

Серверные платформы Wanesy компании Kerlink для сетей LoRaWAN



Растущая популярность сетей LoRaWAN (построение и работа которых подробно описаны в статье) привела к тому, что многие высокотехнологичные компании занялись разработкой и продвижением соответствующего «железа» и программного обеспечения. Компания Kerlink, многолетний лидер в производстве средств связи M2M-типа, помимо базовых станций и абонентских устройств предлагает собственную реализацию серверных платформ для решения задач верхнего уровня сети LoRaWAN. Программно-аппаратные комплексы Wanesy обеспечивают надежное развертывание, эксплуатацию и управление сетями стандарта LoRaWAN.

Компания «КВЕСТ», г. Выборг

Беспроводные сети LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks) относятся к категории энергоэффективных сетей дальнего радиуса действия (LPWAN). Основные преимущества технологии LoRaWAN базируются на использовании одноименного открытого сетевого протокола, разработанного исследовательским центром IBM Research в партнерстве с Semtech Corporation, и запатентованного метода модуляции LoRa, являющегося разновидностью технологии расширения спектра [1]. Ключевые характеристики LoRa-устройств — превосходная чувствительность (до -148 дБм), общий бюджет канала связи до 168 дБ и возможность уверенной демодуляции сигналов от абонентских устройств с уровнем мощности на 20 дБ ниже уровня шума. Также к отличительным особенностям стандарта LoRaWAN можно отнести работу в субгигагерцовых диапазонах частот, не требующих лицензирования и доступных по всему миру. Например, 868 МГц обычно используется для организации LoRaWAN-связи в Европе, а 915 МГц — в Северной Америке (табл. 1). Для России подготовлен отдельный проект регионального частотного диапазона 864–869 МГц, представляющего собой усеченный вариант европейского диапазона 863–870 МГц.

В настоящее время программные и аппаратные средства LoRaWAN широко применяются при построении систем автоматизации и сбора данных со счетчиков потребления энергоресурсов, систем обеспечения безопасности домов и коммерческой недвижимости, инженерных систем управления зданиями, в промышленном производстве, транспортной логистике и т. д.

Вопросами сертификации LoRaWAN занимается организация LoRa Alliance, объединяющая более 130 участников, среди которых присутствуют как известные производители электроники (IBM, Semtech, Cisco, Kerlink, ST Microelectronics, IMST, Intel, Microchip Technology), так и крупные операторы связи (Inmarsat, Swisscom, ER-Telecom).

Типовая структура сети LoRaWAN

Типовая архитектура сети LoRaWAN включает в себя абонентские устройства (оконечные узлы) различного функционального назначения (как правило, с батарейным питанием), базовые станции, сетевой сервер и сервер приложений (рис. 1).

Абонентские устройства являются элементами LoRaWAN-сети, которые выполняют функции дистанционного измерения, управления и (или) контроля и устанавливаются на стороне

Таблица 1. Нелицензируемые диапазоны частот для организации связи в сетях LoRaWAN

Диапазоны частот, МГц	Страны
433, 863–870	Страны Европейского союза
902–928	США
470–510, 779–787	Китай
915–928	Австралия
865–867	Индия
920–923	Южная Корея

пользователя. Они могут находиться в зоне покрытия как одной базовой станции, так и нескольких. В основном представляют собой связку LoRa-трансивера и микроконтроллера общего назначения с минимальным потреблением энергии. Оконечные устройства обмениваются сообщениями с базовыми станциями на разных частотных каналах и скоростях передачи данных, определенных документом региональных параметров. Данные передаются не постоянно, а лишь в течение некоторого промежутка времени по заданному графику, определяемому классом устройств (A, B или C). Остальное время их трансиверы находятся либо в неактивном состоянии (режиме сна), либо в состоянии приема для получения ответа

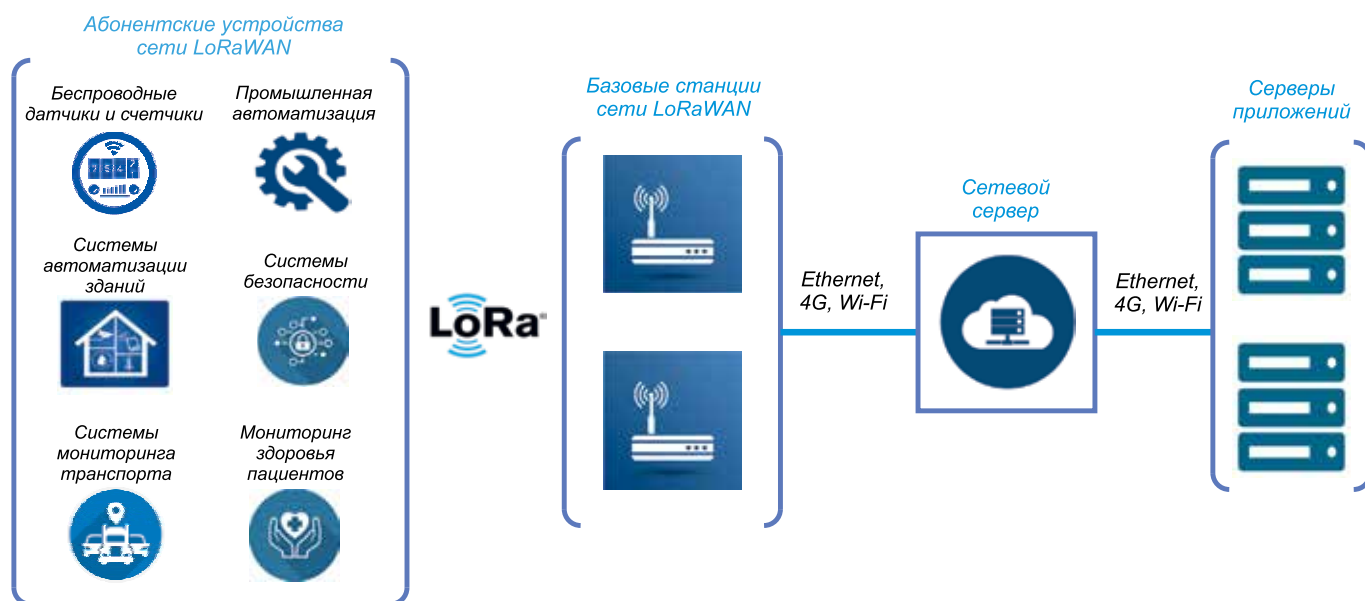


Рис. 1. Типовая структура сети LoRaWAN

от сервера. Также они поддерживают функционирование в режиме группового обновления программного обеспечения по радиоканалу.

Совокупность базовых станций (БС) обеспечивает радиопокрытие сети и формирует прозрачный мост ретрансляции сообщений между оконечными устройствами и центральным сервером сети. Так как БС выполняют функции сопряжения с группой абонентских устройств и концентрации нагрузки, в документации LoRa Alliance они часто именуются шлюзами или концентраторами. Взаимодействие с отдельными абонентами осуществляется путем использования модуляции LoRa и стандартной топологии «звезда», связь с сервером выполнена путем организации стандартного IP-соединения с помощью Ethernet, Wi-Fi, 4G/LTE или других телекоммуникационных протоколов. В сетях с высокой плотностью абонентских устройств в качестве шлюзов выступают специальные многоканальные концентраторы, принимающие данные от множества узлов одновременно. Благодаря использованию технологии с расширением спектра передаваемые данные от различных конечных узлов с различными скоростями не мешают друг другу и создают набор «виртуальных» каналов, тем самым увеличивая пропускную способность шлюза. Если емкости сегмента сети недостаточно, то LoRaWAN-сеть масштабируется путем установки дополнительных шлюзов. Монтаж шлюзов

выполняется как внутри помещений, так и на вышках или зданиях. При появлении новой базовой станции центральный сервер перераспределяет нагрузку, отправляя конечным узлам «новый график» включения режима передачи.

Центральный сервер LoRaWAN-сети поддерживает соединение с одним или несколькими шлюзами и выполняет три ключевые функции: активации и аутентификации устройств, управления и оптимизации сети, а также взаимодействия с вышестоящими серверами приложений. Управление сетью заключается в принятии решения о необходимости изменения выходной мощности передатчика, рабочего канала, порядка и периодичности связи, осуществления кодирования данных, контроля заряда батарей всех абонентских устройств и т.д. Кроме того, для увеличения срока службы источников питания, улучшения масштабируемости и пропускной способности, а также компенсации различных потерь на трассе передачи сигнала используется алгоритм адаптивного изменения фактической скорости передачи данных (ADR, Adaptive Data Rate) каждого оконечного устройства в зависимости от его расстояния до шлюза. Так, например, более близкие к шлюзу узлы будут использовать более высокую скорость передачи данных (следовательно, более короткое время активной передачи по радиоканалу) и меньшую выходную мощность. Наоборот, самые удален-

ные устройства будут иметь низкую скорость передачи данных и высокую выходную мощность передатчика. Каждый пакет данных, отправляемый абонентским устройством, имеет в своем составе уникальный идентификатор DevAddr, а на сетевом сервере хранится запись о соответствии DevAddr и URL сервера приложений, которому предназначена информация от удаленного устройства. На основании этого соответствия сетевой сервер выполняет маршрутизацию пакета до сервера приложений, где происходит его дальнейшая обработка.

Следующее звено сети LoRaWAN – сервер приложений, необходимый для расшифровки полезной информации, полученной из принятых пакетов. Помимо обработки данных, сервер приложений может управлять абонентами с уровня приложения (например, переводить их в режим работы другого класса, управлять опцией адаптивной передачи данных и т.п.).

Серверные LoRaWAN-платформы компании Kerlink

Компания Kerlink, являющаяся одним из первых участников LoRa Alliance, имеет богатый опыт в производстве телекоммуникационного оборудования различных стандартов [2]. Предлагаемое Kerlink комплексное решение для организации сети LoRaWAN объединяет оконечные устройства, базовые станции уличной установки Wirnet iStation, шлюзы Wirnet iFemtoCell, разработанные для при-

менения внутри помещений, и масштабируемые базовые станции Wirnet iBTS [3]. Серверная часть сети имеет два возможных варианта реализации: для создания небольших частных сетей стандарта LoRaWAN рекомендована платформа Wanesy Small Private Network (Wanesy SPN), а для использования в корпоративных сетях с высокой нагрузкой — центр управления Wanesy, обладающий расширенной функциональностью операторского класса.

Wanesy Small Private Network

Платформа Wanesy SPN, применяемая для быстрого развертывания LoRaWAN-сетей, реализуется на базе серийно выпускаемых шлюзов Wirnet iStation и Wirnet iFemtocell путем модификации внутренней прошивки. Данный шаг позволяет получить полностью автономное решение.

Платформа Wanesy SPN в зависимости от типа лицензии помогает развернуть сеть как для одного шлюза, так и для нескольких одновременно (до 20 шт.), когда одного шлюза недостаточно для покрытия сети. Подобное решение позволяет объединить под управлением одного Master-шлюза несколько Slave-шлюзов, данные с которых поступают на шлюз Master и далее транслируются на сервер LoRaWAN. В качестве Slave-шлюзов могут выступать как станции производства компании Kerlink (Wirnet iStation, Wirnet iFemtocell, Wirnet iBTS), так и станции сторонних производителей, работающие с ПО Packet Forwarder от Semtech.

Начиная с 2020 года платформа Wanesy SPN поддерживает работу с шлюзами Wirnet iFemtocell и Wirnet iStation. Внешний вид станций показан на рис. 2. ПО SPN можно скачать



Рис. 2. Станции, доступные для установки ПО Wanesy SPN

на сервере WikiKerlink после покупки шлюза и оплаты лицензии на ПО.

Wanesy SPN является управленческим решением начального уровня, которое служит для простой и экономичной конфигурации и настройки сети и основывается на интуитивно понятном интерфейсе пользователя. В приложениях, охватывающих разнообразные применения, решение Wanesy SPN легко собирает данные и управляет ими в режиме реального времени. По мере возрастания числа подключенных абонентских устройств заказчик может переключиться на сеть более высокого операторского класса.

Для первоначальной установки Wanesy SPN необходимо скачать и разархивировать требуемую версию программного обеспечения. Полученные файлы нужно переместить на флешку USB либо в специальную директорию шлюза. Вставленная в шлюз

флешка запустит процесс установки автоматически. В случае, если установочные файлы находятся в самом шлюзе, процесс установки ПО запускается посредством специальных команд. Процесс инсталляции занимает примерно 10 минут.

Для настройки и организации работы сети, а также отладки и поиска неисправностей можно воспользоваться двумя способами. Более удобным является веб-интерфейс, к которому необходимо обращаться по IP-адресу шлюза из любого браузера (открыт доступ для пользователя admin с паролем spnpwd). Статический IP-адрес по умолчанию — 192.168.0.2, для использования динамического нужно подключить опцию DHCP. Альтернативой является использование встроенного в базовую станцию FTP-сервера, HTTP-сервера, USB, СМС. Также предоставляется возможность рабо-

Таблица. 2. Интерфейсы для работы с Wanesy SPN

	Прием данных	Передача данных	Конфигурация шлюза	Управление шлюзами	Логи	Обновление
Локальный веб-интерфейс	Доступно	Доступно	Доступно	Доступно	Доступно	Доступно
Локальный FTP-сервер	Доступно	Доступно	Доступно	Доступно	Доступно	Доступно
HTTPS REST API	Доступно	Доступно	Доступно	Доступно	Доступно	Доступно
Удаленный FTP-сервер	Доступно					
Удаленный HTTP-сервер	Доступно					
USB флеш-карта	Доступно		Доступно	Доступно	Доступно	Доступно
СМС	Доступно	Доступно	Доступно	Доступно		Частично доступно

Таблица 3. Параметры сети, участвующие в процессе активации LoRaWAN-устройств

Параметр сети	Расшифровка	Описание	Размер, байт
DevEUI	Device Identifier	Уникальный идентификатор устройства в IEEE EUI64 адресном пространстве. Может быть присвоен производителем устройства	8
AppEUI	Application Identifier	Уникальный идентификатор приложения для маршрутизации полученных данных сервером сети на сервер приложений. Начиная с версии стандарта V1.1 называется JoinEUI – идентификатор Join-сервера	8
AppKey	Application Key	Уникальный ключ шифрования, сгенерированный сервером приложений для данного конкретного устройства. Используется в процессе вычисления сессионных ключей шифрования AppSKey и NwkSKey	16
DevAddr	End-Device Address	Локальный адрес устройства в конкретной сети. Старшие 7 битов используются в качестве сетевого идентификатора (NetID) для разделения адресов территориально перекрывающихся сетей различных операторов. Младшие 25 битов – сетевой адрес (NwkAddr) конечного устройства. Может быть произвольно назначен администратором сети	4
NwkSKey	Network Session Key	Сессионный ключ шифрования сети. Используется для шифрования данных между абонентским устройством и сетевым сервером, а также проверки целостности данных при передаче их по радиозфиру	16
AppSKey	Application Session Key	Сессионный ключ шифрования приложения. Служит для шифрования данных на уровне приложения (между абонентом и сервером приложения)	16

ты с SPN посредством HTTP-запросов REST API (табл. 2).

Сервер Wanacy SPN поддерживает два описанных в спецификации метода добавления и активации абонентских узлов: «по воздуху» (OTAA, Over-The-Air Activation) и путем персонализации (ABP, Activation by Personalization). После успешной активации (независимо от способа) каждое оконечное устройство должно иметь следующие прописанные в памяти параметры: DevAddr, NwkSKey, AppSKey (табл. 3).

При ОТАА-активации абонентское устройство должно проходить процедуру присоединения к сети каждый раз, когда сессионная информация (локальный адрес DevAddr, ключи шифрования NwkSKey и AppSKey) в устройстве отсутствует или неактуальна. ОТАА всегда инициируется оконечным устройством, которое

отправляет на сервер сообщение join request, содержащее AppEUI, DevEUI и случайное число DevNonce (2 байта). Для каждого удаленного модуля сетевой сервер запоминает значения DevNonce, которые использовались раньше, и игнорирует запросы, содержащие повторяющиеся значения DevNonce. Сессионные ключи шифрования формируются на основании идентификаторов сети (NetID) и корневого ключа безопасности AppKey, а также сгенерированных уникальных для каждой сессии случайных чисел DevNonce, AppNonce (рис. 3).

Ответное сообщение join accept содержит случайное число AppNonce, сгенерированное сервером, идентификатор сети NetID, сформированный адрес устройства в сети DevAddr и настройки беспроводного канала связи. Так, в DLSettings задана разница между скоростями приема и передачи, ис-

пользуемая для первого окна приема RX1, а также скорость, используемая для второго окна приема RX2. RxDelay отвечает за задержку между окончанием передачи оконечного устройства и началом окна приема RX1, CFList представляет собой список дополнительных частотных каналов, которые могут использоваться абонентом. В результате обмена пакетами данных DevAddr, NwkSKey и AppSKey сохраняются в памяти абонентского устройства, DevAddr, NwkSKey – на сетевом сервере, а AppSKey – на сервере приложений.

При втором способе активации значения DevAddr, NwkSKey и AppSKey предварительно записываются в каждый узел (происходит персонализация устройства). Адрес и ключ сетевой сессии берется у сетевого оператора, а ключ сессии приложения (AppSKey) для маршрутизации пакетов – у сервис-провайдера. При таком подходе не требуется процедура присоединения к сети, сразу после включения устройство готово к передаче данных, но оно будет работать только в сети того оператора, который выдал данные для регистрации устройства.

Помимо аналогичных идентификаторов и ключей шифрования для нормальной работы пары «сервер – абонент» нужно задать частотные каналы их передатчиков и приемников, класс LoRa-устройств, выходную мощность, скорость передачи данных, задержку при приеме и присоединении к сети. Эти значения берутся из

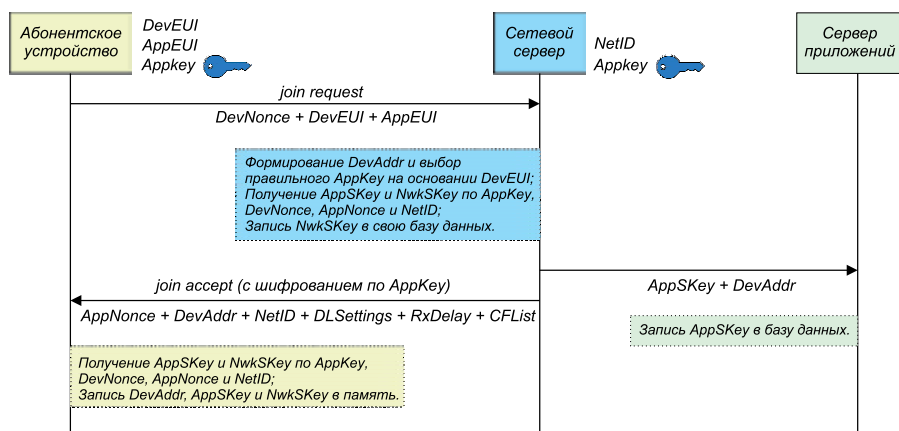


Рис. 3. Процесс ОТАА-активации абонентского устройства

Таблица 4. Основные настройки сетевого сервера, рекомендованные для разных регионов

Параметр	EU868	US902	CN779	RU868
Скорость кодирования	4/5	4/5	4/5	4/5
Задержка RX1 при присоединении, с	5	5	5	5
Задержка RX2 при присоединении, с	6	6	6	6
Задержка RX1 при работе, с	1	1	1	1
Задержка RX2 при работе, с	2	2	2	2
Мощность базовой станции, дБм (макс.)	16	26	12	16
Мощность базовой станции, дБм (мин.)	2	6	2	2
Параметры для максимальной скорости передачи данных, кГц	SF7 125	SF8 500	SF7 125	SF7 125
Начальные настройки приемного окна RX2, кГц	SF12 125	SF12 500	SF12 125	SF12 125
Начальная частота приемного окна RX2, МГц	869,525	923,3	786	869,1

Таблица 5. Зависимость скорости и времени передачи от параметров модуляции LoRa

Параметры передачи	Скорость передачи данных, бит/с	Ориентировочное время передачи пакета данных, мс
Модуляция LoRa: SF12/125 кГц	250	2793
Модуляция LoRa: SF11/125 кГц	440	1560
Модуляция LoRa: SF10/125 кГц	980	700
Модуляция LoRa: SF9/125 кГц	1760	390
Модуляция LoRa: SF8/125 кГц	3125	215
Модуляция LoRa: SF7/125 кГц	5470	120

документа региональных параметров LoRa Alliance. Изначально для передатчика абонентского устройства задаются как минимум три рабочие частоты. После отправки запроса открывается два приемных окна (RX1 и RX2). Первое настроено на ту же частоту, на которой было отправлено сообщение. Второе использует предустановленный частотный канал (табл. 4).

Базовые станции Wirnet SPN поддерживают одновременную работу до 10 независимых каналов. Из-за особенностей радиотракта станций, выполненного на двух трансиверах SX1257 производства Semtech, они не могут располагаться произвольно, а должны помещаться в две полосы пропускания шириной 1,2 МГц [4]. Корректный выбор частотных каналов в пределах данных полос осуществляется с помощью регионального частотного плана стандарта LoRaWAN. Для примера на рис. 4 показан один из вариантов размещения каналов для частотного диапазона 863–870 МГц. При настройке задаются две центральные частоты — 868,4 и 869,1 МГц, относительно которых выполняется сдвиг для получения частот каналов. Канал CN9 является вспомога-

тельным и при необходимости выполняет демодуляцию входной FSK-последовательности.

Скорость обмена данными зависит от коэффициента расширения спектра (Spreading Factor, SF) и ширины полосы канала, принимающей значения 125, 250 или 500 кГц. Оптимальный набор этих параметров выбирается, исходя из условий линии связи. SF представляет собой целое число от 7 до 12, чем оно выше, тем лучше помехозащищенность линии, но тем ниже скорость и тем больше времени в эфире занимает передача

(табл. 5). Например, для пакета размером 51 байт при использовании максимального и минимального SF время передачи отличается примерно в 20 раз ($2,8 / 0,12$ с). Соответственно во столько же раз отличается и нагрузка на батарею. Поэтому для снижения энергопотребления при хороших радиоусловиях SF выбирается минимально возможным. Кроме того, как было отмечено выше, для максимального увеличения времени автономной работы абонентских устройств можно воспользоваться схемой ADR, выбирающей подходящий SF именно для конкретных условий эксплуатации.

Центр управления Wanesy

Это мощный комплекс для развертывания, эксплуатации и управления сетевым оборудованием в составе LoRaWAN. Обеспечивает соединение элементов сети с клиентской ERP, осуществляет дистанционное конфигурирование, обновление, обслуживание и контроль удаленных устройств (получение сигналов статуса, формирования журнала действий и т.д.). Поддерживает широкий перечень оконечных устройств, совместим со всеми типами базовых станций Kerlink и со шлюзами сторонних производителей (требуется тестирование). Доступные варианты применения: SaaS (программное обеспечение как услуга) или on-Premise (использование собственного сервера для размещения ПО).

Центр управления Wanesy включает в себя следующие основные компоненты (рис. 5):

- контроллер базовых станций (BSC, Base Station Controller) для конфигурирования, контроля и управления рабочими характеристиками базовых станций;

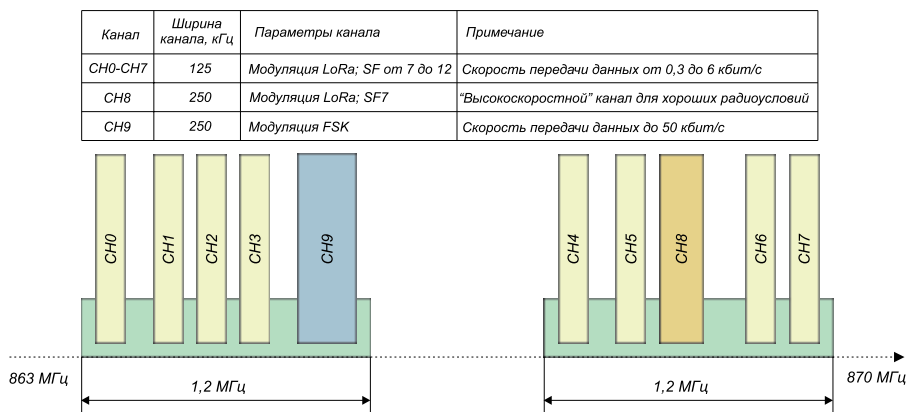


Рис. 4. Вариант размещения частотных каналов базовой станции Wirnet

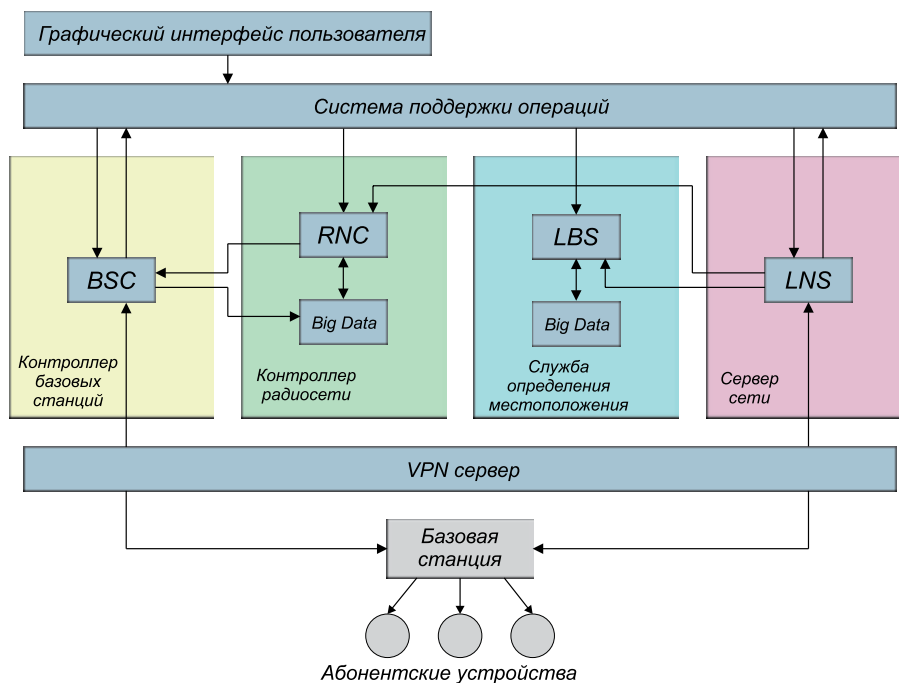


Рис. 5. Упрощенная структура центра управления Wanesy

► контроллер радиосети (RNC, Radio Network Controller), отвечающий за настройку параметров LoRa-модуляции;

► сервер сети LoRaWAN (LNS, LoRa Network Server) для организации процесса передачи данных, обеспечения их безопасности и мониторинга производительности сети;

► опциональную службу для определения местоположения без GPS (LBS, Location Based Services).

Взаимодействие платформы с пользователями выполняется с помощью инструментальной панели с графическим интерфейсом пользователя (ГИП), интегрирование с серверами приложений сторонних разра-

ботчиков возможно с помощью REST API.

Блок BSC позволяет объединять в группы собственный набор элементов сети. Он проводит поиск базовых станций на основе нескольких критериев: идентификатора EUI, статуса (наличие или отсутствие соединения) и т.д. Для выбранной группы отображаются последние операции, количество станций с аварийной сигнализацией (потеря соединения, несанкционированный доступ) и их процентное соотношение. Кроме того, BSC имеет возможность менять название компонентов сети, принадлежность к определенной группе, IP-адрес, порт, координаты расположения, пороговые значения и гистерезис аварийных сигналов. Также он контролирует количество подключенных абонентов, их статус, размер полученных и отправленных пакетов данных, время в эфире, процент использования ЦПУ, ОЗУ и ПЗУ, величину RSSI, температуру, напряжение источника питания (рис. 6). Эти характеристики представлены как в числовом, так и в графическом виде. При необходимости обеспечивается удаленный доступ к файловой системе выбранной базовой станции для выполнения операций с файлами и папками.

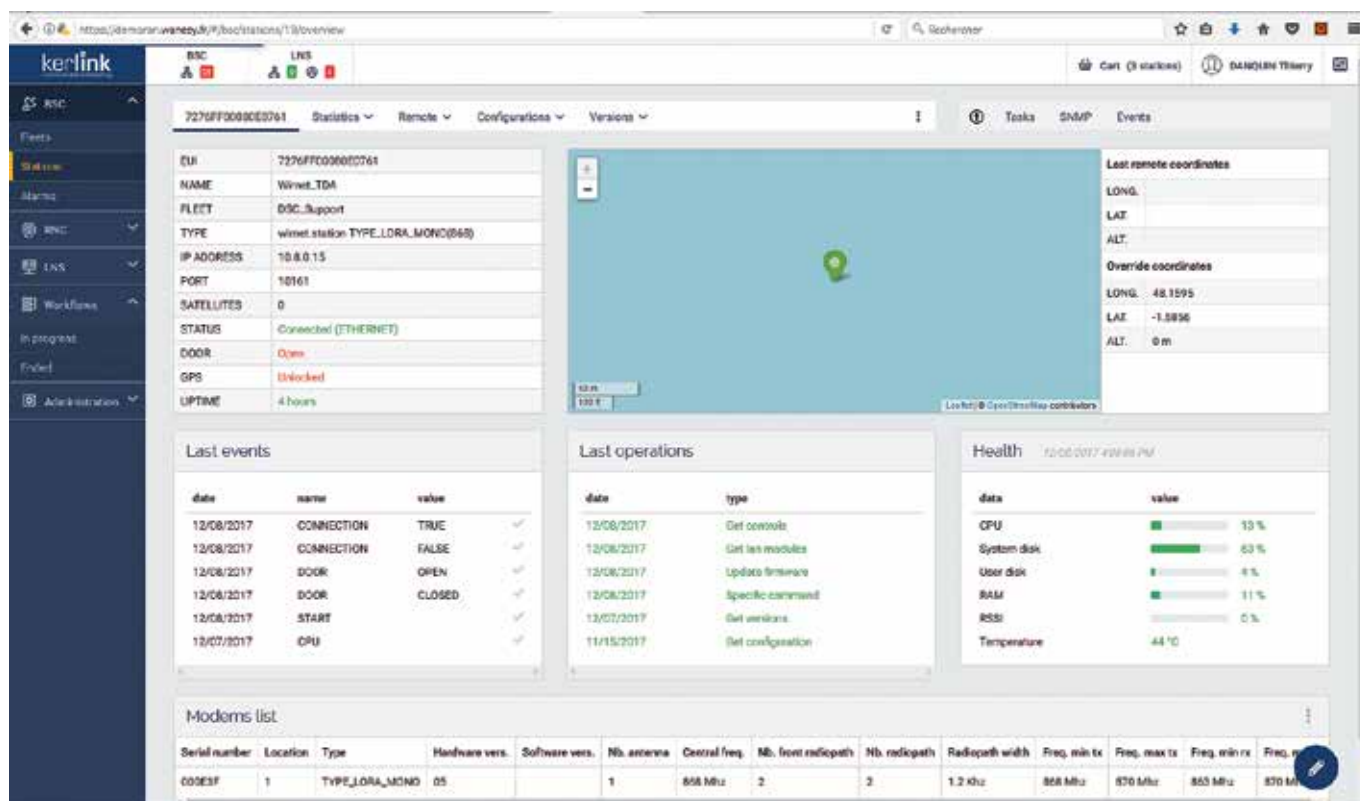


Рис. 6. Отображение параметров отдельной базовой станции в ГИП

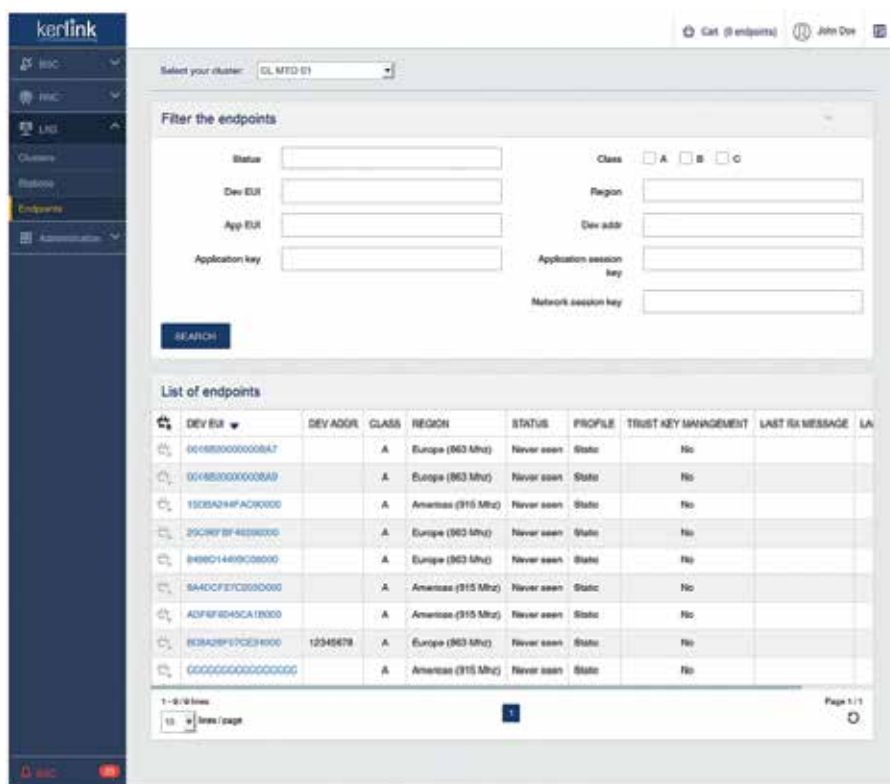


Рис. 7. Отображение списка доступных абонентских устройств в ГИП

Модуль RNC обеспечивает выбор LoRa-каналов и установку для них рассмотренных ранее параметров: рабочих частот, полос пропускания, коэффициента SF и т.д. Также анализируется активность выбранных абонентов в радиоканале, их спектр отображается в 3D-виде в режиме реального времени и при необходимости сохраняется в отдельный лог-файл. Дополнительно отслеживаются ключевые индикаторы эффективности (KPI), например количество uplink/downlink-сообщений за период, загруженность частотных

каналов, соотношение «сигнал/шум», количество сообщений с ошибками и многие другие показатели.

Блок LNS, являющийся основой платформы Wanesy, служит для маршрутизации данных и работает с группами абонентов и базовых станций (рис. 7). Интерфейс пользователя отображает список элементов с детальными характеристиками, используя различные варианты сортировки (статус, регион, класс, ключи шифрования и идентификаторы сети). Обеспечивает доступ к принятым сообщениям и отправку новых. При подклю-

чении опции LBS местоположение всех объектов отмечается на карте.

Работа блока LBS основана на методе TDoA (time difference of arrival), оценивающем разность во времени прихода сигнала от оконечного устройства до трех базовых станций. Зная местоположение каждого приемника, с помощью математической обработки можно вычислить местоположение источника излучения при условии, что все приемники синхронизированы по времени. Данный способ не обладает высокой точностью, но по сравнению с GPS обеспечивает примерно в 10 раз меньшее энергопотребление (из-за отсутствия соответствующего модуля).

Заключение

Серверные решения Wanesy от компании Kerlink позволяют просто и в максимально короткие сроки организовать функционирование сети стандарта LoRaWAN. В сочетании с абонентскими узлами и базовыми станциями от того же производителя на выходе получается полностью работоспособная, надежная система, обеспечивающая беспроводной сбор данных в различных промышленных применениях.

Источники

1. LoRa Alliance: [сайт]. URL: <https://lora-alliance.org> (дата обращения: 26.02.2020).
2. Kerlink: [сайт]. URL: <https://www.kerlink.com> (дата обращения: 26.02.2020).
3. Верхулевский К. Базовые станции Kerlink для LoRaWAN // Беспроводные технологии. 2016. № 2.
4. Company Semtech Corporation. Kerlink gateway channel selection. Application note. May 2015, rev. 0.2.

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



vk.com/journal_isup
ВКонтакте



facebook.com/isup.ru
Фейсбук



zen.yandex.ru/isup
Яндекс.Дзен



news.yandex.ru
Яндекс.Новости

Все статьи в свободном доступе

Всё для LoRaWAN — от трансивера до базовой станции



 **SEMTECH**

 **Microsemi**

Gemtek

 **IMST**

 **kerlink**
m2m technologies

Компания КВЕСТ

Тел./факс: +7 (81378) 337-41
www.lorawan.store

 **quest**
СОВЕРШЕНСТВО
ТЕХНОЛОГИЙ