

## LoRa® IoT Network Solutions



Компания КВЕСТ

Тел./факс +7 (81378) 327-55, (812) 640-27-55

E-mail: [info@icquest.ru](mailto:info@icquest.ru)

[www.icquest.ru](http://www.icquest.ru)

Официальный дистрибьютор  
Semtech Corporation



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ  
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА 2019

30 сентября - 5 октября  
Республика Крым, г. Алушта

### V Юбилейный Международный Форум «Микроэлектроника 2019» -

ключевое событие года в области микроэлектронных технологий

- V Научная конференция «ЭКБ и микроэлектронные модули»
- V Деловая программа
- V Демонстрационная зона
- V Фестиваль инноваций

1000 делегатов

500 докладчиков

400 компаний

За все 4 года успешной работы

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



ОРГАНИЗАТОРЫ

Генеральный информационный партнёр



Оператор Форума: Компания «ПрофКонференции» • Тел.: +7 (495) 641-57-17 • E-mail: [info@microelectronica.pro](mailto:info@microelectronica.pro)  
Подробная информация и регистрация участников на официальном сайте Форума: [microelectronica.pro](http://microelectronica.pro)

# LoRaWAN. Базовые станции и радиомодули



В статье рассматриваются преимущества технологии LoRaWAN, которая способствует распространению «интернета вещей», такие как экономность решений, гибкость, открытость и др. Представлено оборудование для сетей LoRaWAN, радиомодули и базовые станции, приведено сравнение их технических характеристик. Особое внимание уделено базовым станциям Kerlink.

Компания «КВЕСТ», г. Выборг

Бурное развитие сетей с пакетной коммутацией в начале 2000-х годов привело к тому, что мировое телекоммуникационное сообщество сначала выработало, а затем и приступило к реализации новой парадигмы развития коммуникаций – сетей следующего поколения. При этом предполагалось, что основными пользователями таких сетей будут люди и, следовательно, максимальное число абонентов всегда будет ограничено численностью населения планеты Земля. Однако значительное развитие метода радиочастотной идентификации (RFID), распространение беспроводных сенсорных сетей (WSN), а также взрывной рост применения смартфонов и планшетных компьютеров способствовали появлению огромного числа интегрированных с интернетом технических устройств («вещей»), взаимосвязанных между собой.

Согласно данным консалтингового подразделения Cisco IBSG (Internet Business Solutions Group), прогнозируется, что число устройств, подключенных к интернету, к 2020 году достигнет 50 млрд штук. По их мнению, «интернет вещей» – всего лишь момент времени, когда количество материальных объектов, имеющих выход в интернет, превысило число

людей, пользующихся «всемирной паутиной». Таким образом, по расчетам, эволюционный переход от «интернета людей» к «интернету вещей» произошел в промежутке между 2008 и 2009 годами.

В общем случае под «интернетом вещей» понимается совокупность разнообразных приборов, автономных датчиков и исполнительных устройств, объединенных в сеть посредством любых доступных каналов связи (проводных или беспроводных), использующих различные протоколы взаимодействия между собой и единственный протокол доступа

к глобальной сети. В роли глобальной сети в настоящий момент используется сеть интернет, а общим протоколом является IP. Наиболее важные отличия «интернета вещей» – существенно большее число подключенных объектов, их меньшие размеры, как правило, невысокие скорости передачи данных, а также необходимость создания новой инфраструктуры и альтернативных стандартов.

Для окончательных устройств сети, обычно выполняющих функции сбора и анализа данных, не так важны скорость и объем передачи информации, как длительность ра-

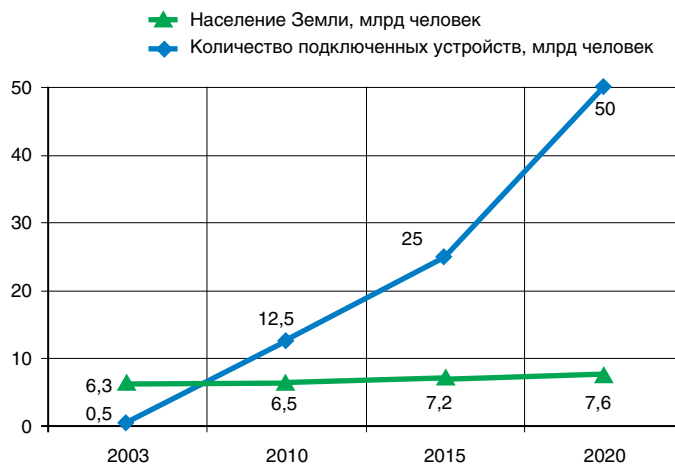


Рис. 1. Динамика роста «интернета вещей» согласно данным компании Cisco

боты устройства без дополнительного обслуживания и зарядки (измеряется месяцами и годами), габаритные размеры и стоимость канала связи. Для соответствия вышеизложенным требованиям активно внедряются новые типы сетей с низким энергопотреблением LPWAN (Low Power Wide Area Networks), которые в отличие от сетей передачи данных 3G, 4G или LTE эффективно решают поставленные задачи.

#### LPWAN-технологии

Разработкой LPWAN-технологий занимаются различные компании и организации, хотя не все из этих технологий приживаются одинаково успешно. Одна из них, NB-IoT (Narrowband IoT, «узкополосный интернет вещей»), поддерживается ассоциациями телекоммуникационных стандартов, которые продвигают интересы сетей сотовой связи, поэтому предполагает использование инфраструктуры сотовой связи. На практике это оборачивается довольно большими затратами. Лицензионные сборы для использования диапазонов частот очень высоки, их может оплатить лишь ограниченный круг лиц. Есть у узкополосного «интернета вещей» и другие не самые прагматичные особенности. Он использует инфраструктуру сотовой связи стандарта LTE, а значит, может работать только в зоне действия базовых станций сетей 4G/LTE, которые на данный момент внедрены далеко не везде. Кроме того, NB-IoT-устройства синхронно связываются с сетью базовых станций независимо от того, есть ли у них данные для отправки. Такой режим приводит к значительному уменьшению срока службы аккумулятора. Также стандарт NB-IoT предусматривает достаточно большое потребление электроэнергии устрой-

ствами. Все эти особенности делают сеть NB-IoT весьма затратными, что не способствует их популярности, поэтому внедрение сетей NB-IoT пока не получило широкого развития в мире.

Совершенно другая картина наблюдается в случае с технологией LoRaWAN, разработкой и стандартизацией которой занимается некоммерческая организация LoRa Alliance. Эта технология использует нелицензируемый спектр диапазона частот, обеспечивает гибкое развертывание сетей (ее устройства могут быть установлены в публичных, частных или гибридных сетях, в закрытых помещениях или на открытом воздухе, а один сетевой шлюз обеспечивает покрытие радиусом до 15 км на открытых пространствах). Устройства LoRaWAN имеют очень низкий ток потребления, тем более что информация передается только когда это необходимо. Всё это обеспечивает долгий срок службы аккумулятора передатчиков – до 10 лет. И еще одно важное преимущество: LoRaWAN – открытое решение. Владелец технологии LoRaWAN, компания Semtech, зарабатывает только на полупроводниковых изделиях, а все детали технической реализации проекта отдает на полное усмотрение заказчика. Чипы LoRaWAN для конечных устройств присутствуют в свободной продаже, документация на них открыта, делать устройства на них могут все желающие. Две библиотеки, представляющие собой программные реализации стека протокола LoRaWAN, LoRaMAC от компании Semtech и LMiC (LoRaWANinC) от IBM, также находятся в открытом доступе. Такой поход оправдывает себя, сегодня все больше производителей выпускают оборудование для сетей LoRaWAN, в частности конечные

устройства с радиомодулем LoRaWAN и базовые станции (БС).

#### Радиомодули для сети LoRaWAN

Типичная сеть LoRaWAN имеет базовую топологию «звезда» и состоит из оконечных узлов (конечных устройств), шлюзов, сетевого сервера и сервера приложений. Принцип работы прост: базовые станции (шлюзы) передают зашифрованные данные, полученные от конечных LoRaWAN-устройств, на центральный сервер сети провайдера и далее на сервер приложений сервис-провайдера, с которого информация поступает пользователям.

Радиомодули конечных устройств являются элементами, выполняющими функции измерения, управления и (или) контроля, обмен данными двухсторонний: как от конечных точек к серверу, так и обратно. Радиомодули осуществляют передачу не постоянно, а лишь через определенные промежутки времени согласно заданному графику. Остальное время их трансиверы находятся либо в неактивном состоянии (режиме сна), либо в состоянии приема для получения ответа от сервера. Режим работы зависит от класса устройства.

С распространением сетей LoRaWAN растет и число производителей, предлагающих свои варианты модулей. Основные технические характеристики наиболее популярных версий промышленно выпускаемых радиомодулей для узлов сети приведены в табл. 1, а внешний вид показан на рис. 2.

Беспроводной модуль сети LoRaWAN, как правило, объединяет в своем составе приемопередатчик с необходимой для заданной частоты пассивной обвязкой и отдельный микроконтроллер для хранения сте-

Таблица 1. Основные характеристики серийно выпускаемых радиомодулей для сети LoRaWAN

Модули	Производитель	Особенности построения	Рабочие частоты, МГц	Чувствительность приемника (макс.), дБм	Выходная мощность (макс.), дБм	Интерфейс связи с хост-контроллером	Габаритные размеры, мм
G76S	Gemtek	STM32L073 + SX1276	863–928	-148	19	UART	13 × 11 × 1,1
iM880B-L	IMST	STM32L151CUB6A + SX1272	863–870	-138	19	UART/I2C/SPI	20 × 23,8 × 2
iM881	IMST	STM32L051 + SX1272	863–870	-138	14	UART/I2C/SPI	20 × 23,8 × 2
EMB-LR1272	Embit	SAMD20+SX1272	868/915	-138	19	UART/I2C/SPI	22,0 × 29,0
RFM95W	HopeRF	SX1276	868	-148	20	SPI	16,0 × 16,0 × 1,8
GL6509	Gemtek	STM32L073 + SX1276	863–928	-148	19	UART	40 × 15 × 2

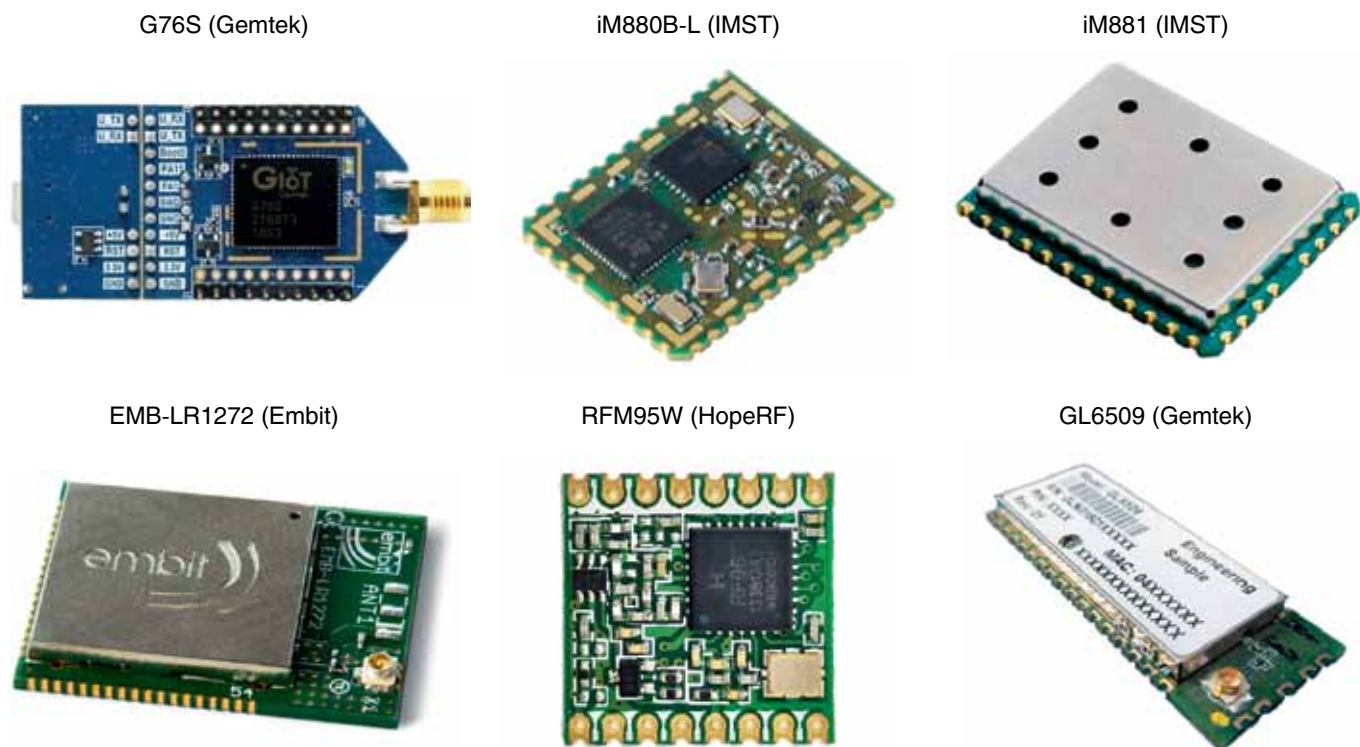


Рис. 2. Внешний вид некоторых беспроводных модулей для оконечных узлов сети LoRaWAN

ка протокола LoRaWAN. В большинстве случаев все преимущества модуляции LoRa реализуются с помощью трансиверов SX1272 или SX1276, выпускаемых компанией Semtech. Предлагаемые варианты имеют схожие характеристики, поэтому при выборе подходящего решения стоит обратить внимание на дополнительные характеристики: конструктивные особенности, габаритные размеры, наличие необходимой периферии, дополнительных интерфейсов на борту и т. д.

В настоящее время многие производители предлагают свои варианты радиомодулей, все они построены на базе чипов SX1272, SX1276, SX1261 и SX1262 (со встроенным усилителем мощности) компании Semtech, работающих совместно с отдельным микроконтроллером. Микроконтроллер, необходимый для реализации функций стека протокола LoRaWAN, располагается либо непосредственно на плате модуля, либо соединяется с ним с помощью распространенных интерфейсов. Из наиболее популярных версий промышленно выпускаемых узлов можно отметить модули iM880B компании IMST, содержащие трансивер SX1272, и малопотребляющий контроллер STM32L151 (ядро CortexM3), RFM95W (только тран-

сивер SX1276) компании HopeRF, имеющие примеры применения совместно с платформой Arduino и G76S компании GEMTEK (SX1276 + STM32L073), управляемые AT-командами.

#### Базовые станции LoRaWAN

Базовые станции (шлюзы, концентраторы) сети LoRaWAN формируют прозрачный мост ретрансляции сообщений между конечными устройствами и центральным сервером сети с помощью Ethernet, Wi-Fi, GSM или других телекоммуникационных каналов связи путем организации стандартного IP-соединения. В зависимости от желаемой канальной емкости и мест установки доступны разные версии шлюзов, они могут монтироваться как внутри помещений, так и на вышках или зданиях.

Большой плюс технологии LoRaWAN — дешевизна, простота и абсолютная симметричность решений для абонентских устройств и базовых станций. В отличие от UNB-систем одноканальную базовую станцию можно быстро изготовить даже самому из связки трансивера серии SX127x и управляющего контроллера с соответствующей прошивкой, и этого будет более чем достаточно для большинства задач мониторинга.

В сетях с высокой плотностью абонентских устройств в качестве шлюзов выступают специальные многоканальные концентраторы с несколькими аппаратными демодуляторами, принимающие данные от множества узлов одновременно. Для полноценных базовых станций компания Semtech предлагает чип SX1301, содержащий 49 «виртуальных» демодуляторов. Под «виртуальными» демодуляторами подразумевается сложная схема, в которой есть 9 физических демодуляторов, при этом один работает с фиксированным SF (Spreading Factor), а каждый из остальных восьми — с любым полученным из эфира SF, да еще и на своей собственной частоте. ИС SX1301 требует сложной внешней обвязки (у него нет интегрированного радиотракта), для радиочастотной части шлюза компанией рекомендуется трансивер SX1257. Эта связка обычно и используется в массово выпускаемых базовых станциях LoRaWAN-сети. В табл. 2 приведены их отличительные особенности, а на рис. 3 — внешний вид отдельных моделей.

#### Базовые станции Kerlink

Пионер в проектировании базовых станций для сети LoRaWAN, соучредитель LoRa-альянса компания

Таблица 2. Отличительные характеристики популярных базовых станций сети LoRaWAN

Наименование	Использование вне помещений	Частотные диапазоны, МГц			GPS	Интерфейсы			Число каналов LoRa	Геолокация (определение координат датчика без GPS)
		433	868	902–928		Ethernet	3G/4G/LTE	Wi-Fi		
Kerlink Wirnet Station	+	-	+	+	+	+	+	-	8	-
Kerlink iBTS	+	-	+	+	+	+	+	-	8–64	+
Kerlink iFemtocell	-	-	+	+	-	+	+	+	8	-
Gemtek LoRa Outdoor Micro Gateway	+	-	+	+	-	+	+	-	16	-
RisingHF RHF2S208	+	+	+	+	+	+	+	+	8–16	-
IMST LoRa Lite Gateway	-	-	+	-	-	+	-	-	8	-
Cisco Wireless Gateway	+	-	+	+	+	+	+	+	16	+

Kerlink в настоящее время предлагает четыре варианта шлюзов, адаптированных под основные субгигагерцовые частоты ISM-диапазона: 868, 915 и 923 МГц. Протестированные в сетях крупных провайдеров – Orange Telecom, Tata Communications, KPN, Swisscom, Proximus, а также в сетях российских провайдеров – «Ростелеком», «ЭР ТЕЛЕКОМ», «Лартех Телеком», «Таттелеком», сертифицированные на соответствие требованиям CE/FCC/IC/КC, базовые станции обладают архитектурой, разработанной для удовлетворения потребностей общедоступных операторов.

За обработку данных отвечает 32-битный RISC-микроконтроллер с быстродействием до 230 MIPS и оптимизированным энергопотреблением, использующий интегрированную память (128 МБ энергонезависимой NAND-flash, из которой 40 МБ занято системным ПО и алгоритмом автовосстановления; 128–256 МБ оперативной DDRAM и eMMC-чип объемом 8 Гб). Взаимодействие с WAN-сетью осуществляется посредством протоколов GPRS/EDGE/3G/LTE 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 координат установки и временной синхронизации в базовую станцию встроен высокочувствительный GPS-приемник с протоколом NMEA 2.0 (антенна интегрированная).

В основе LoRa-части базовых станций Kerlink лежит применение связки микросхем SX1301 + SX1257. Многоканальная ИС SX1301, пред-

Kerlink Wirnet Station



Kerlink iBTS



Kerlink iFemtocell



Gemtek LoRa Outdoor Micro Gateway



IMST LoRa Lite Gateway



Cisco Wireless Gateway



Рис. 3. Внешний вид некоторых базовых станций LoRaWAN

ставляющая собой цифровой процессор каналов радиосвязи для устройств ISM-диапазона, может параллельно демодулировать несколько сообщений, полученных на различных рабочих частотах.

Отличительные особенности SX1301:

- ▶ чувствительность приема до 142,5 дБм (при использовании с SX1257);
- ▶ динамическая адаптация канала под различные скорости передачи (DDR, Dynamic data rate);
- ▶ 10 параллельных программируемых каналов демодуляции.

Отличительные особенности базовых станций Kerlink:

- ▶ обработка от 700 000 до 4 200 000 пакетов в сутки в зависимости от конфигурации станции;
- ▶ геолокация (для iBTS-версии);
- ▶ работа с всенаправленными и секторальными (только iBTS) антеннами;
- ▶ модульная архитектура станций iBTS, благодаря которой пользователь может сам решить, использовать ему какой-то дополнительный модуль (LoRa-модем, 3G/4G-модем) или нет.

Пользовательский интерфейс включает в себя светодиоды, осуществляющие индикацию рабочего состояния (мощности передатчика, уровня GSM-сигнала, наличие WAN-соединения и др.), а также кнопки ручного сброса, тестирования и запуска процедуры инсталляции.

Из дополнительных особенностей можно отметить наличие внутреннего датчика температуры и детектора открытия крышки корпуса. Для питания шлюзов Kerlink используется технология PoE (класс 0), дающая возможность доставить к устройству необходимые 48 В по стандартному Ethernet-кабелю, встроенная резерв-

ная батарея позволяет в аварийных ситуациях провести корректное отключение станции. Конструктивно устройства выпускаются в герметичных, ударопрочных (степень защиты от механических воздействий IK08), прямоугольных корпусах из поликарбоната с внешними размерами 31,5 × 17,0 × 21,5 см (включая крепежный комплект), общая масса составляет приблизительно 2 кг. Шлюзы Kerlink предназначены для эксплуатации в диапазоне рабочих температур от -40 до +60 °С при влажности 95%, производителем гарантируется средняя наработка на отказ не менее 20 лет. Монтаж возможен тремя способами: на стену с помощью винтовых соединений, креплением скобами на опорах и установкой на трубах с использованием специальных металлических лент.

Что касается программной части, то в качестве операционной системы применяется Linux, также присутствуют установленные пакеты программ: Python, SQLite, виртуальная машина Java (опционально), клиентские и серверные приложения для работы с сетью, из доступных средств разработки можно отметить кроссплатформенный компилятор C/C++ (GCC 4.5.2). Для облегчения проектирования доступны руководства пользователя, описание Kerlink M2M-сервисов и примеры программной реализации взаимодействия элементов сети LoRaWAN, написанные на языке C. Компанией KERLINK также предлагается серверное ПО Wanesy Management Center, предназначенное для управления базовыми станциями, в состав которого входят контроллер базовых станций, контроллер сети и LoRaWAN-сервер.

Модификации LoRa IoT Station SPN и iFemtocell, имеющие аналогичное аппаратное построение, отлича-

ются тем, что одновременно со своими могут выполнять функции LoRaWAN-сервера для устройств класса А, В, С и быть полностью автономными. Вторая версия программы-сервера SPN v2 загружается на ведущую (master) станцию iFemtocell, на которую поступают пакеты с других (slave) станций. Slave-станции передают пакеты на ведущую (master) станцию, используя ее как сервер.

#### Заключение

Преимущества технологии LoRa способствуют развитию и широкому распространению «интернета вещей» как в мире, так и в России в частности. Программные и аппаратные решения от различных производителей, реализующие функции оконечных узлов и базовых станций LoRaWAN-сети, помогают в максимально короткие сроки организовать системы безопасности, промышленной автоматизации, удаленного мониторинга и управления объектами, связанные с глобальной сетью. Высокоинтегрированные базовые станции Kerlink, предназначенные для жестких условий эксплуатации и обладающие широкими функциональными возможностями, обеспечивают сбор и передачу данных от десятков датчиков, удаленных на расстояния до 15 км.

Официальным дистрибьютором и партнером всех упомянутых в статье производителей является компания «КВЕСТ». Компания осуществляет продвижение и техническую поддержку продукции на российском рынке и всегда готова оказать помощь в поставке интересующего оборудования.

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



[vk.com/journal\\_isup](http://vk.com/journal_isup)  
ВКонтакте



[facebook.com/isup.ru](https://facebook.com/isup.ru)  
Фейсбук



[zen.yandex.ru/isup](https://zen.yandex.ru/isup)  
Яндекс.Дзен

Все статьи в свободном доступе