Keysight Technologies

Проблемы тестирования на соответствие стандарту LoRaWAN

Краткие рекомендации по применению

Большой радиус действия	Небольшая мощность	Масштабируемость	Низкая стоимость

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

LoRaWAN является быстроразвивающейся и относительно новой беспроводной технологией, предлагаемой союзом LoRa Alliance для беспроводных сетей связи дальнего радиуса действия. Широкие возможности технологии LoRa не только делают ее очень привлекательной для реализации разнообразных задач в области Интернета вещей, но и влекут за собой более строгие требования к тестированию, призванному обеспечить не только соответствие LoRaWAN-устройств стандарту, но и возможность их эксплуатации в течение не менее 10 лет.

Обзор

LoRaWAN - это двунаправленный протокол со сквозным шифрованием, который работает с использованием расширения спектра методом линейной частотной модуляции (CSS) в субгигагерцовых региональных ISM- и минимально лицензируемых диапазонах частот. LoRa Alliance - это открытая некоммерческая организация, членами которой являются более 500 компаний, в том числе IBM, Cisco, Orange, Renesas, Semtech, Arduino, Microchip, ST Microelectronics и ARM. Столь широкая поддержка этой технологии в отрасли означает ее поддержку во всем мире, поэтому уже сегодня насчитывается более 350 пробных эксплуатаций и внедрений.

Основные особенности

Технология LoRaWAN обещает большую дальность действия - от 25 до 50 км вне помещений, а также очень хорошие показатели проникновения внутри зданий, что позволяет применять ее в разнообразных строениях, на подвальных этажах и в гаражах. Абонентские устройства обычно работают с низкими скоростями передачи данных, а в их состав входят недорогие датчики и аккумуляторы со сроками службы более 10 лет, а в некоторых случаях и до 20 лет.

LoRaWAN представляет собой масштабируемую технологию, которая поддерживает устройства для частного и общедоступного применения с относительно небольшой инфраструктурой по сравнению с другими решениями, например технологией сотовой связи. Она включает в себя эталонное оборудование и эталонные разработки, в некоторых из которых используется программное обеспечение с открытым исходным кодом. Дополнительно она имеет функцию определения географического местоположения, не основанную на работе системы глобального позиционирования (GPS). Возможность определения местоположения без GPS очень важна, поскольку использование GPS может приводить к значительному расходу заряда аккумуляторной батареи. Определение местоположения с помощью LoRaWAN гораздо менее точно по сравнению с GPS; оно основано на алгоритме различения моментов поступления сигнала, позволяющем определять местоположение с точностью до ближайшего городского квартала.

Небольшая мощность

LoRaWAN обладает двумя отличительными свойствами, позволяющими повысить продолжительность работы аккумуляторных батарей в отдаленных узлах сети, что зачастую является ключевым преимуществом этой технологии. Во-первых, применяемая в LoRaWAN модуляция CSS позволяет работать с уровнями на 25 дБ ниже уровней мощности сигналов помех, при этом шлюзы по-прежнему принимают полезный сигнал. Во-вторых, в LoRaWAN используется адаптивный алгоритм скорости передачи данных, который для оптимизации времени излучения настраивает скорость передачи данных конечного узла в зависимости от его удаленности от шлюза.

Цели испытаний

Поскольку большинство предлагаемых LoRaWAN преимуществ связаны с применяемой технологией радиосвязи высокой сложности и продолжительным временем автономной работы ее устройств, тщательные испытания этих устройств на этапах исследований и разработки, проверки и производства чрезвычайно важны. Недорогие конечные устройства делают технологию LoRaWAN популярной в тех областях, где используется большое количество датчиков. Стоимость установки датчиков может значительно превышать стоимость самих датчиков, и заказчики могут требовать продолжительных гарантийных сроков, гарантирующих их успешное применение в течение длительного времени. Ошибки микропрограммного обеспечения или дефект аппаратной части конечного устройства, приводящие к чрезмерному расходованию заряда аккумулятора, способны погубить экономическую эффективность проекта.

Таким образом, крайне важно обеспечить соответствие разрабатываемого LoRaWAN-устройства требованиям стандарта по следующим параметрам:

- соответствие требованиям соответствующих нормативных документов, регулирующих использование радиочастотного спектра;
- характеристики передачи ВЧ-сигнала;
- характеристики приема ВЧ-сигнала;
- продолжительное время работы от аккумуляторных батарей.

Соответствие требованиям нормативных документов, регулирующих использование радиочастотного спектра

Каждое радиоустройство должно соответствовать различным нормативным требованиям, и, например, в США использование в протоколе LoRaWAN технологии CSS означает, что оно должно соответствовать требованиям Федеральной комиссии по связи FCC, часть 15.247, которые применяются к осуществляемым в нелицензируемых радиоустройствах передачам с дискретной перестройкой несущей частоты и расширением спектра. LoRaWAN-устройства необходимо тестировать в режимах цифровой модуляции и расширения спектра, а также в смешанном режиме, при котором используются аспекты как цифровой модуляции, так и расширения спектра. Компания Semtech, поставщик аппаратных средств стандарта LoRaWAN, предлагает разнообразные рекомендации по применению, призванные помочь разработчикам и изготовителям обеспечить соответствие устройств нормативным требованиям FCC.

Характеристики передачи ВЧ-сигнала

Качество выполняемой устройством передачи важно для обеспечения длительного времени работы аккумуляторной батареи. Если пакет данных не принят, его необходимо отправлять повторно, а это влечет за собой расход заряда аккумуляторов передающего и принимающего устройств. Все, что необходимо, – это относительно несложная установка, в которой используется программное обеспечение для отправки последовательностей специальных тестовых сигналов на тестируемое устройство и анализатор сигналов для измерения параметров сигнала, передаваемого тестируемым устройством. В качестве анализатора сигналов можно использовать анализатор сигналов серии X, например N9020B MXA компании Keysight (рисунок 1), или анализатор сигналов в формате PXI. Кроме того, можно расширить возможности анализатора сигналов за счет программного обеспечения, позволяющего выполнять измерения качества модуляции.

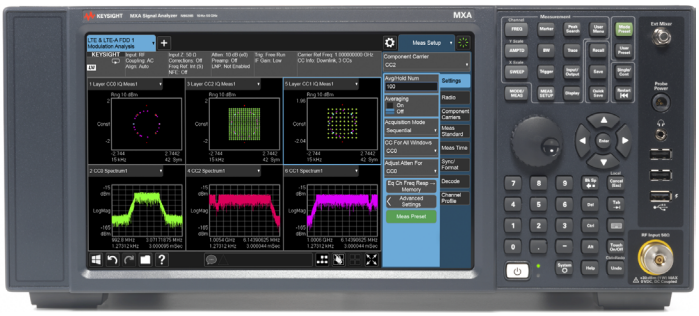

Рисунок 1. Анализатор сигналов N9020B серии MXA компании Keysight

Ниже приведены некоторые ключевые параметры, проверяемые в ходе тестирования LoRaWAN-устройств согласно FCC, часть 15.247.

- Выходная мощность ≤ 30 дБм
- Полоса пропускания по уровню 6 дБ > 500 кГц в режиме цифровой модуляции
- Спектральная плотность мощности ≤ 8 дБм в любой полосе частот шириной 3 кГц
- Полоса пропускания по уровню 20 дБ ≤ 500 кГц для канала с дискретной перестройкой несущей частоты
- Мощность паразитных излучений на несущей частоте ≤ -43 дБм от 10 МГц до десятой гармоники несущей частоты передатчика
- Тесты характеристик передатчика в режиме частотной манипуляции, основанные на измерении отклонений девиации частоты и частоты несущей

Характеристики приема ВЧ-сигнала

Поскольку в LoRaWAN используются сигналы небольшой мощности, важно проверять верность настройки чувствительности приемника и правильность выполнения приемным устройством демодуляции сигнала и фильтрации всех помех, в том числе внутриканальных и межканальных. Такие тесты можно проводить с помощью программного обеспечения Signal Studio компании Keysight, которое позволяет управлять генератором сигналов и формировать сигналы стандарта LoRaWAN. В качестве генератора для таких испытаний можно использовать векторный генератор сигналов N5182B серии MXG компании Keysight (рисунок 2) или модульный генератор сигналов в формате PXI. В любом из этих случаев сигнал ослабляют с помощью аттенюатора до очень низкого уровня мощности и передают на LoRaWAN-устройство, которое принимает этот сигнал. Тестируемое устройство стандарта LoRaWAN обычно запускается вместе испытательным программным обеспечением компании Semtech, которое работает с сигналом повторяющейся произвольной формы от генератора в качестве испытательного сигнала и подсчитывает число пакетов, принятых правильно, и число пакетов с ошибкой.

Рисунок 2. Векторный генератор сигналов N5182B серии MXG компании Keysight

Для технологии LoRaWAN крайне важны испытания чувствительности приемника при различных коэффициентах расширения спектра. Также необходимо убедиться в том, что в присутствии сигнала помехи уровень чувствительности приемника не придётся поднимать больше, чем на 3 дБ.

Измерение разряда батареи с помощью анализатора питания постоянного тока

Поскольку продолжительная работа аккумуляторной батареи является ключевым аспектом многих областей применения технологии LoRaWAN, важно располагать правильными и точными результатами измерений текущего потребления. Более того, важно знать потребление заряда для каждой операции LoRaWAN-устройства и учитывать это при разработке микропрограммного обеспечения.

При переходе из состояний с низким потреблением мощности («спящий» режим, бездействие, приостановленные процессы и т. д.) в режимы работы (прием, передача или технологический) значение потребляемого конечным LoRaWAN-устройством тока будет, вероятно, изменяться на несколько порядков. Таким образом, важно иметь возможность выполнять измерения в широком динамическом диапазоне без неоднородностей, связанных с переключением диапазонов. Например, если наибольший рабочий ток устройства или его компонента в 250 000 раз больше тока в режиме с наименьшим потреблением, для охвата такого диапазона АЦП необходимо разрешение 18 бит. Если требуется точность 1 %, необходимы еще семь дополнительных битов, всего в сумме 25 битов.

Большинство приборов не способно обеспечить такое требование в едином диапазоне измерений, поэтому лучше остановить свой выбор на приборе с автоматическим выбором диапазона измерений. Это анализатор питания постоянного тока N6705C (рисунок 3) с модулем источника/измерителя N6781A или N6785A компании Keysight. Автоматический выбор диапазона измерений в анализаторе N6705C обеспечивает эквивалент 28-битного динамического диапазона без неоднородностей, связанных с переключением диапазонов.

Рисунок 3. Анализатор питания постоянного тока N6705C компании Keysight

Анализатор питания N6705C можно использовать вместе с программным обеспечением управления и анализа Keysight 14585A для анализа кумулятивной функции распределения (CCDF, показана на рисунке 4). CCDF используется для анализа потребления тока в LoRaWAN-устройствах. Ее график в осях X и Y наглядно отображает, насколько часто LoRaWAN-устройство работает при различных уровнях потребляемого тока.

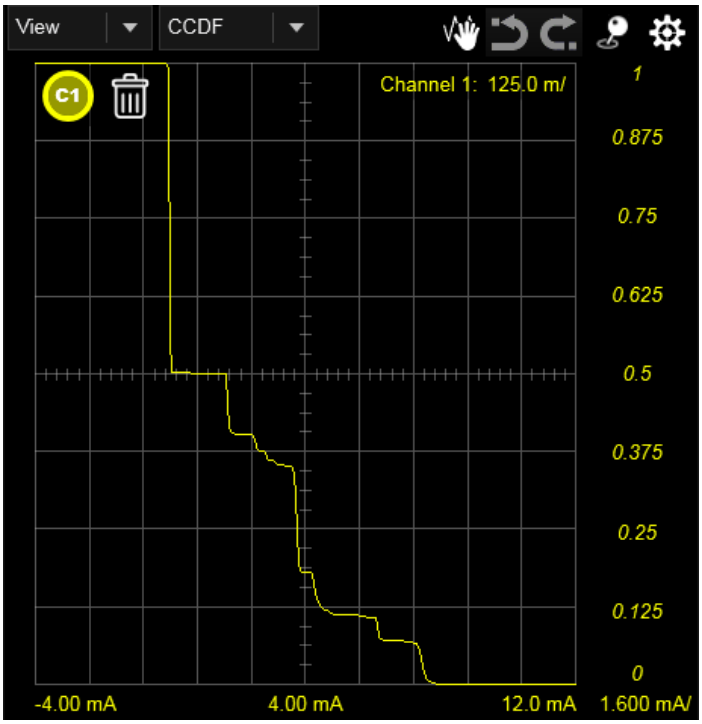

Рисунок 4. Кумулятивная интегральная функция распределения (CCDF)

Измерение разряда батареи с помощью анализатора формы токовых сигналов, потребляемого устройством

Анализатор формы токовых сигналов устройств серии CX3300 компании Keysight (рисунок 5) представляет собой еще одно полезное средство измерений разряда батареи в LoRaWAN-устройствах. С его помощью можно измерять ток вплоть до 100 пА с полосами пропускания до 140 МГц. Благодаря широкой полосе пропускания этот анализатор формы токовых сигналов идеально подходит для измерений кратковременных импульсов.

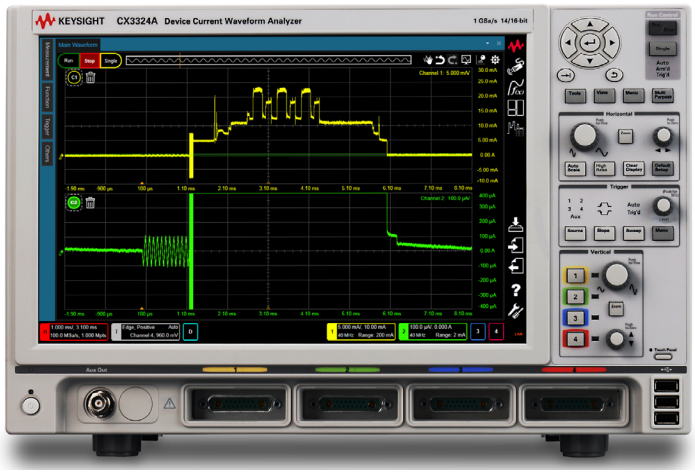

Рисунок 5. Анализатор формы сигнала тока Keysight CX3324A

В дополнение к возможности отображения CCDF, в анализаторе формы токовых сигналов предусмотрена возможность автоматической регистрации профиля тока (рисунок 6). Этот прибор автоматически разделяет форму токовых сигналов на сегменты в зависимости от уровней тока, и для каждого сегмента вычисляет разнообразные статистические характеристики. Кроме того, можно добавлять, удалять и перемещать отметки сегментов для выполнения специальных измерений и получения статистических характеристик, которые значительно выходят за рамки автоматических измерений.

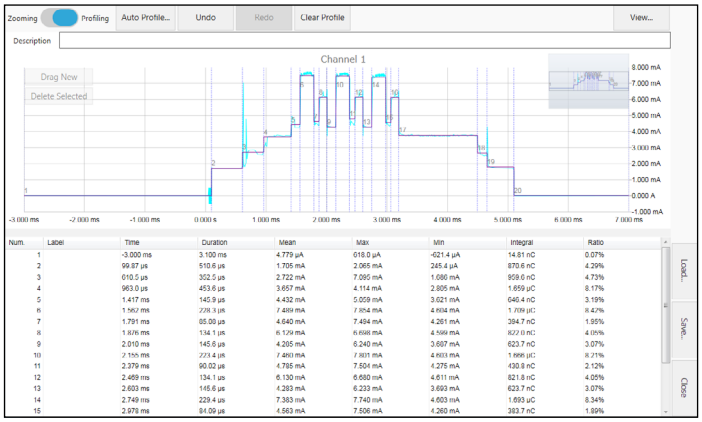

Рисунок 6. Пример работы автоматического профилировщика потребления тока

Заключение

LoRaWAN - технология современных энергоэффективных глобальных сетей (LPWAN), которая работает на низких скоростях передачи данных в целях обеспечения высокой помехоустойчивости, обширного покрытия и продолжительной работы аккумуляторных батарей. Для обеспечения экономической эффективности применения технологии LoRaWAN необходимо выполнять тщательное тестирование LoRaWAN-устройств, чтобы убедиться в том, что их характеристики приема и передачи соответствуют требованиям FCC, часть 15.247, а срок службы батарей отвечает ожиданиям заказчика и составит не менее 10 лет. Более подробную информацию смотрите в рекомендациях по применению, посвященных тестированию на соответствие требованиям стандарта согласно FCC, часть 15.247 по ссылке www.semtech.com/images/datasheet/an1200.26.pdf и на веб-странице с информацией об энергоэффективных сетях дальнего действия www.keysight.com/find/lpwa.

www.keysight.com/find/lpwa

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Информация в данном документе может быть изменена без предварительного уведомления.
© Keysight Technologies, 2017
Published in USA, October 23, 2017
5992-2595RURU
www.keysight.com