеющейся схемотехники и ПО.

При написании данной работы были использованы: документация на используемые компоненты; статьи различных зарубежных интернет-изданий и информация с официальных сайтов производителей.

Основными источниками, раскрывающими особенности использования технологии LoRa, послужила документация с официального сайта, описывающая принципы работы технологии, возможности трансиверов SX127x, принципы управления им, и способы передачи данных. Описание и особенности ARM микроконтроллеров, в частности STM32f1xx и STM32L0xx, были получены из официальной документации на соответствующие микроконтроллеры предоставляемая производителем чипов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Интернет вещей — основа новой экономики* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.itweek.ru/iot/article/detail.php?ID=182807> – Дата доступа: 28.04.2020.
2. *LPWAN* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/LPWAN> – Дата доступа: 28.04.2020.
3. *В Беларуси разрешили запустить первую сеть для «интернета вещей»* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.bybanner.com/article/24063.html> – Дата доступа: 28.04.2020.
4. *Основы LoRa и LoRaWAN* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://lorawan.lace.io/faq/> – Дата доступа: 28.04.2020.
5. AN1200.22 LoRa™ Modulation Basics [Электронный ресурс] // Revision 2, May 2015 Semtech Corporation // Режим доступа: <https://www.mouser.com/datasheet/2/761/sx1276-1278113.pdf> – Дата доступа: 28.04.2020.
6. *Powering Narrowband Wireless Modules for IoT-Related Applications with LiMnO2 Cells Reference Design* [Электронный ресурс]. / Texas Instruments Incorporated // Design Guide: TIDA-010053 [PDF]. [2020]. – Режим доступа: <https://www.compel.ru/wordpress/wp-content/uploads/2019/09/ishodnik.pdf> – Дата доступа: 28.04.2020.
7. SX1276/77/78/79 - 137 MHz to 1020 MHz Low Power Long Range Transceiver [Электронный ресурс] // Rev. 5 - August 2016 ©2016 Semtech Corporation // Режим доступа: <https://www.mouser.com/datasheet/2/761/sx1276-1278113.pdf> – Дата доступа: 28.04.2020.
8. Application Note: MCU Requirements for LoRaWAN [Электронный ресурс] // AN1200.28 Rev 3 December 2017 // Режим доступа: <https://semtech.my.salesforce.com/sfc/p/#E0000000JelG/a/2R000000HSRS/> – Дата доступа: 28.04.2020.
9. *Технология LoRa в вопросах и ответах* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://wireless-e.ru/wp-content/uploads/4218.pdf> – Дата доступа: 28.04.2020
10. STM32F103x8 STM32F103xB [Электронный ресурс] // August 2015 DocID13587 Rev 17// Режим доступа: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf> – Дата доступа: 28.04.2020.
11. STM32L011x3 STM32L011x4 [Электронный ресурс] // June 2016 DocID027973 Rev 4 // Режим доступа: <https://www.infinite-electronic.ru/datasheet/54-STM32L011K4U3.pdf> – Дата доступа: 28.04.2020.
12. *Технология LoRa* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/realtrac/blog/304312/> – Дата доступа: 28.04.2020.
13. *Synchronous LoRa Mesh Network to Monitor Processes in Underground Infrastructure* [Электронный ресурс] // Received March 19, 2019 – Режим доступа:

https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag%3A18666/datastream/PDF/Ebi-2019-Synchronous_LoRa_mesh_network_to-%28published_version%29.pdf – Дата доступа: 28.04.2020.

14. Микропроцессорная и вычислительная техника, «Процессорные ядра семейства Cortex», – Режим доступа: http://www.electronics.ru/files/articlepdf/0/article135_39.pdf – Дата доступа: 28.04.2020

15. Тестирование радиомодемов LoRa/LoRaWAN RN2483. Часть 1, LoRa [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/398229/> – Дата доступа: 28.04.2020