



Комнатный шлюз LoRaWAN с поддержкой LTE

Шлюз Wirnet iFemtoCell-Evolution предназначен для развертывания сети LoRaWAN внутри помещений для применения в проектах «Умный дом», «Умный город» и других аналогичных проектах Интернета Вещей. Шлюз Wirnet iFemtoCell-evolution относится ко станциям второго поколения. Он построен на базе операционной системы Linux с программным обеспечением, идентичным в устройствах серий iBTS, iStation и iFemtoCell.

Шлюз KERLINK для сетей LoRaWAN

Новый шлюз Wirnet iStation, поддерживающий возможности использования в качестве опорной сети сеть связи стандарта 4G и содержащий полностью интегрированные внутренние антенны и выполняющий требования потребителей в части быстрого и лёгкого развёртывания и управления сетями Интернета-Вещей стандарта LoRaWAN.



Трекеры Wanesy Wave от компании Kerlink



Компания Kerlink расширила свою линейку LoRaWAN-оборудования за счет выпуска трекера Wanesy Wave, позволяющего локализовать местонахождение всех устройств, использующих интерфейсы связи BLE (Bluetooth Low Energy) и Wi-Fi. В обзорной статье рассматриваются отличительные особенности сетей стандарта LoRaWAN, ключевые технические характеристики новинки и практические аспекты ее применения.

Компания «КВЕСТ», г. Выборг

Современный интернет вещей (Internet of Things – IoT) объединяет множество окружающих нас электронных устройств, общающихся между собой с помощью различных коммуникационных протоколов и имеющих выход в единую глобальную сеть. Его приоритетное назначение – сбор информации, полезной или просто необходимой для улучшения эффективности работы широкого спектра применений. Ежегодно к IoT подключаются миллионы единиц оборудования, предназначенного для организации надежного функционирования систем логистики, безопасности и промышленной автоматизации, работы жилищно-коммунального хозяйства, транспорта и т. д.

Одной из самых известных и распространенных технологий связи для IoT является LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks), разработанная совместно компаниями Semtech и IBM и относящаяся к категории энергоэффективных сетей широкого радиуса действия (LPWAN). Беспроводные сети стандарта LoRaWAN ориентированы на передачу небольших пакетов телеметрических данных от различных устройств и датчиков. На физическом уровне используется запатентованный Semtech способ модуляции LoRa, являющийся разновидностью метода расширения спектра и обеспечивающий превосходную чувствительность приема и рекордные показатели общего бюджета канала связи (до 170 дБ).

К другим преимуществам сетей LoRaWAN относятся:

- ▶ использование субгигагерцевых ISM-диапазонов частот (433, 868, 915 МГц), не требующих лицензирования и доступных по всему миру. Данная особенность позволяет избежать затрат на услуги связи и роуминга. Для России утвержден региональный частотный диапазон 864–869 МГц;
- ▶ открытость и стандартизация протокола передачи данных, способствующие уменьшению зависимости от изготовителей оборудования и программного обеспечения;
- ▶ низкое собственное энергопотребление оконечных устройств сети [1]. Расчетный срок службы типового датчика составляет 5 лет (максимально достижимый – 10 лет) при использовании в качестве элемента питания одного аккумулятора типа AA. Как следствие, значительная экономия на техническом обслуживании узлов сети;
- ▶ большой радиус действия, достигающий 5 км в условиях плотной городской и промышленной застройки и 15 км в зоне прямой видимости;
- ▶ отличная масштабируемость сети, обеспечиваемая базовой топологией типа «звезда». Отсутствие необходимости применения ретрансляторов;
- ▶ простота монтажа обуславливается использованием автономного питания узлов сети и беспроводного LoRa-соединения.

Как было отмечено выше, концепция интернета вещей изначально

подразумевает наличие большого количества цифровых устройств, созданных в разное время и поддерживающих разнообразные протоколы связи. При эксплуатации LoRaWAN может возникнуть необходимость обеспечить взаимодействие с уже существующей инфраструктурой для расширения функциональных возможностей и получения гибкости эксплуатации сети. Одним из очевидных способов решения этой задачи является внедрение некоего устройства согласования, являющегося посредником между элементами сети LoRaWAN и приборами, использующими распространенные стандарты передачи данных.

Отличительные особенности трекера Wanesy Wave

Компания Kerlink для данных целей предлагает трекер Wanesy Wave, позволяющий в режиме реального времени обнаруживать и определять местоположение стационарных и мобильных устройств, построенных с применением технологий связи Wi-Fi и (или) BLE. К таким электронным приборам относятся, например, смартфоны, планшеты, BLE-датчики различного функционального назначения и т. д. Трекер по своей сути является устройством сбора данных, а в типовой структуре LoRaWAN-сети занимает место оконечного узла класса A. Предназначенный для эксплуатации внутри помещений, он выступает в качестве моста между абонентами

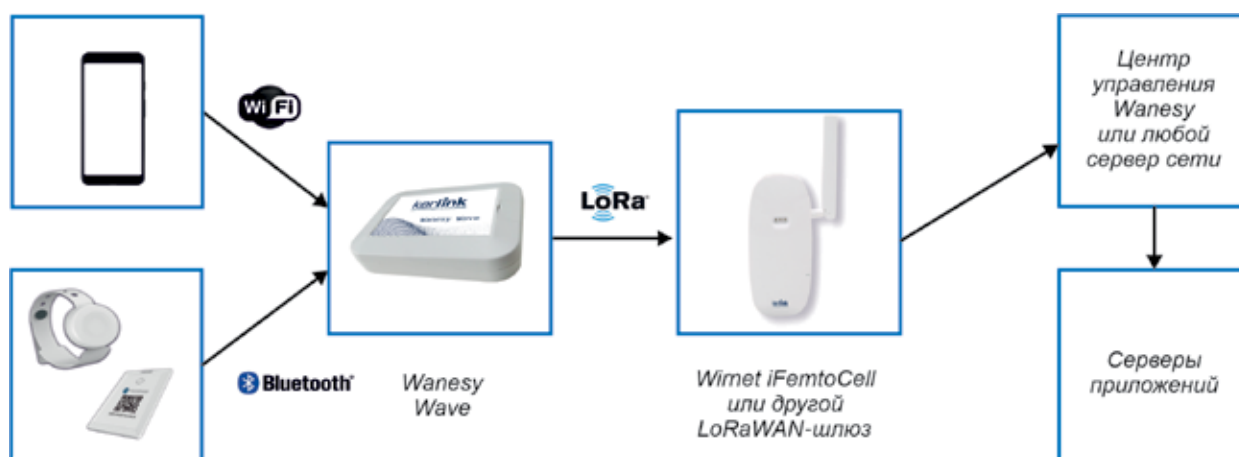


Рис. 1. Упрощенная структура LoRaWAN-сети в случае применения трекера Wanesy Wave

и базовыми станциями (Wimnet iFemto-Cell или другими). На базовые станции (шлюзы) накопленная информация передается посредством беспроводного соединения с использованием метода модуляции LoRa [2]. Общение базовых станций и сетевого сервера, в свою очередь, осуществляется путем организации стандартного IP-соединения с помощью Ethernet, Wi-Fi, 4G/LTE или других телекоммуникационных протоколов (рис. 1). Вместо сервера также можно использовать центр управления Wanesy – мощный комплекс для развертывания, эксплуатации и управления сетевым оборудованием в составе LoRaWAN.

Использование технологии LoRaWAN позволяет добиться отличной масштабируемости проектируемой се-

ти. В то же время открытость стандарта гарантирует полную совместимость устройств от различных производителей, что позволяет выбрать оптимальное по соотношению цена/качество решение.

Гарантированный радиус действия трекера в пределах офисов с большим количеством мебели, металлическими или деревянными дверьми составляет 10–15 м и для Wi-Fi, и для BLE-технологий. Радиус покрытия в офисах открытого типа, а также цехах, складских и других помещениях увеличивается до 30 м.

По умолчанию режим работы следующий:

- ▶ каждые 60 секунд проводится BLE-сканирование длительностью 10 секунд;

- ▶ подтверждение наличия всех BLE-устройств в зоне действия выполняется каждые 5 минут;

- ▶ отправка LoRaWAN-пакета данных – каждые 40 секунд или более.

Поиск и подсчет Wi-Fi-устройств по умолчанию не активирован, запуск данного режима осуществляется при получении команды от сервера сети, при этом трекер запоминает свою новую конфигурацию и уже после перезагрузки начинает работу с Wi-Fi.

На аппаратном уровне трекер Wanesy Wave состоит из нескольких основных узлов. Элементы, выделенные синим цветом, схематически полностью соответствуют отладочной плате производства Kerlink, предлагаемой для быстрого освоения IoT. Дополнительные блоки, необходимые

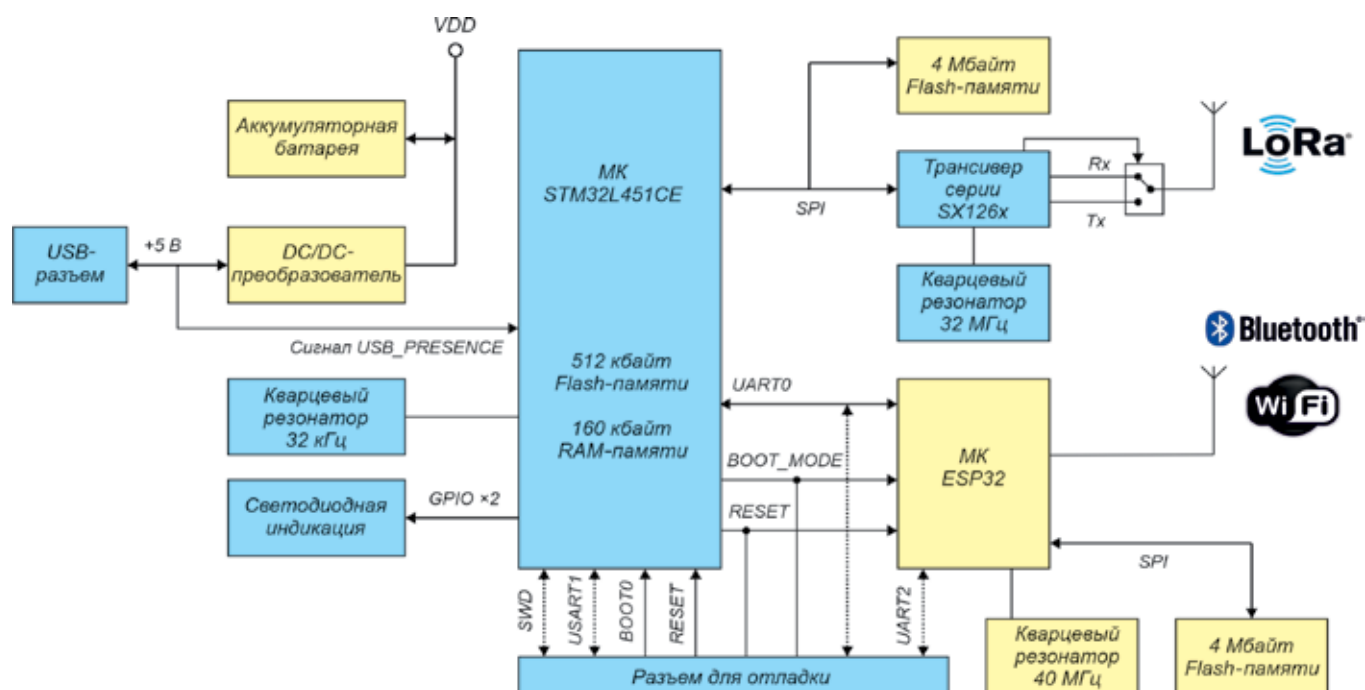


Рис. 2. Структурная схема трекера Wanesy Wave

для реализации заданной функциональности трекера, отмечены желтым цветом (рис. 2).

За прием и передачу сигналов Bluetooth и Wi-Fi отвечает чип ESP32, разработанный компанией Espressif Systems. Представляет собой систему на кристалле, образованную двухъядерным процессором Tensilica Xtensa LX6 и интегрированными контроллерами Wi-Fi и Bluetooth. Процессор обладает максимальной тактовой частотой 240 МГц и способен выполнять до 600 млн операций в секунду. Доступный на кристалле объем ОЗУ составляет 520 кБ, ПЗУ – 448 кБ, который может быть увеличен на 4 МБ путем применения внешней распаянной на плате флеш-памяти. Также в систему интегрирован радиочастотный тракт: антенные коммутаторы, маломощный усилитель, усилитель мощности, фильтры и т. д. Беспроводная связь обеспечивается в соответствии со стандартами 802.11 b/g/n/e/1 (Wi-Fi) и v4.2 BR/EDR или BLE (Bluetooth). При работе в режиме BLE выходная мощность передатчика достигает +12 дБм, а чувствительность приемника –97 дБм. Блок Wi-Fi способен обеспечить повышенную до +20 дБм мощность (в режиме 11b) и максимальную скорость передачи данных 150 Мбит/с в режиме 11n. Безопасность функционирования гарантируется благодаря применению аппаратного шифрования по алгоритмам AES, SHA-2, RSA, ECC, RNG. Кроме того, поддерживаются все функции безопасности стандарта IEEE 802.11, в том числе WFA, WPA/WPA2 и WAPI.

Для работы с LoRaWAN-сетью применяется один из трансиверов серии SX126x, выпускаемой компанией

Semtech. В настоящее время в трекеры устанавливаются однотипные микросхемы SX1261 или SX1262, выбор конкретной модели и параметров ее пассивной «обвязки» зависит от несущей частоты (868 или 915 МГц). Модификация, рассчитанная на азиатский регион, использующий частоту 923 МГц, находится в стадии разработки. Приемопередатчики SX1261 и SX1262 помимо LoRa способны работать с FSK, GFSK, MSK и GMSK модулированными сигналами (табл. 1). При модуляции FSK или GFSK гарантируется скорость передачи данных 0,6–300 кбит/с, LoRa-модуляция рассчитана на более низкую пропускную способность (0,018–62,5 кбит/с). Трансиверы полностью соответствуют требованиям регламентирующих стандартов ETSI EN 300 220, FCC CFR 47 Part 15 и ARIB T-108. Между собой различаются прежде всего максимальным уровнем выходной мощности: +15 дБм с программируемым шагом 1 дБ у SX1261 и до +22 дБм у SX1262.

Для оптимизации работы трансивера задаются следующие характеристики: коэффициент расширения спектра (5–12), полоса модуляции (10 стандартных значений в диапазоне 7,8–500 кГц) и скорость кодирования для коррекции ошибок. Эти параметры позволяют найти желаемое сочетание между бюджетом канала связи, устойчивостью к помехам и скоростью передачи данных. В качестве источника тактовых импульсов используется внешний кристалл кварца, рассчитанный на частоту 32 МГц.

Взаимодействие между отдельными узлами обеспечивается с помощью 32-разрядного микроконтроллера STM32L451CE производства компа-

нии ST Microelectronics, выполненного на ядре ARM Cortex-M4. Обладающий высокой производительностью (до 100 DMIPS) и максимальной рабочей частотой 80 МГц, он относится к серии устройств с оптимизированным энергопотреблением. Для хранения системного ПО и стека протокола LoRaWAN микроконтроллер содержит встроенную энергонезависимую флеш-память объемом 512 кБ, размер интегрированной оперативной памяти составляет 160 кБ. При необходимости можно воспользоваться дополнительной микросхемой флеш-памяти с размером 4 МБ и интерфейсом связи SPI. К другим отличительным особенностям STM32L451CE относятся наличие богатой аналоговой и цифровой периферии, представленной 12-разрядными АЦП и ЦАП, прецизионным источником опорного напряжения, компараторами, операционным усилителем с программируемым коэффициентом, двенадцатью 16- и 32-битными таймерами и коммуникационными интерфейсами (I2C, USART, SPI, CAN).

Конструктивное исполнение трекера обеспечивает степень защиты IP30 (рис. 3). Пластиковый корпус светло-серого цвета производства компании Takashi имеет внешние габариты 100 × 75 × 22 мм и может монтироваться на стену с помощью двух крепежных отверстий диаметром 3,3 мм. Также предусмотрена возможность установки на неровные поверхности (трубы, мачты антенн и т. д.) путем использования специальных хомутов. Допустимые температуры эксплуатации лежат в диапазоне от –20 до +55 °С при относительной влажности 5–95%, огнестойкость корпуса соответствует стандарту UL94HB.

Питание, осуществляемое от внешнего источника с выходным напряжением 5 В (±5%) и током нагрузки не менее 1 А, подводится к трекеру через разъем micro-USB типа В. Модификация трекера с сетевым питанием находится в стадии разработки. Кроме того, Wanesy Wave снабжен встроенной аккумуляторной батареей малой емкости, необходимой для обеспечения корректной работы трекера при внезапном пропадании основного питания. При наступлении данного события устройство переходит в экономичный режим работы, в котором возможна передача пакетов данных LoRaWAN, но блоки-

Таблица 1. Основные характеристики трансиверов SX1261 и SX1262

Характеристики	Реализация в устройстве	
	SX1261	SX1262
Поддерживаемые типы модуляции	FSK, GFSK, MSK, GMSK и LoRa	
Диапазон рабочих частот, МГц	150–960	
Выходная мощность, дБм	От -1 до +15	От -1 до +22
Чувствительность приема, дБм (макс.)	-123 (FSK); -148 (LoRa)	
Бюджет канала связи, дБ (макс.)	163	170
Скорость передачи при использовании модуляции LoRa, кбит/с	0,018–62,5	
Потребление тока в режиме передачи, мА (при Pout = 14 дБм)	32	45
Потребление тока в режиме приема, мА (макс.)	4,6	
Корпус	QFN-24 (4 × 4 мм)	



Рис. 3. Внешний вид трекера Wanesy Wave

руются трансиверы BLE и Wi-Fi. Максимальная длительность работы при этом ограничивается 20 минутами. При подаче основного питания производится автоматическая подзарядка аккумулятора.

Интерфейс пользователя представлен светодиодной индикацией, управляемой от встроенного микроконтроллера. Светодиод зеленого цвета отвечает за индикацию внешнего питания: при его наличии загорается и гаснет при отсутствии. В процессе начальной инициализации моргает с частотой примерно 1 Гц. Красный светодиод включается на время отправки запроса к LoRaWAN-шлюзу и ожидания ответа, в выключенном состоянии находится после присоединения к сети. Для отладки встроенного ПО предназначены интерфейсы: SWD, USART1 (для STM32) и UART0/UART2 (для ESP32). Для доступа к соответствующим разъемам необходимо вскрывать корпус.

Архитектура программной части представлена на рис. 4. Микроконтроллер STM32 функционирует с использованием Apache Mynewt — операционной системы реального времени с вытесняющей многозадачностью и открытым исходным кодом.

Среди особенностей Apache Mynewt, предназначенной для встраиваемых устройств и интернета вещей, можно отметить использование стека BLE 4.2, базовую поддержку IP, поддержку Wi-Fi, наличие слоя аппаратных абстракций (HAL) и безопасного загрузчика с подписанными образами и удаленным обновлением прошивки. Система ESP32 в свою очередь работает под управлением Arduino. Между собой они общаются с помощью AT-команд, на физическом уровне применяя последовательный интерфейс UART. Программная реализация стека протокола LoRaWAN соответствует спецификации версии 1.0.2 и региональным параметрам EU868/US915. Она представляет собой модифицированную версию проекта LoRaMac, разработанного компанией Semtech.

Примеры практического применения Wanesy Wave

Первый пример особенно актуален для настоящего времени. После возникновения и широкого распространения COVID-19 функционирование производственных предприятий и организаций сферы услуг претерпело значительные изменения.

С одной стороны, появились обязательные требования по соблюдению санитарных норм и правил, с другой — осталась необходимость сохранения темпов работы в условиях кризиса, вызванного пандемией, и при возможной нехватке рабочих рук. В этой ситуации большое значение стали иметь системы организации безопасного рабочего пространства, помогающие поддерживать непрерывность бизнес-процессов при контроле правил социального дистанцирования.

Система на основе трекера Wanesy Wave для отслеживания рабочих контактов использует браслеты, выдаваемые каждому сотруднику и определяющие их местонахождение с помощью технологии BLE. Стоит отметить, что такие носимые устройства позволяют сохранять анонимность, так как система не хранит личные данные сотрудников, а только уникальные идентификаторы Bluetooth-маячков. Каждый браслет постоянно регистрирует все находящиеся вблизи однотипные объекты, запаса энергии встроенной батареи хватает более чем на год. В память записывается дистанция и длительность контакта, например, при нахождении на расстоянии менее

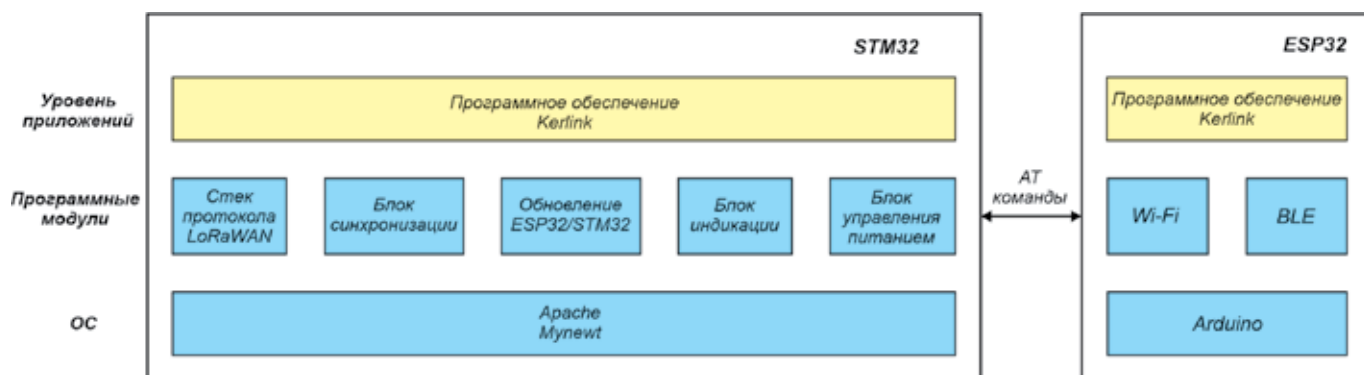


Рис. 4. Структура программной части трекера

2 метров до другого браслета в течение 10 минут фиксируется соответствующее событие.

В случае обнаружения сотрудника с положительным результатом на коронавирус анализируется история его перемещений для проведения в дальнейшем дезинфекции помещений, а контакты заболевшего дешифруются специалистами службы безопасности или службы охраны труда компании. Все контактирующие с ним в предыдущие 14 дней люди переходят на самоизоляцию и тестируются на наличие вируса, при этом отправка на карантин всего предприятия не требуется.

Комбинация технологий BLE и LoRaWAN – оптимальное решение данной задачи. Описанная система подходит для любых предприятий, но особенно интересна для медицинских организаций, промышленных компаний, спортивных арен, школ и т.д. Точность позиционирования объектов, беспроводной обмен данными, возможность фиксации местонахождения мобильных устройств, а также низкий уровень потребления энергии являются неотъемлемой частью систем на основе Wanesy Wave. Простота запуска и дальнейшего использования решения связана с тем, что его серверная часть не требует обновления парка IT-оборудования, так как в основном реализована с применением доступных облачных платформ, предлагаемых, например, компанией Microshare.

Второй пример основывается на детектировании и регистрации в режиме реального времени смартфонов посетителей, попавших в зону действия открытой Wi-Fi-сети. Телефон с включенным Wi-Fi периодически отправляет в эфир запросы, так называемые probe requests, содержащие MAC-адрес самого устройства и имя известной Wi-Fi-сети, с которой он соединялся раньше. Путем приема и обработки данных запросов можно определить местоположение конкретного устройства. Применяемый в оптовых и розничных магазинах, сетевых супермаркетах, товарных складах, автосалонах, музеях, галереях трекер Wanesy Wave помогает повысить эффективность предоставления услуг и товаров. Например, в любом магазине можно выполнить:

- ▶ анализ потока посетителей. Оценивается количество уникальных посетителей, впервые посетивших магазин, и число постоянных клиентов;
- ▶ отслеживание их перемещений для выяснения наиболее интересных с точки зрения клиентов секций магазина;
- ▶ фиксацию времени, затрачиваемого на осмотр определенной секции;
- ▶ оценку средних чеков на осуществленные покупки;
- ▶ для сетевых супермаркетов – анализ посещений конкретных магазинов.

Мониторинг поведения посетителей проводится, чтобы понять, как ис-

пользовать физическое пространство магазина в целях оптимального размещения товаров. Также трекер может использоваться для улучшения управления персоналом на основе анализа его перемещений.

Заключение

Трекер Wanesy Wave, предлагаемый компанией Kerlink, расширяет возможности использования традиционных LoRaWAN-сетей. Объединение технологий Wi-Fi, BLE и LoRa позволяет получить оптимальную систему для решения ряда практических задач, среди которых – обнаружение электронных устройств, работающих в зоне действия сети, определение их местоположения и регистрация перемещений. Полученная информация помогает повысить качество и эффективность работы промышленных и муниципальных предприятий, компаний из сферы услуг, медицинских организаций и т.д.

Источники

1. *Верхулевский К.* Базовые станции Kerlink для LoRaWAN // Беспроводные технологии. 2016. № 2.
2. Kerlink: [сайт]. URL: <https://www.kerlink.com> (дата обращения 01.03.2021).

К.М. Верхулевский,
компания «КВЕСТ», г. Выборг,
тел.: +7 (81378) 33-741,
e-mail: info@icquest.ru,
сайт: www.icquest.ru



Яндекс Новости

Все новости и статьи в ленте Яндекса