

Перспективы применения программно-конфигурируемых приемопередатчиков в датчиках Интернета вещей

В. Д. Коротченко¹, Д. Н. Роенков²

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

¹vladis147@mail.ru, ²roenkov_dmitry@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию перспектив использования программно-конфигурируемого радио для приемопередатчиков в датчиках интернета вещей. Приведен пример приёмопередатчика с описанием его характеристик и областью применения. Описаны перспективы применения и эффект от внедрения.

Ключевые слова: программно-определяемое радио (SDR); Интернет вещей; увеличение продолжительности жизненного цикла; конфигурируемость

I. ВВЕДЕНИЕ

В мире происходят кардинальные изменения в ключевых рынках и производственных системах, обусловленные глобальными процессами и бурным развитием технологий. Ключевым ответом на такие изменения является применение сквозных технологий, которые существенно увеличивают как скорость адаптации компаний, так и экономик стран в целом.

Одной из цифровых сквозных технологий является Интернет вещей (IoT) [1], успех его внедрения во многом определяется использованием энергоэффективных коммуникационных платформ, которые могут обеспечить обмен информацией между тысячами устройств IoT, работающих от автономных источников питания.

Для создания сетей связи Интернета вещей, был разработан ряд новых протоколов, включая Sigfox, NB-IoT и NB-Fi, обеспечивающих дальность связи более 10 километров. Однако выбор стандарта радиосвязи для конкретной ситуации остается трудной задачей, для оценки целесообразности применения каждого из протоколов необходим специальный набор радиоустройств, которые из-за запатентованных решений не имеют возможностей для модификации. Данная проблема затрудняет эксплуатацию и расширение сетей Интернета вещей, а также не позволяет применять системный подход при разработке новых устройств.

Датчики, работающие в сетях IoT, представляют собой аналоговые и/или цифровые устройства, сопряженные с измерительным преобразователем, который осуществляет преобразование измерений в физические величины контролируемых параметров и их оцифровку. В состав IoT датчика так же входят

радиомодем и аккумуляторная батарея для питания датчика. Благодаря большим периодам, когда устройство находится в «спящем» режиме и незначительным периодам активности, беспроводные датчики могут работать автономно значительный промежуток времени, зависящий от выбранного протокола и периода опроса датчика [2].

Одним из вариантов решения обозначенной задачи выбора радиопотокола IoT является использование в модеме датчика IoT приемопередатчика, основанного на программно-конфигурируемом радио (software-defined radio – SDR) [3–5].

II. ПРИНЦИП РАБОТЫ И АРХИТЕКТУРА SDR

Применение технологии SDR позволяет обеспечить совместимость с любыми протоколами на физическом и канальном уровне, за счет отсутствия необходимости переустройства аппаратной части системы, для ее модернизации (достаточно обновить программную часть комплекса) [6].

Принцип работы SDR основан на прямой оцифровке радиосигнала ЦАП/АЦП и дальнейшей обработке его в цифровой форме ПЛИС или микропроцессором. В случае приема, SDR позволяет выполнить демодуляцию и декодирование данных одновременно по всем каналам во всей рабочей полосе частот. Данное свойство позволяет отказаться от сетки каналов, что снижает требования к точности генераторов частоты передающего оборудования, позволяя использовать более простые радиопередатчики [7].

Наиболее распространенная архитектура SDR основана на прямом цифровом преобразовании и прямом цифровом синтезе с использованием диапазонных фильтров, это позволяет получить максимально высокие характеристики приемного и передающего трактов. Стоимость приемопередатчика SDR с узкой шириной полосы до 4 МГц (что соответствует радиопотоколам Интернета вещей) находится в районе пятисот рублей, что является приемлемым для использования в модемах IoT.

Данная технология получила широкое распространение в устройствах связи за счет упрощения и удешевления конструкции, поддержке любых видов модуляции, а также появлению большого количества сервисных функций.

III. ОПИСАНИЕ SDR МОДЕМА, РАЗРАБОТАННОГО ДЛЯ ДАТЧИКА IoT

Для практического решения задачи выбора оптимального стандарта радиосвязи, необходимо иметь крупномасштабный тестовый стенд сети Интернета вещей, обладающий возможностью работы в любом протоколе IoT на физическом и канальном уровнях.

Очевидно, что в большом здании или даже городе, к сети могут быть подключены десятки тысяч датчиков и для сравнения производительности, при использовании различных протоколов и сетевых структур, необходимо обеспечить возможность обновления программного обеспечения по беспроводному радиоканалу, кроме того, возможность обновления позволит увеличить жизненный цикл датчиков, путем повторного использования на любом объекте после технического обслуживания.

Внешний вид одного из прототипов SDR модема для датчика IoT представлен на рис. 1.

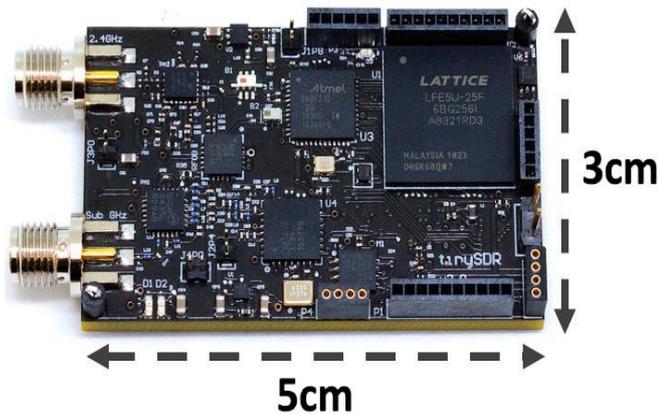


Рис. 1. Прототип SDR модема для датчика IoT – TinySDR Hardware Platform [8]

TinySDR оснащён двумя антенными портами для возможности параллельной работы в диапазонах частот от 400 до 1020 МГц и от 2,4 до 2,483 ГГц, что позволяет использовать его в сетях Интернета вещей практически любого стандарта, а также в беспроводных сетях ближнего радиуса, например BLE. Следует отметить потребление энергии в спящем режиме – 30 мкВт, это в 10 000 ниже, чем у существующих SDR устройств. Данный модем поддерживает беспроводное перепрограммирование через используемый радиointерфейс, что позволяет осуществить крупномасштабное развертывание и поддержку в сети Интернета вещей [8].

Для тестирования модема TinySDR разработчики выбрали стандарт LoRa [9], предусматривающий параллельную передачу данных в режиме реального времени на одной частоте, что позволяет удвоить количество абонентов. Данный SDR модем способен работать в таком режиме, при этом увеличение энергопотребления составляет не более 10 %.

Схема, отображающая внутреннюю архитектуру TinySDR, представлена на рис. 2.

Модем представляет собой устройство, состоящее из:

- приемопередатчика SDR, настроенного на необходимые IoT радиопротocolы;
- ПЛИС (FPGA), необходимого для работы на физическом уровне;
- флэш-памяти;
- энергонезависимой памяти (SRAM) в формате MicroSD Card;
- микроконтроллера (MCU), с помощью которого обрабатываются операции ввода-вывода между ПЛИС, приемопередатчиком, памятью и сенсорными интерфейсами. Микроконтроллер обеспечивает взаимодействие на канальном уровне, и возможность перепрограммирования ПЛИС;

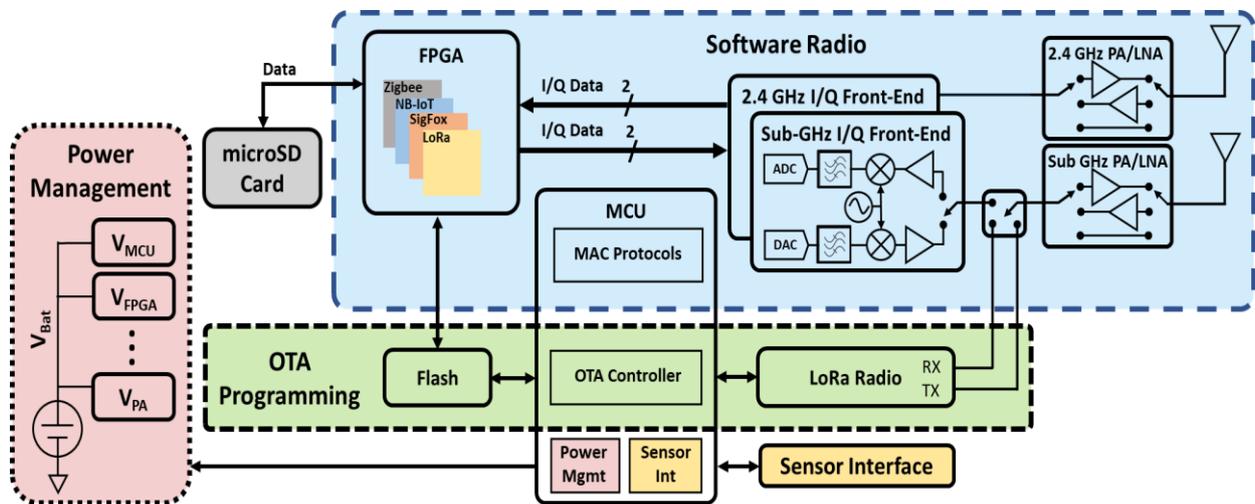


Рис. 2. Схема внутренней архитектуры модема TinySDR [8]

- системы управления электропитанием с возможностью гибкого включения и выключения энергопотребляющих компонентов. Каждая из этих подсистем управляется с помощью микроконтроллера.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующая экосистема Интернета вещей не обладает гибкостью, что затрудняет расширение и длительную эксплуатацию сети из-за необходимости обратной совместимости с новым сетевым оборудованием. Для оценки новых протоколов и настройки существующих решений необходима возможность адаптации датчиков к инфраструктуре посредством обновления программного обеспечения. Это позволит значительно увеличить продолжительность жизненного цикла систем в целом.

Ключевым преимуществом технологии SDR является конфигурируемость. Приведем пример: датчик IoT, оборудованный SDR модемом, работающий в стандарте LoRa и поддерживающий BLE, может быть модернизирован посредством программного обновления, без физического взаимодействия с датчиком, для использования в сетях более современного отечественного стандарта NB-Fi [7]. Такое улучшение в стандартных модемах IoT потребует замены приемопередатчика, данная процедура обойдется дороже покупки нового модема, тогда как SDR будет достаточно обновления.

Кроме экономического эффекта следует отметить экологичность данного решения, которая достигается за счёт повторного использования модема, после замены аккумулятора и технического обслуживания, в радиосети любого стандарта Интернета вещей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Житников А.В., Ярош А.С. О развитии цифровизации в современной России // Вестник Научного центра. 2021. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-razviti-i-tsifrovizatsii-v-sovremennoy-rossii> (дата обращения: 18.03.2023).
- [2] Коротченко В.Д., Роенков Д.Н. Концепция «Интернет вещей» и возможности ее применения на железнодорожном транспорте // материалы 74-й научно-технической конференции СанктПетербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященная дню радио / АНО ДПО «Аничков мост»; ООО «Триста точек», СанктПетербург, 2019. С. 199-201.
- [3] Галкин В.А. Основы программно-конфигурируемого радио. М.: Горячая линия – Телеком, 2020. 372 с.
- [4] Коротченко В.Д., Левченко С.А., Роенков Д.Н. Перспективы и особенности внедрения когнитивного радио на железнодорожном транспорте // СПБНТОРЭС: труды ежегодной НТК, 2020. с. 202-204.
- [5] Фокин Г.А. Технологии программно-конфигурируемого радио: учебное пособие. М.: Горячая линия – Телеком, 2019. 316 с.
- [6] Роенков Д.Н. Программно-конфигурируемое радио – будущее технологической железнодорожной радиосвязи / Д.Н. Роенков, В.Д. Коротченко, С.А. Левченко // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 2. С. 17-21.
- [7] ГОСТ НБ-ФИ ГОСТ 33973-2016. Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол беспроводной передачи данных на основе узкополосной модуляции радиосигнала (NB-Fi) Введ. 05.03.2022. М.: Стандартинформ, 2022. 56 с.
- [8] Mehrdad H. TinySDR: Low-Power SDR Platform for Over-the-Air Programmable IoT Testbeds / H. Mehrdad, N. Ali, I. Vikram, G. Shyamnath, University of Washington // 17th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI '20), Santa Clara, CA, USA. 2020. P. 1031–1046.
- [9] Роенков Д.Н., Яронова Н.В. Основы технологии LoRa. Перспективы ее применения Автоматика, связь, информатика. 2017. № 4. С. 31-35.