

LPWAN И ДРУГИЕ БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЮРИЙ ШЕМЧУК
yshemchuk@strij.net

В концепциях IoT и M2M дистанционное взаимодействие между устройствами строится на обмене небольшими пакетами данных, и существующие беспроводные технологии далеко не всегда способны эффективно обеспечить такой обмен. Технология LPWAN была специально разработана с целью предоставить простой, надежный и дешевый способ связи для датчиков, разнесенных по большой территории, закрывая потребности приложений, нетребовательных к скорости передачи данных.

РИС. 1. ▼
Сравнение беспроводных технологий по дальности и скорости передачи данных

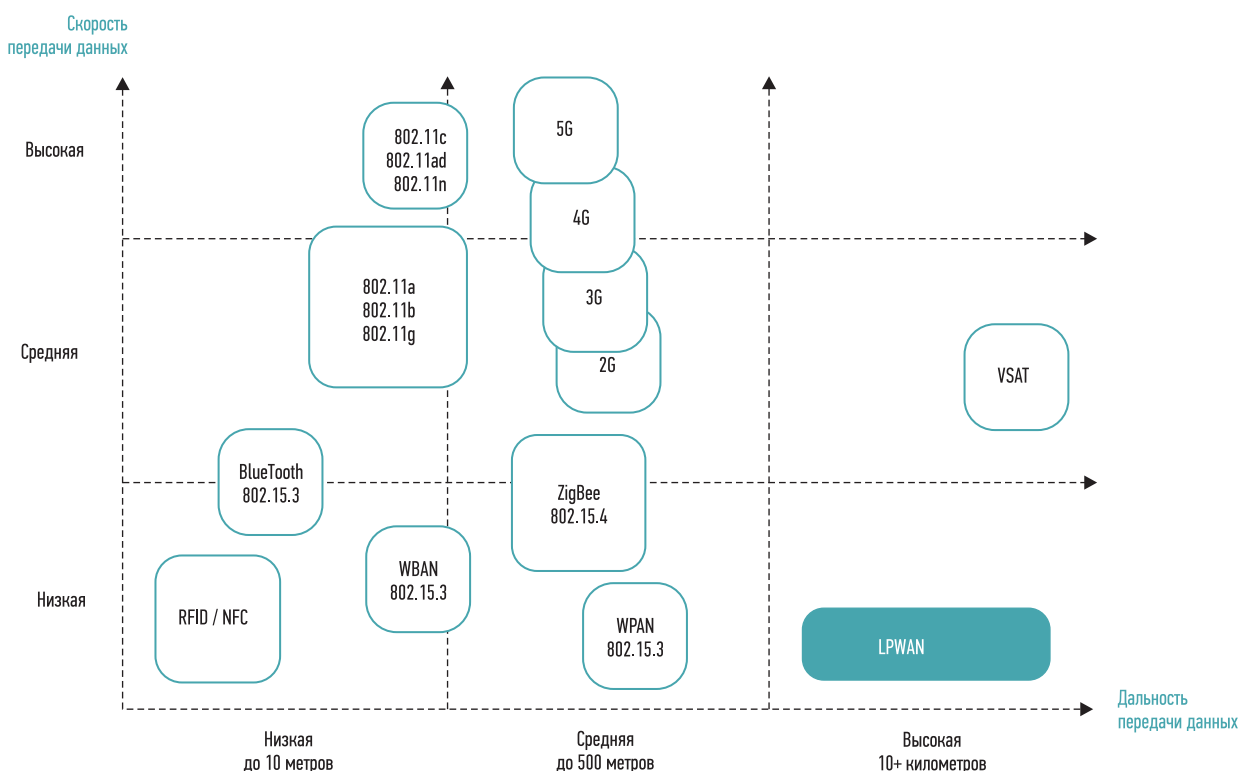
LPWAN (Low-power Wide-area Network) — новый тип беспроводных сетей, разработанный для передачи данных телеметрии различных устройств, сенсоров, датчиков и приборов учета на дальние расстояния. Появление сетей LPWAN главным образом связано с потребностями межмашинного общения (Machine-to-machine, M2M) и передачей дан-

ных в рамках концепции «Интернета вещей» (Internet of Things, IoT).

Использование беспроводной технологии в той или иной сфере определяется двумя ключевыми параметрами — дальностью связи и скоростью передачи данных (рис. 1). Например, Wi-Fi, имея высокую пропускную способность в несколько Мбит/с и ограничение по дальности в пре-

делах 100–200 метров, чаще всего используется для построения беспроводных локальных сетей в пределах офиса, квартиры или дома.

Как следует из названия технологии, ее главные характеристики — низкое энергопотребление (low-power) и широкий территориальный охват (wide-area). При этом особенности передачи данных в M2M



и IoT предъявляют ряд дополнительных требований для телеметрических сетей класса LPWAN.

Ключевые параметры LPWAN-сетей:

- дальность передачи радиосигнала;
- энергоэффективность, автономность;
- скорость передачи данных;
- проникающая способность радиосигнала;
- задержка передачи сигнала;
- количество базовых станций, требуемое для покрытия определенного района;
- производительность базовой станции;
- абонентская плата, стоимость подключения;
- стоимость компонентов.

Диаграмма со сравнением характеристик беспроводных технологий, применяемых для телеметрии, приведена на рис. 2.

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ LPWAN-РАДИОКАНАЛА

В основе межмашинного общения лежит принцип обмена небольшими по объему пакетами данных. Так, например, датчику дыма необходимо передать сигнал тревоги в момент обнаружения задымления и результат ежедневной самодиагностики диспетчеру — один бит информации. То же самое происходит и в случае датчиков в системах контроля протечки воды. Показания приборов учета воды, электричества, тепла, газа, а также датчиков влажности или температуры могут быть «упакованы» в несколько бит.

Скорость передачи данных LPWAN-радиоканала зависит от конкретной решаемой задачи и, как правило, составляет от нескольких бит до нескольких сотен бит в секунду. Потребности в высокой пропускной способности канала связи нет. Это, в свою очередь, открывает ряд возможностей для улучшения других, не менее важных параметров сети.

ДАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ И ПЛОЩАДЬ ПОКРЫТИЯ LPWAN-СЕТИ

Экономия на объеме передаваемой информации позволяет увеличить энергетику радиосигнала и, как следствие, значительно повысить энергетический потенциал канала связи. Высокая энергетика используется для увеличения дальности передачи сиг-

нала и повышения его проникающей способности.

В результате дальность передачи данных в сети LPWAN в несколько раз превышает дальность действия сотовой сети и составляет от нескольких километров до нескольких десятков километров. Так, например, радиус действия базовой станции «СТРИЖ» в городской черте превышает 10 км, а за пределами города ограничивается видимостью горизонта и составляет в среднем 50 км. Несложно посчитать площадь покрытия в городских условиях — свыше 300 кв. км, на открытой местности — порядка 8 000 кв. км.

Выигрыш в дальности действия одной базовой станции позволяет охватывать большие площади меньшим количеством станций, что, в свою очередь, сокращает расходы на инфраструктуру и обслуживание сетей LPWAN.

ПРОНИКАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ LPWAN-СИГНАЛА

Благодаря высокой проникающей способности LPWAN-сеть стабильно работает в условиях плотной городской застройки. Радиосигнал легко преодолевает стены зданий, устройства могут работать даже из подвалов или коммуникационных шахт зданий. Это важный параметр, поскольку, например, счетчики воды часто устанавливаются в стояках, куда не всегда проникает сигнал GSM,

а значительная часть инженерных коммуникаций многоквартирных домов или промышленных предприятий находится ниже уровня земли, в колодцах или подвалах зданий.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ LPWAN-СТАНЦИИ

Чем меньше базовых станций, тем лучше, так как из-за этого снижаются расходы на поддержание сети. Но с другой стороны, значительно вырастает нагрузка на каждую отдельную станцию. Пропускная способность базовой станции — это ключевой параметр в сетях LPWAN, если говорить о крупных сетях в пределах города или области.

Представьте: такой мегаполис, как Москва, насчитывает сотни тысяч вышек сотовых операторов, которые обеспечивают полное покрытие столицы, а в случае с LPWAN-сетью количество станций, достаточное для ее полного покрытия, ограничивается несколькими десятками, от 40 до 100. В таком случае каждая станция должна выдерживать нагрузку в несколько сотен тысяч различных «умных» приборов учета, датчиков и сенсоров.

Принимая во внимание высокие требования к мощностям станций, «СТРИЖ» применяет технологию параллельной обработки радиосигнала при помощи высокопроизводительных процессоров. Такой подход обеспечивает большую емкость LPWAN-сети, в которой каждая станция может обра-

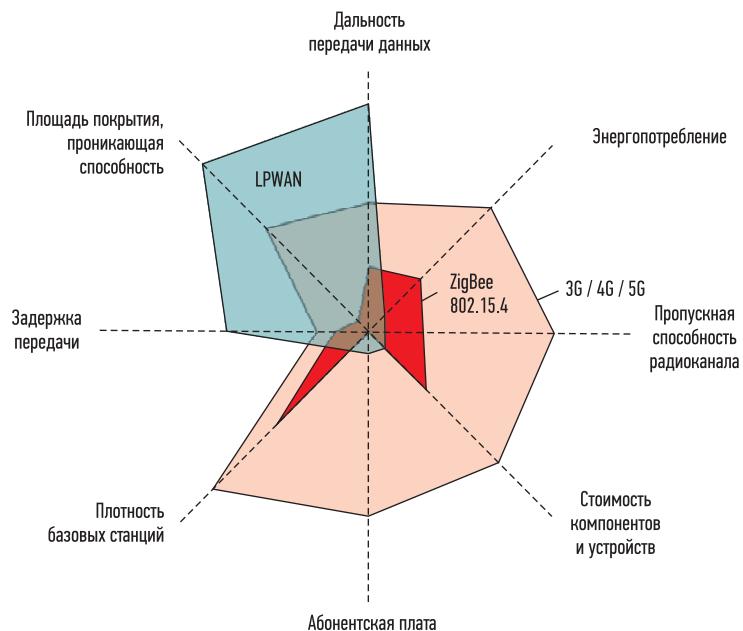


РИС. 2. Сравнение характеристик LPWAN, 3G, ZigBee

бывають данные с минимум 2 млн «умных» устройств.

ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ И АВТОНОМНОСТЬ

Устройства способны работать в сетях LPWAN в течение многих лет. Их автономность позволяет значительно сократить эксплуатационные расходы, ведь постоянная замена источников питания — дорогое удовольствие, а прокладка слаботочных кабелей далеко не всегда оправдана. К примеру, у датчиков парковки, смонтированных в дорожное полотно, нет возможности менять источник питания каждые несколько дней.

Большая автономность достигается, с одной стороны, за счет использования высокоемкостных аккумуляторов, не подверженных саморазряду, а с другой — за счет низкого энергопотребления.

В процессе передачи данных устройство потребляет порядка 50 мА в течение нескольких секунд. Этого времени достаточно для передачи данных в сеть. Все остальное время прибор находится в спящем режиме, потребляя несколько микроампер. Каков результат? Аккумуляторная батарея AA-типа работает в течение 10 и более лет, снижая стоимость обслуживания до минимума.

ВРЕМЯ ЗАДЕРЖКИ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛА

Время задержки при передаче сигнала не является ключевым требованием

в LPWAN-сетях и составляет несколько секунд. Как правило, приложения IoT и M2M не чувствительны к задержке в передаче информации. Посудите сами: не критично, если показания счетчика воды или датчика влажности попадут в личный кабинет диспетчера только через несколько секунд после считывания их сенсором.

ТОПОЛОГИЯ LPWAN-СЕТИ

Беспроводной сегмент LPWAN-сети использует топологию «звезда» (рис. 3), т. е. все устройства посылают данные напрямую на базовые станции.

Топология «звезда» дает неоспоримое преимущество для «умной» сети: таким образом намеренно исключаются сложности, связанные с использованием mesh-протокола, который, кроме низкой надежности, провоцирует дополнительный расход энергии на передачу данных между устройствами.

«Умные» устройства, такие как приборы учета, датчики дыма или движения, могут располагаться в пределах жилых домов, офисных зданий или промышленных помещений, но, например, сельскохозяйственным IoT-датчикам, находящимся в полях или овощехранилищах, вне зоны сотовых сетей GPRS/3G, также необходимо передавать телеметрию.

Применение технологий короткого радиуса действия, например ZigBee, будет сопряжено с необходимостью подключения дополнительного кана-

ла связи для передачи данных через Интернет на каждом объекте либо установки цепочки ретрансляторов.

В случае же LPWAN-сети базовая станция, обслуживая большое количество устройств, связывается с ними напрямую без использования промежуточных узлов и охватывает сразу несколько объектов в радиусе своего действия.

Такой подход упрощает внедрение решения на одном объекте, так как не требует установки промежуточного оборудования. Достаточно установить и включить конечное устройство. При развертывании сети на нескольких объектах это существенно снижает стоимость оборудования и работ на развертывание сети.

Кроме того, отказоустойчивость всей системы повышается за счет формирования единой точки отказа. К примеру, в ZigBee-системах концентраторы устанавливаются без запаса по охвату, чтобы избежать излишнего удорожания решения. При отказе концентратора пропадают все счетчики в его радиусе действия. Тем временем в случае с LPWAN отказ конечной точки никак не влияет на работоспособность других устройств.

Топология масштабной LPWAN-сети строится по принципу «звезда из звезд» (рис. 4). Каждая базовая станция принимает данные с различных устройств и передает их на сервер для последующей обработки.

СТОИМОСТЬ

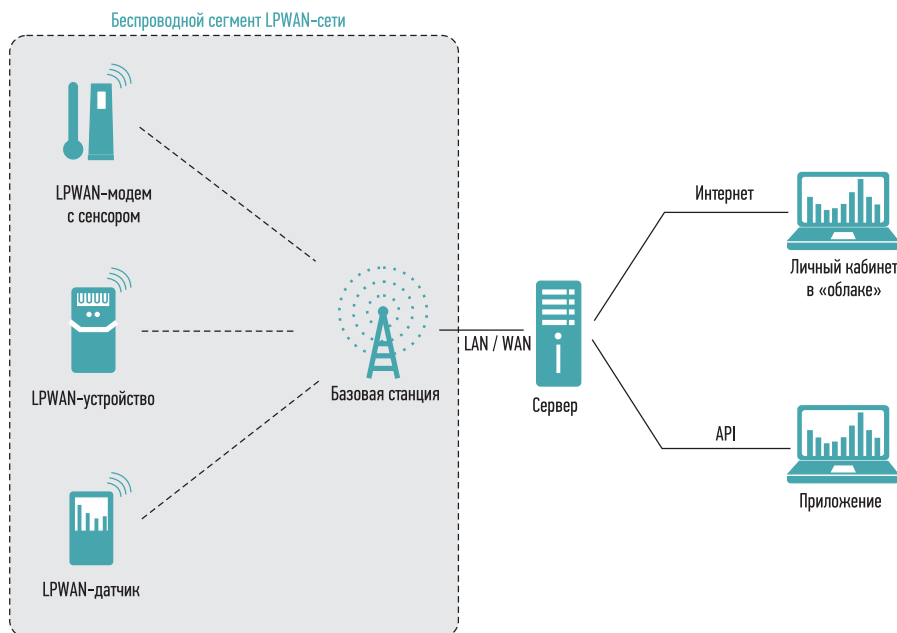
Масштабируемые технологии должны быть экономными. LPWAN позволяет эффективно управлять своей стоимостью на разных этапах построения сети. Ниже приведены несколько ключевых показателей.

Стоимость развертывания сети

Стоимость ввода в эксплуатацию и поддержания LPWAN-сетей — ключевой показатель для поставщиков решений на LPWAN. Учитывая большой радиус действия базовых станций, от 10 до 50 км, LPWAN-сеть может быть развернута на большой территории с помощью относительно небольшого количества станций.

Так, например, «СТРИЖ» добился таких характеристик связи, которые позволяют покрыть город-миллионник одной-двумя LPWAN-станциями. Если провести сравнение с сотовыми сетями, где радиус действия станции

РИС. 3. ▼
LPWAN-сеть,
топология «звезда»

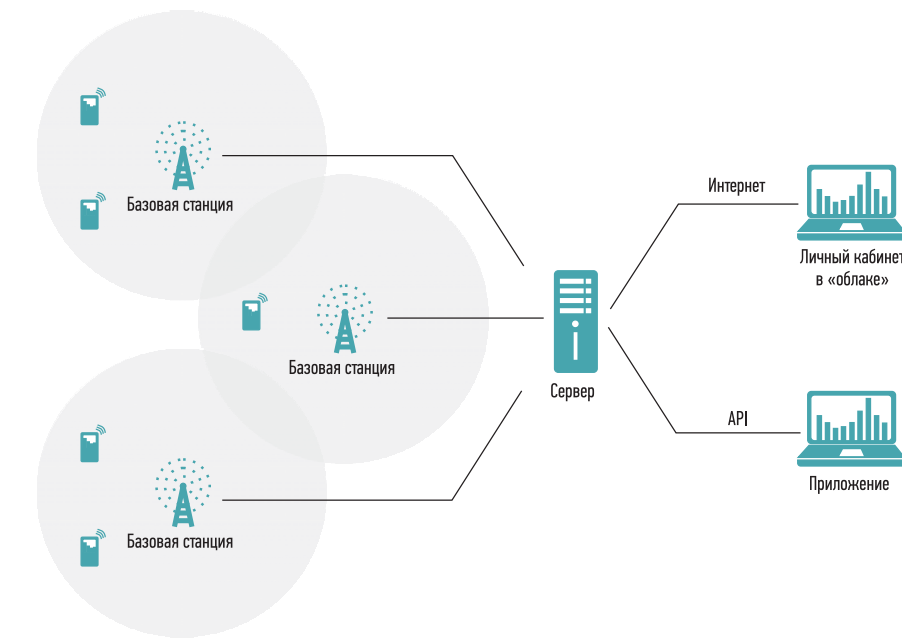


ограничен 1–2 км, то для полноценного покрытия города плотность размещения станций будет на один-два порядка выше. Соответственно, пропорционально возрастут и расходы на развертывание и обслуживание такой сети.

Стоимость LPWAN-устройств

Стоимость «умных» устройств на базе технологии LPWAN напрямую зависит от цен на комплектующие. Так, стоимость LPWAN-радиомодуля сегодня варьируется от \$1,99 до \$29 в зависимости от производителя, используемого протокола связи и закупаемого объема. Готовые LPWAN-устройства стоят дороже обычных приборов, но при этом выгода, получаемая от внедрения таких приборов, позволяет окупать системы менее чем за 1 год. Например, система учета воды на LPWAN экономит управляющим компаниям до 30% от ежемесячной стоимости ресурса за счет повышения собираемости, предотвращения махинаций с показаниями счетчиков и автоматизации процесса учета.

По мере популяризации технологии и постепенного уменьшения стоимости компонентов цена устройств будет снижаться. В конечном счете



она достигнет такого уровня, при котором использование обычного устройства станет бессмысленным. Так же, как это произошло с обычным проводным телефоном или радиоточкой в квартире — их заменили дешевые беспроводные аналоги.

Стоимость внедрения решений на LPWAN

LPWAN-технология имеет ряд неоспоримых преимуществ, которые позволяют внедрять готовые решения быстрее и дешевле. Особенно ощутимой становится выгода на масштабных проектах, где

РИС. 4. ▲ LPWAN-сеть, топология «звезда из звезд»

ПОСТАВЩИКИ LPWAN В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ



РИС. 5. ▲ Комплект разработчика для приложений «Интернета вещей»

Сегодня на мировом рынке LPWAN работают несколько компаний, которые отличаются друг от друга рабочими бизнес-моделями, используемыми технологиями и характеристиками предлагаемых решений.

«СТРИЖ Телематика» — единственный отечественный производитель LPWAN-устройств и поставщик готовых решений для различных отраслевых секторов.

«СТРИЖ» использует собственный LPWAN-протокол связи, в котором применяет запатентованные техники передачи и приема сообщений по узкополосному радиоканалу. Последняя разработка компании — базовые станции на базе графических процессоров NVIDIA CUDA.

Производительность станций выросла в более чем в 10 раз, с 250 тыс. устройств до 2–5 млн на одну станцию. Ввод в эксплуатацию секторных антенн, разработанных специально для применения в LPWAN-сетях, и новых вычислительных алгоритмов

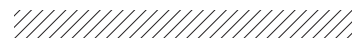
обработки радиочастотного спектра повысил дальность действия сети более чем в два раза: с 10 до 25 км в городской черте и свыше 50 км на открытой местности.

Компания также разрабатывает LPWAN-решения для ЖКХ, электроэнергетики, аграрной промышленности, сельского хозяйства и безопасности (рис. 5).

Sigfox — французская компания, LPWAN-оператор. Занимается развертыванием LPWAN-сети в Европе. Бизнес-модель основана на предоставлении услуг связи для «умных» устройств. Разработка самих устройств отдается на откуп сторонним производителям на базе радиомодулей различных вендоров.

LoRa — LPWAN-технология, разработанная компанией Semtech, в основе которой лежит широкополосный метод модуляции сигнала. LoRa объединяет в себе метод модуляции и протокол сетевого взаимодействия LoRaWAN. Для работы в сетях LoRa «умные» устройства должны быть разработаны на базе трансиверов Semtech.

Ingenu — американская компания, использующая свой собственный LPWAN-протокол RPMA (Random Phase Multiple Access). В отличие от других технологий, работающих в диапазоне ISM с частотами 868, 433, 915 МГц, RPMA использует частоту сигнала Wi-Fi — 2,4 ГГц. Компания развивает телематическую сеть в США.



требуются большое количество автономных устройств и широкий территориальный охват. Отсутствие промежуточного оборудования в виде концентраторов и ретрансляторов значительно снижает общую стоимость проекта.

LPWAN позволяет не только сэкономить на стоимости оборудования, но и сократить смету на пусконаладочные работы. Процесс запуска готовых систем на LPWAN производится через подключение «умных» устройств по принципу Plug-and-Play. Так, например, счетчики воды устанавливаются так же, как и обычные водомеры, и сразу начинают передавать показания в LPWAN-сеть. Кроме того, такой прибор может установить любой сантехник, в отличие от традиционных решений, ZigBee или GPRS, где требуется настройка и калибровка профессионалом.

Эксплуатационные расходы

Операторы сотовых сетей работают в определенном частотном диапазоне и оплачивают выделенный для них радиочастотный спектр. В итоге стоимость мегагерцев оседает в тари-

фах на мобильную связь конечных пользователей.

LPWAN-сеть работает в нелицензируемом частотном диапазоне — в частности, в России это 868,8 МГц. Таким образом, использование частотного спектра для конечного потребителя не стоит ничего.

Учитывая высокую автономность и отказоустойчивость LPWAN-систем, эксплуатационные расходы на них минимальны. Замена аккумуляторных батарей происходит раз в несколько лет, а отказ конечных устройств случается редко. Зачастую срок работы «умного» устройства значительно превышает его регламентированный законодательством эксплуатационный период. Так, например, срок поверки счетчика воды, установленный законодательством, — 6 лет, а расчетный срок работы, определенный производителем, — свыше 10 лет. Похожая ситуация складывается и с другими приборами учета: счетчиками электричества, тепла и газа.

ПЕРСПЕКТИВЫ LPWAN

Учитывая возрастающую потребность в связи для «Интернета

вещей», а также появление компонентной базы для недорогих и компактных устройств, актуальность LPWAN-сетей будет стремительно расти.

Так, по прогнозам исследовательского отчета Gartner, количество «умных» устройств на планете к 2020 г. превысит 21 миллиард. Они будут способны обмениваться информацией по различным каналам связи, и LPWAN станет одним из наиболее подходящих способов межмашинной коммуникации.

Коммерческие и технические достоинства LPWAN позволяют уже сегодня использовать их для создания как локальных, так и территориальных телематических сетей. В дальнейшем этот тренд сохранится, покрытие LPWAN-сетей станет глобальным, а пользователи смогут подключать свои устройства в любой точке планеты.

Универсальность использования LPWAN-сетей в различных отраслях будет стимулировать разработчиков расширять семейство LPWAN-устройств, а их стоимость будет снижаться до уровня традиционных приборов и сенсоров. ●