ОБОРУДОВАНИЕ KERLINK ДЛЯ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ»

КОНСТАНТИН ВЕРХУЛЕВСКИЙ

Объединенные в одну сеть различные приборы учета ресурсов, беспроводные датчики, персональная электроника и другие устройства позволяют организовать двунаправленный обмен данными в рамках промышленных или бытовых систем и успешно решать типовые задачи, связанные с дистанционным управлением, контролем и сбором полезной информации. За счет выполнения ряда специфических требований, включающих минимальное потребление и, соответственно, длительный срок службы, высокую дальность действия и масштабируемость, особую популярность приобретают сети LPWAN (Low Power Wide Area Networks). Одна из наиболее перспективных среди них — LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks), основанная на технологии LoRa. В статье рассмотрены базовые станции производства компании Kerlink, которые являются неотъемлемой частью архитектуры LoRaWAN и обеспечивают требуемую зону покрытия сети.

ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие и распространение технологий «Интернета вещей» (Internet of Things, IoT) базируется на желании пользователей повысить эффективность, безопасность и удобство эксплуатации окружающих человека промышленных и бытовых систем.

Как нетрудно догадаться из названия, «Интернет вещей» представляет собой совокупность технических объектов («вещей»), имеющих доступ в глобальную сеть Интернет. Под «вещами» подразумеваются уникально идентифицируемые электронные устройства, взаимодействующие между собой и способные без постороннего вмешательства обмениваться информацией для ее последующего анализа человеком или искусственным интеллектом. Некоторые IoT-приложения в качестве средств доступа в Интернет используют технологии с малым радиусом действия, такие как ZigbBee, Z-wave, RFID, Wi-Fi и Bluetooth. Они хорошо подходят для организации связи в пределах отдельных квартир, офисов, магазинов и других помещений. Более масштабные IoT-проекты, реализуемые в зданиях, на промышленных предприятиях, объектах городской инфраструктуры и т. д., требуют применения технологий с увеличенной площадью покрытия сети, надежными радиоканалами переда-

чи данных, работающими в сложной электромагнитной обстановке, и отличной масштабируемостью. IoT-технологии, соответствующие данным условиям, можно разбить на две группы. Представители первой — модифицированные версии существующих сотовых сетей, разработанные организацией 3GPP для повышения энергоэффективности действия и одновременного сокращения затрат. Например, технологии EC-GSM и eMTC, адаптированные для целей IoT, обладают максимальной совместимостью с имеющейся у мобильных операторов инфраструктурой сетей GSM и LTE соответственно. Они способны использовать подавляющее большинство базовых станций (БС) стандартов GSM/LTE без замены или модернизации аппаратной части — в этом и заключается их основное преимущество. Уменьшение стоимости эксплуатации конечных элементов сетей достигается программным способом за счет отказа от избыточной функциональности протоколов. Обновление программного обеспечения предусматривает снижение частоты обмена обязательными сигнальными сообщениями, оптимизацию интервалов приема и передачи информации, поддержку длительных периодов «молчания», адаптацию канального уровня сетей, расширение механизмов аутентификации и безопасности соединения. Наряду с преимуществами у технологий EC-GSM и eMTC есть и недостатки, ограничивающие перспективы их применения в ряде приложений. К ним относятся: необходимость лицензирования рабочих частот, высокие тарифы на передачу данных и все еще достаточно ощутимая для потребителя стоимость устройств на их основе. Также к первой группе можно отнести технологию NB-IoT. Хотя ее использование предусматривает тесное взаимодействие и интеграцию с LTE, речь все же идет о создании IoT-стандарта нового типа. Сети NB-IoT способны поддерживать более 100 тыс. соединений на соту, имеют повышенную безопасность за счет двусторонней аутентификации и усиленного шифрования данных, а существенная переработка протоколов канального уровня позволяет снизить стоимость устройств на 90% по сравнению с eMTC.

Вторую группу составляют технологии, изначально предназначенные для IoT-решений. Их разработка проводилась с учетом типовых параметров и спектра выполняемых задач большинства используемых в настоящее время абонентских устройств подобных сетей. Как правило, для оконечных IoT-узлов, например счетчиков расхода энергоресурсов (воды, газа, электричества), датчиков охранно-пожарной сигнализации и инженерных систем и т. д., не так важны скорость и объем передаваемой информации. Определяющей характеристикой для них становится длительность автономной работы без дополнительного обслуживания и зарядки аккумуляторов (измеряемая месяцами и годами). Для соответствия данному требованию активно внедряются новые типы низкоскоростных энергоэффективных сетей LPWAN (Low Power Wide Area Networks), отличающихся минимальной стоимостью организации канала связи, малым собственным потреблением и одновременно большим радиусом действия. В мировом масштабе наибольшее распространение получили IoT-технологии Sigfox и LoRaWAN, функционирующие в нелицензируемых субгигагерцевых частотных диапазонах. Особый интерес представляет вторая из них [1].

ОСОБЕННОСТИ И АРХИТЕКТУРА СЕТЕЙ LoRaWAN

Открытый стандарт LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks), разработанный совместными усилиями компаний Semtech и IBM и впервые представленный в 2015 г., включает программные и аппаратные средства, позволяющие организовать взаимодействие между различными территориально разнесенными объектами. С момента своего появления его продвижением и поддержкой занимается некоммерческая организация LoRa Alliance, к середине 2017 г. объединившая свыше 500 активных участников — операторов связи, поставщиков IoT-решений и оборудования [2]. Среди них такие известные компании, как Cisco, Kerlink, IMST, MultiTech, Microchip Technology, Schneider Electric, Inmarsat, Swisscom, и многие другие.

Основные преимущества LoRaWAN базируются на применении одноименного энергоэффективного сетевого протокола и запатентованного метода модуляции LoRa, являющегося разновидностью технологии расширения спектра. Благодаря им любое устройство сети LoRaWAN:

- Способно обеспечивать передачу данных на расстояния до 15 км в зоне прямой видимости и до 5 км в условиях плотной городской и промышленной застройки. Такая дальность обеспечивается превосходной чувствительностью (до –148 дБм) и общим бюджетом канала связи до 168 дБ.
- Обладает возможностью демодуляции сигналов с уровнем на 20 дБ ниже уровня шума.
- Имеет низкое собственное потребление благодаря развитым механизмам энергосбережения. По оценкам специалистов, возможна автономная бесперебойная работа отдельных узлов сети на протяжении до 10 лет при питании от обычного аккумулятора типоразмера AA.

Кроме того, применение нелицензируемых частот ISM-диапазонов (433, 868, 915 МГц), разрешенных для свободного использования, сокращает материальные затраты на развертывание сети. Высокая проникающая способность радиосигнала в зданиях и закрытых помещениях на данных частотах способствует получению надежного канала связи. Еще одно немаловажное преимущество — открытость стандарта, чипы LoRaWAN присутствуют в свободной продаже, документация на них открыта, делать устройства на них могут все желающие. Также в свободном доступе имеются программные реализации протокола. Открытость стандарта позволяет избежать монополии, не попасть в зависимость от конкретных производителей оборудования и быстро вывести на рынок свои изделия.

Типовая архитектура сети LoRaWAN содержит оконечные узлы различного функционального назначения (как правило, автономные), базовые станции (также часто называемые концентраторами или

шлюзами), сетевой сервер и сервер приложений (рис. 1). Базовые станции формируют прозрачный мост ретрансляции сообщений между оконечными устройствами и центральным сервером. Их взаимодействие с отдельными узлами осуществляется путем использования модуляции LoRa и применения стандартной топологии «звезда», связь с сервером выполнена по протоколу TCP/IP при помощи Ethernet, Wi-Fi, 4G/LTE или других телекоммуникационных каналов. Узлы сети передают данные не постоянно, а включаются лишь на некоторый промежуток времени по заданному графику, определяемому классом устройств (A, B или C). Остальное время их трансиверы находятся либо в неактивном состоянии, либо в состоянии приема для получения ответа от сервера. Протокол LoRaWAN регламентирует скорость радиообмена в диапазоне 300 бит/с — 11 кбит/с и ширину канала 125, 250 или 500 кГц. За разделение каналов и выбор оптимального набора параметров связи отвечает коэффициент расширения спектра SF (spreading factor) — целое число от 7 до 12. Чем выше SF, тем лучше помехозащищенность линии, но тем ниже скорость и тем больше времени в эфире занимает передача.

Сетевой сервер отвечает за управление одним или несколькими шлюзами и контролирует ряд важных параметров каждого абонентского устройства в сети: скорость, выходную мощность передатчика, выбор канала передачи, порядок и периодичность связи и т. д. При этом для увеличения срока службы источников питания в оконечных узлах, улучшения масштабируемости и пропускной способности, компенсации различных потерь на трассе используется алгоритм адаптивного изменения фактической скорости передачи (ADR, Adaptive Data Rate) в зависимости от расстояния до шлюза. Так, более близкие к шлюзу узлы будут использовать более высокую скорость передачи данных (следовательно, более короткое время активной передачи по радиоканалу) и меньшую выходную мощность. Самые удаленные устройства, наоборот, будут иметь низкую скорость передачи данных и высокую выходную мощность передатчика.

Следующее звено сети LoRaWAN — сервер приложений, необходимый для расшифровки полезной информации, полученной из принятых пакетов. Принадлежность каждого пакета данных, отправляемого узлами сети, к тому или иному серверу приложений определяется при помощи встроенного уникального идентификатора.

Для бесперебойной работы LoRaWAN большое значение имеет качество исполнения базовых станций, являющихся ключевыми элементами сети. Если выход из строя одного или нескольких оконечных узлов не приведет к значительным экономическим потерям, то при неполадках на БС теряется целый сегмент сети, покрывающей площадь в десятки квадратных километров. БС, построенные на основе конструкторов из серии «сделай сам», могут успешно применяться в локальных проектах, в системах домашней автоматизации и персональных сетях. Их можно изготовить самостоятельно путем объединения управляющих контроллеров с соответствующей прошивкой, например открытых платформ Raspberry Pi и OpenWrt, и одного или нескольких приемопередатчиков серии SX127x компании Semtech, официально предназначенных для абонентских устройств. Трансивер SX127x имеет один аппаратный LoRa-демодулятор, и этого вполне достаточно для бюджетных решений, при необходимости получения фемтосоты, способной полноценно работать с LoRaWAN, их количество следует увеличить до восьми. В сетях с более высокой плотностью абонентских устройств («умный город» и т. д.) в качестве шлюзов рекомендуется использовать промышленно выпускаемые изделия. Все они построены на основе специального многоканального концентратора SX1301, содержащего 49 «виртуальных» демодуляторов. Под «виртуальными» демодуляторами подразумевается сложная схема, в которой есть девять физических демодуляторов, при этом один работает с фиксированным SF, а каждый из оставшихся восьми может взаимодействовать с любым пришедшим из эфира SF, да еще и на своей собственной частоте. Поскольку микросхема SX1301 не содержит интегрированного радиотракта, то для реализации радиочастотной части шлюза встраиваются трансиверы SX1257 или SX1255, их выбор зависит от номинального частотного диапазона. Полученная связка обеспечивает выполнение основных типовых функций базовых станций сети LoRaWAN, на ее основе производятся шлюзы, предлагаемые компаниями Multitech, Link Labs, Calao Systems, Cisco, Kerlink и многими другими. Особого внимания заслуживает продукция компании Kerlink, которая внесла значительный вклад в развитие технологии LoRaWAN и деятельность LoRa Alliance.

БАЗОВЫЕ СТАНЦИИ KERLINK

В настоящее время компания Kerlink предлагает три модификации (табл.), адаптированные для быстрого развертывания LoRaWAN-сети и предназначенные для эксплуатации как внутри помещений, так и за их пределами [3]. Базовые станции Wirnet,

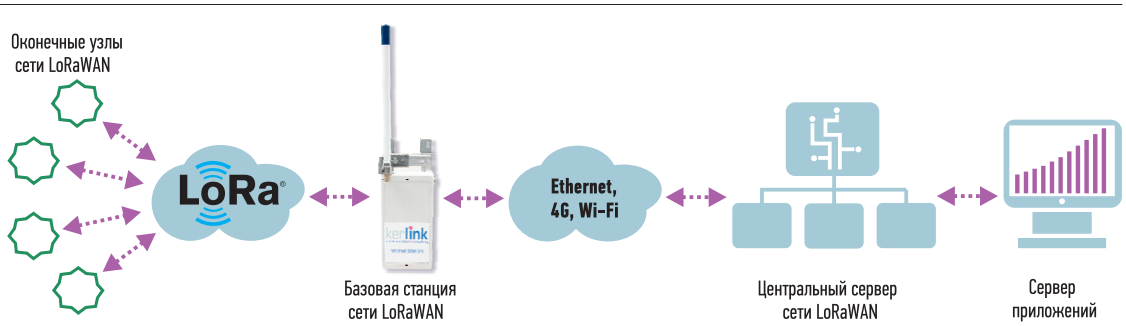


РИС. 1. Типовая архитектура сети LoRaWAN

Wirnet iBTS и Wirnet iFemtoCell, обладающие эффективным радиусом работы до 5 км в условиях городской застройки и до 15 км на открытой местности, поставляются с предустановленным программным обеспечением и настроенными параметрами. Они могут и уже успешно используются во многих отраслях промышленности, в том числе и на территории России. К типовым применениям относятся:

- системы автоматизации и сбора данных со счетчиков потребления энергоресурсов;
- системы обеспечения безопасности домов и коммерческой недвижимости;
- инженерные системы управления зданиями («умный дом»);
- контроль и учет при промышленном производстве;
- логистика на транспорте;
- элементы инфраструктуры «умного города»;
- сети персональных датчиков «электронного здоровья» в здравоохранении.

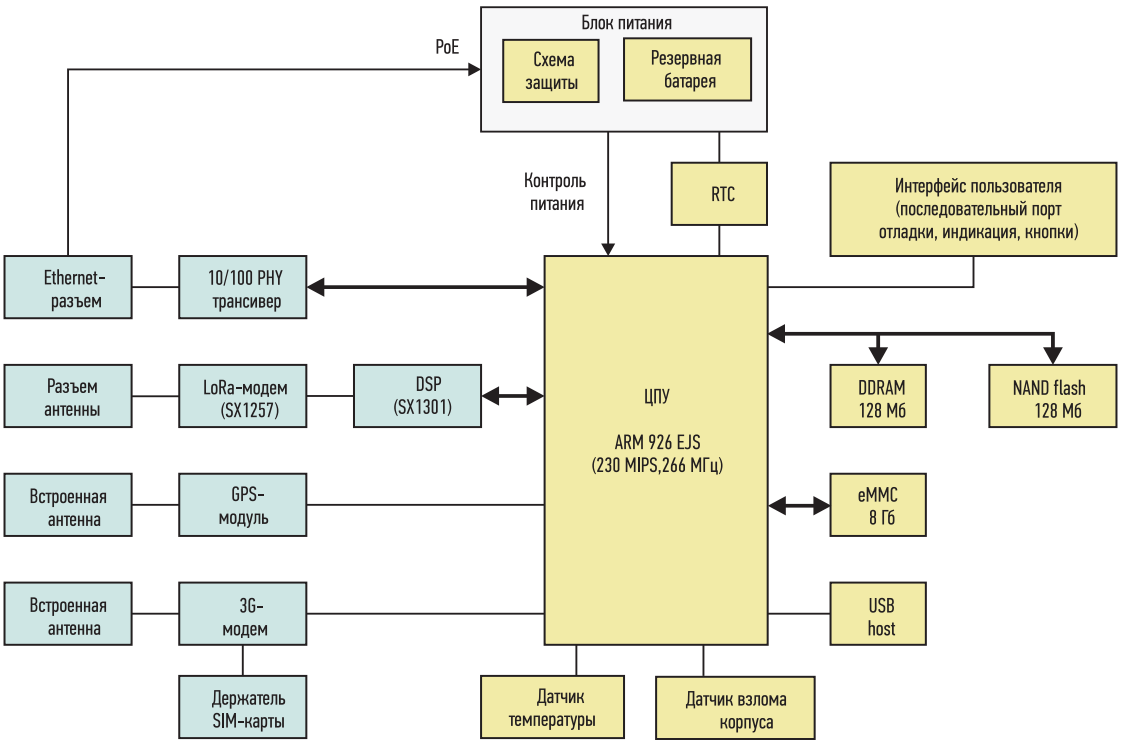
Базовая станция Wirnet, представленная еще в 2014 г., была первым на тот момент коммерческим устройством данного класса, полностью соответствующим требованиям спецификации LoRaWAN. В настоящее время является основным изделием компании, рекомендованным для различных условий эксплуатации. БС Wirnet обеспечивает построение сетей «Интернета вещей» на частотах ISM диапазонов 863–873, 902–928 и 915–928 МГц. Как и все остальные устройства Kerlink, она в обязательном порядке содержит вычислительный и коммуникационный блоки (рис. 2).

Управление отдельными узлами БС осуществляется при помощи 32-битного RISC-микроконтроллера ARM 926 EJS, имеющего быстродействие до 230 MIPS и оптимизированное энергопотребление. Интегрированная память содержит 128 Мбайт оперативной DDRAM, 128 Мбайт энергонезависимой NAND flash, из которой 40 Мбайт занято системным ПО, и модуль eMMC объемом 8 Гбайт. Взаимодействие с сервером сети выполнено по протоколам GPRS/EDGE/3G или Ethernet, максимальная скорость обмена данными зависит от применяемой технологии. Например, у HSDPA (900 МГц) она составляет 384 кбит/с (скорость отдачи) и 3,6 Мбит/с (загрузки), у UMTS (2100 МГц) — 384 кбит/с (загрузки/отдачи), а у GPRS/EDGE (850/900/1800/1900 МГц) не превышает 236,8 кбит/с. Для получения

ТАБЛИЦА. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БС ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ KERLINK

Характеристики	Базовые станции Kerlink		
	Wirnet	Wirnet iBTS	Wirnet iFemtoCell
Основные			
GPS-приемник	Да		Нет
3G/4G/LTE-модем	Да		
USB host	Да		
Канал связи с сервером	GPRS/EDGE/3G или Ethernet	GPRS/EDGE/4G или Ethernet	
Операционная система	Linux		
Диапазон рабочих температур, °C	–20...+60	–20...+55	
Тип питания	PoE: 48 В класс 0	PoE: 48 В класс 4	AC/DC-адаптер (230 В/12 В)
Система			
Процессор	ARM 926EJS	Cortex-A9	
ОЗУ	128 Мбайт DDRAM	256 Мбайт DDRAM	
ПЗУ	128 Мбайт NAND flash, 8 Гбайт eMMC	8 Гбайт eMMC	
LoRaWAN			
Количество физических каналов LoRa	9	до 64	9
Частотные диапазоны, МГц	863–873, 902–928, 915–928		
Мощность передатчика, дБм	0...+28	0...+30	
Чувствительность приема, дБм	до –141		
Дальность связи в плотной городской застройке, км	до 5		
Дальность связи в сельской местности, км	до 15		
Корпус			
Габаритные размеры, мм (макс.)	170×300×300	295×317×125	160×90×35
Степень защиты	IP67	IP66	IP31
Варианты крепления	на стену, на опору, на трубу		на стену
Вес, кг (с монтажным комплектом)	2	до 7,7	0,5

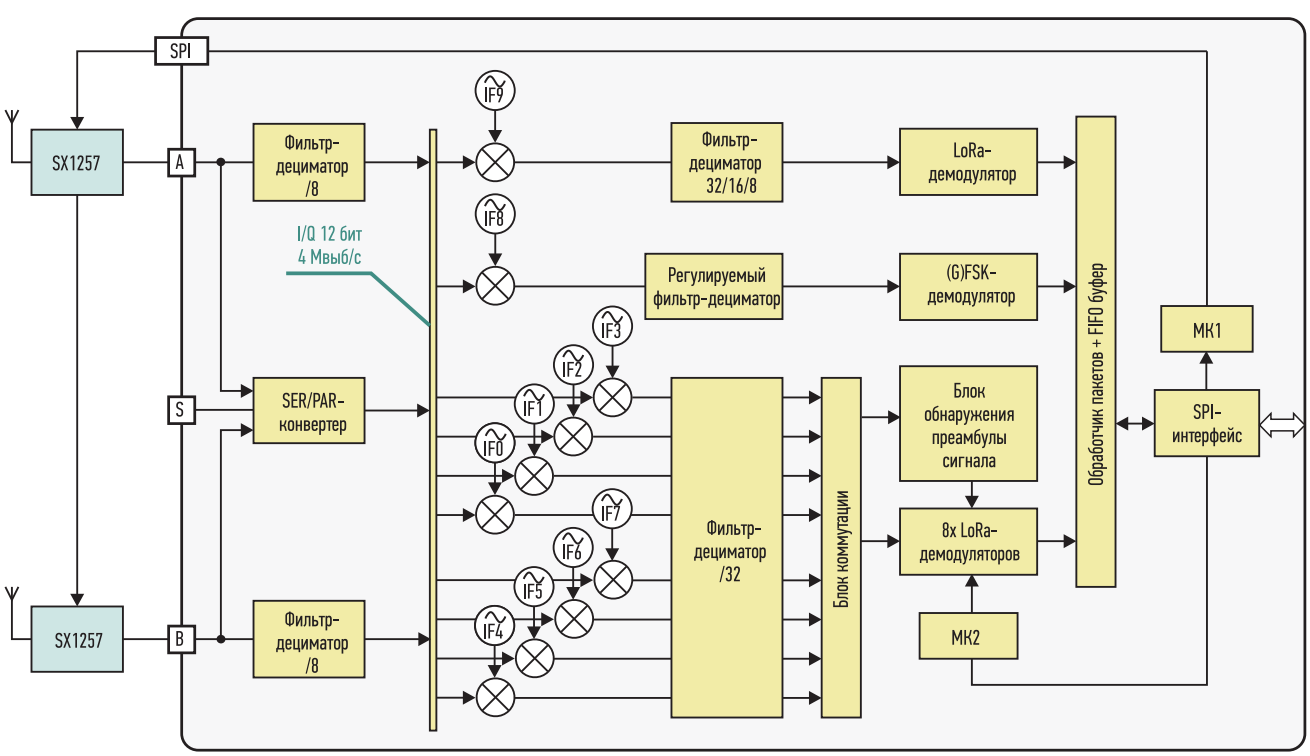
РИС. 2. ▶ Упрощенная внутренняя структура БС Wirnet



координат установки в базовую станцию встроен высокочувствительный GPS-приемник с протоколом NMEA 2.0 (антенна интегрированная).

Как было отмечено выше, коммуникационная часть спроектирована на основе связки ИС SX1301 и двух трансиверов SX1257, выпускаемых компанией Semtech. Наибольший интерес представляет процесс приема и обработки данных, получаемых от оконечных узлов сети. Рассмотрим его, для наглядности воспользовавшись изображенной на рис. 3

РИС. 3. ▼ Упрощенная структурная схема ИС SX1301 (без блока модуляторов)



упрощенной структурной схемой цифрового сигнального процессора SX1301 [4].

На вход A или B приемного тракта с выхода трансиверов SX1257 поступают I- и Q-составляющие полезных сигналов. После входных фильтров-дециматоров выполняется их преобразование при помощи блока демодуляторов с адаптируемыми настройками. Восемь LoRa-каналов (IF0-IF7) обладают фиксированной шириной полосы частот 125 кГц. Каждый из них может работать с любым коэффициентом SF (без его предварительного указания) и тем самым обеспечить одновременную обработку пакетов, имеющих различные скорости передачи данных. Именно использование такого подхода позволяет получить эмуляцию 48 каналов LoRa, динамически и без усложнения протокола регулировать скорость передачи в зависимости от бюджета линии связи, а также в случайном порядке менять частоту при каждой передаче, повышая помехозащищенность. В отличие от каналов IF0–IF7 для LoRa-канала IF8 существует возможность конфигурирования полосы частот (125, 250 или 500 кГц) и выбора всего одного из доступных коэффициентов расширения (SF7–SF12). Этот канал чаще всего применяется для взаимодействия с другими шлюзами сети. Канал IF9 является вспомогательным и при необходимости выполняет демодуляцию входной FSK- или GFSK-последовательности. Обработчик пакетов демодулированных сигналов снабжает их дополнительными дескрипторами и помещает в FIFO-буфер размером 1024 байт. Дальнейшая обработка осуществляется в ЦПУ, связь с ним организуется посредством высокоскоростного интерфейса SPI. ИС SX1301 также содержит два встроенных специализированных микроконтроллера. Первый из них (MK1 на схеме) проводит калибровку, переключение режимов работы (прием или передача), управляет автоматической регулировкой усиления и другими параметрами радиочастотного тракта трансиверов SX1257. Второй (MK2) полностью отвечает за процедуру демодуляции и задает характеристики отдельных каналов. При передаче сформированный пакет данных модулируется при помощи соответствующих (G) FSK/LoRa-модуляторов и отправляется на выход A или B в зависимости от заданных настроек.

Номинальное значение потребляемой мощности шлюза Wirnet составляет 3 Вт, а максимальный уровень достигает 15 Вт. Основной способ питания БС связан с использованием технологии PoE (класс 0), позволяющей по стандартному Ethernet-кабелю доставить к устройству необходимое напряжение 48 В. Встроенная резервная батарея помогает в аварийных ситуациях провести корректное отключение станции.

Конструктивно БС Wirnet изготавливается в герметичном прямоугольном корпусе из поликарбоната с внешними размерами 170×300×300 мм и общей массой не более 2 кг (включая крепежный комплект). Его внешний вид показан на рис. 1. Корпус отличается повышенной ударопрочностью (степень защиты IK08) и стойкостью к ультрафиолетовому излучению согласно стандарту UL508. Класс защиты от внешних воздействий IP67 позволяет монтировать станцию не только внутри помещений, но и снаружи, например на крышах высотных зданий и антенных вышках. Доступно три варианта монтажа: на стены при помощи винтовых соединений, на опоры при помощи входящих в комплект поставки скоб и на трубы с использованием специальных металлических лент. При эксплуатации в диапазоне рабочих температур –20…+60 °C и влажности 95% производителем гарантируется средняя наработка на отказ не менее 20 лет.

Интерфейс пользователя включает светодиоды, осуществляющие индикацию рабочего состояния: мощности передатчика, уровня GSM-сигнала, наличия WAN-соединения и т. д., а также кнопки ручного сброса, тестирования и запуска процедуры инсталляции. Наличие USB-интерфейса позволяет обновлять встроенное ПО и осуществлять доступ к локальной конфигурации. Из дополнительных особенностей можно отметить наличие внутреннего датчика температуры и детектора открытия крышки корпуса.

В качестве операционной системы применяется Linux (версия 3.10), также присутствуют предустановленные пакеты программ: Python, SQLite, виртуальная машина Java (опционально), клиентские и серверные приложения для работы с сетью, из доступных средств разработки — кроссплатформенный C/C++ компилятор (GCC 4.5.2).

Масштабируемая базовая станция второго поколения Wirnet iBTS предназначена для реализации модульной структуры сетевого оборудования. Ее архитектура предусматривает выполнение быстрой адаптации конкретного шлюза в соответствии с требованиями операторов, например установкой отдельных модулей можно произвести локализацию с учетом разрешенных в разных странах диапазонов частот или увеличить рабочую емкость сети. В настоящее время компания Kerlink предлагает две модификации БС Wirnet iBTS: стандартную и компактную, их внутреннее строение показано на рис. 4. Стандартная версия может содержать до четырех LoRa-модулей, поддерживающих три ISM-диапазона рабочих частот: 863–873, 902–928 или 915–928 МГц, компактная версия ограничивается одним. Каждый LoRa-модуль включает 16 физических каналов, в совокупности обеспечивающих 96 «виртуальных» демодуляторов. В зависимости от модификации меняются массогабаритные показатели. Стандартная БС Wirnet iBTS изготавливается в алюминиевом корпусе

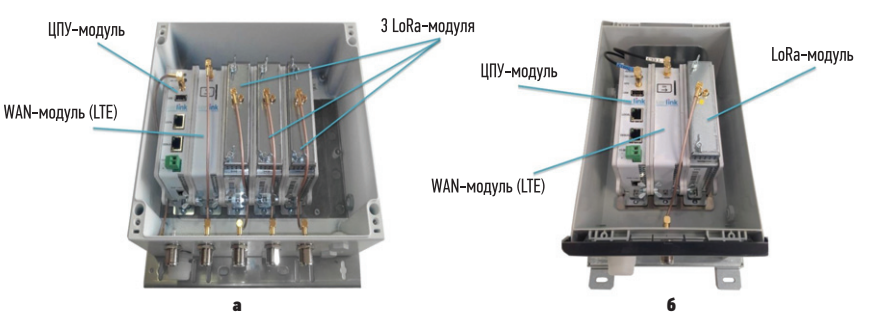


РИС. 4. ▼ Внешний вид базовых станций Wirnet iBTS: а) стандартная версия; б) компактная

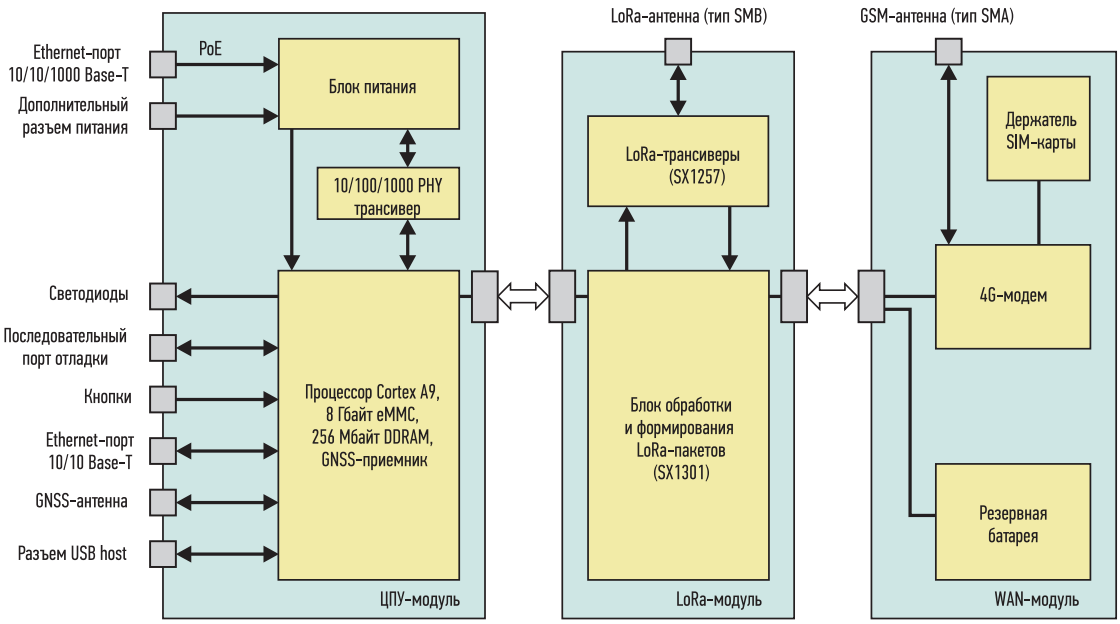


РИС. 5. Упрощенная структура базовой станции Wirnet iBTS

с размерами 295×317×125 мм и весом до 7,7 кг (при максимальном количестве LoRa-модемов), компактная — в корпусе из поликарбоната с размерами 357×189×150 мм и весом не более 3 кг (включая крепежный комплект). Корпуса со степенью защиты IP66 могут эксплуатироваться при температурах –20…+55 °С, класс огнестойкости соответствует UL94-V0, способы монтажа — аналогичные шлюзам Wirnet.

На рис. 5 представлена упрощенная структурная схема БС Wirnet iBTS. Отдельный ЦПУ-модуль базируется на ARM-процессоре семейства Cortex-A9 с частотой тактирования до 800 МГц. Помимо него он включает 256 Мбайт оперативной памяти, 8 Гбайт энергонезависимой eMMC-памяти, USB-хост для модернизации ПО, а также GNSS-приемник с протоколом NMEA 0183 (версия 4.0), позволяющий определять координаты при помощи распространенных систем навигации (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou). Антенна у GNSS-приемника встроенная для компактной версии БС и внешняя, входящая в комплект поставки, для стандартной модификации. Также доступно два Ethernet-интерфейса, первый из них соответствует стандарту 10/100/1000 Base-T и служит для организации проводной связи с сервером сети, второй (10/100 Base-T) предназначен для текущего обслуживания шлюза. За беспроводное общение с сервером отвечает WAN-модуль, скорость передачи данных определяется применяемой технологией (GPRS, EDGE, HSPA, UMTS, CDMA, LTE). Резервная батарея может обеспечить питание примерно в течение 1 мин, это вре-

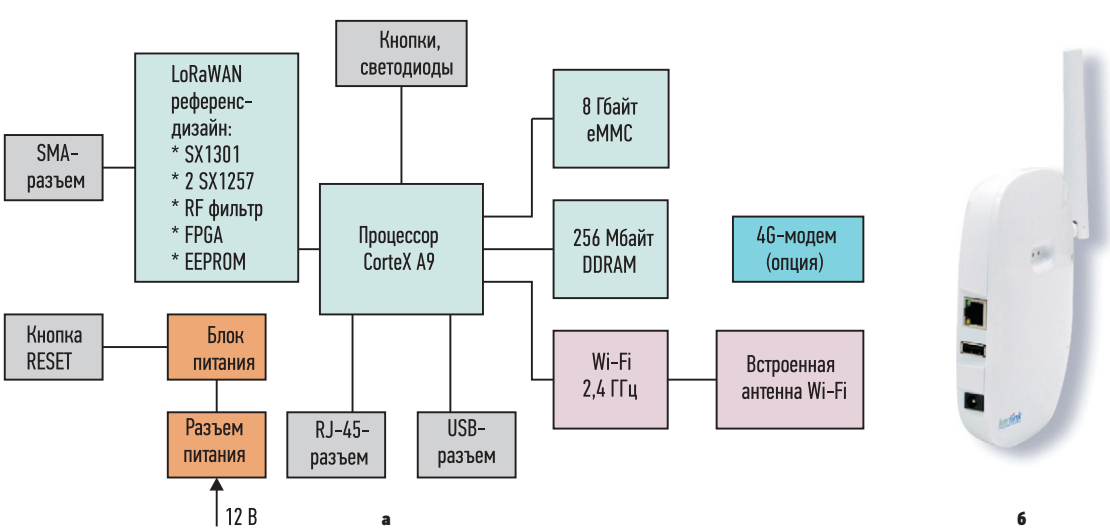


РИС. 6. Базовая станция Wirnet iFemtocell: а) структурная схема; б) внешний вид

мя используется для безопасного отключения устройства. Так же как у БС Wirnet, необходимое напряжение питания доставляется к шлюзу при помощи технологии PoE. Четвертый класс мощности обеспечивает требуемые 30 Вт для компактной версии и 60 Вт для стандартной. Дополнительный разъем питания с диапазоном входа 11–56 В постоянного тока при необходимости можно использовать для подключения солнечной батареи.

Базовая станция Wirnet iBTS действует на операционной системе Linux (версия 3.14) и имеет предустановленное приложение Packet forwarder для обеспечения обмена с LoRaWAN-сервером, а также широкий набор утилит для работы с сетью.

Шлюз Wirnet iFemtocell, являющийся новинкой компании Kerlink, рекомендован производителем для улучшения покрытия сети внутри зданий (подвальных помещениях, шахтах лифтов), а также для установки на линиях метрополитена. Выполненная по классическому референс-дизайну от компании Semtech (рис. 6а), данная БС отличается минимальными габаритами 160×90×35 мм и выпускается в пластиковом корпусе с классом защиты IP31 (рис. 6б). Монтируется при помощи винтовых соединений на стену, наличие разъема SMA позволяет использовать более мощную выносную антенну вместо входящей в комплект поставки четвертьволновой.

По техническим характеристикам представляет собой комбинацию ранее рассмотренных шлюзов. LoRa-часть полностью соответствует БС Wirnet, связка SX1301 + 2 чипа SX1257 предназначена для обеспечения двунаправленной связи в нелицензируемых диапазонах 863–873, 902–928 или 915–928 МГц. Чувствительность приема трансивера составляет –141 дБм, мощность передачи сигнала зависит от номинальной частоты и находится в диапазоне 0…+28 дБм для 868 МГц и 0…+30 дБм для двух остальных. Блок управления, так же как у БС Wirnet iBTS, построен на основе процессора Cortex-A9. Соединение с сервером организуется при помощи 10/100 Base-T Ethernet, Wi-Fi, а также опционального 4G-модема, подключаемого к USB-разъему. Электропитание Wirnet iFemtocell осуществляется через адаптер AC/DC 220/12 В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение LoRaWAN-сетей, отличающихся минимальным энергопотреблением, хорошей дальностью и безопасностью передачи данных, способствует дальнейшему распространению IoT. Базовые станции, предлагаемые компанией Kerlink для таких сетей, обладают широкими функциональными возможностями, долговременной надежностью и простотой использования. Три модификации, подходящие для различных условий эксплуатации и размеров сети, позволяют выбрать необходимое решение для конкретной задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верхулевский К. Особенности и тенденции развития технологии LoRaWAN // Беспроводные технологии. 2017. № 1.
2. Официальный сайт LoRa-альянса. www.lora-alliance.org.
3. Официальный сайт компании Kerlink. www.kerlink.com.
4. SX1301. Datasheet. May, 2017 (v. 2.3). www.semtech.com/uploads/documents/sx1301.pdf.