

УДК 004.771

СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА БАЗЕ СТАНДАРТА IEEE 802.15.4 С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ДОСТУПА ИЗ СЕТЕЙ TCP/IP

Навроцкий Святослав Алексеевич

соискатель
ООО ИТМ, Краснодар

author@apriori-journal.ru

Аннотация. Приведены и сравнены основные подходы и протоколы передачи данных в системах сбора данных, предусматривающих длительную работу от батарейных элементов питания. Рассмотрены технологии базирующиеся на стандарте IEEE 802.15.4, такие как ZigBee и 6LoWPAN.

Ключевые слова: IEEE 802.15.4; 6LoWPAN; ZigBee; системы сбора данных; тепловые потоки.

METHODS BUILDING WIRELESS SYSTEM FOR COLLECTING HEAT FLOW BASED ON THE STANDARD IEEE 802.15.4 WITH ACCESS FROM TCP / IP NETWORKS

Navrotsky Sviatoslav Alekseevich

post-graduate student
ITM, Krasnodar

Abstract. The article presents the main approaches and compared and data protocols in data collection systems, providing long-term operation of the battery batteries. The technology based on standard IEEE 802.15.4, such as ZigBee and 6LoWPAN.

Key words: IEEE 802.15.4; 6LoWPAN; ZigBee; a data collection system; heat flow.

Введение

В рамках работ по разработке беспроводной системы сбора тепловых потоков зданий и сооружений был проведен анализ подходов в построении беспроводных систем сбора данных на базе стандарта IEEE 802.15.4 с возможностью доступа из сетей TCP/IP.

Беспроводная система сбора тепловых потоков (БССТП) – это система, осуществляющая сбор и накопление информации о тепловых потоках объекта исследования и передающая данные по беспроводному каналу. Использование беспроводных технологий снижает затраты на пуско-наладочные работы [1] и позволяет размещать измерительные устройства в местах, использование проводных систем в которых является затруднительным. Принцип построения БССТП схож с принципом построения аналогичных беспроводных систем сбора данных (но накладывает ограничения на модели использования) и заключается в использовании центрального узла обработки, а так же совокупности измерительных устройств.

Метод измерения плотности теплового потока основан на измерении перепада температуры на «вспомогательной стенке» (пластинке), устанавливаемой на ограждающей конструкции. Этот температурный перепад, пропорциональный в направлении теплового потока его плотности, преобразуется в ЭДС батарей термопар, расположенных во «вспомогательной стенке» параллельно по тепловому потоку и соединенных последовательно по генерируемому сигналу. «Вспомогательная стенка» и батарея термопар образуют преобразователь теплового потока (ПТП) [2]. Условимся называть ПТП датчиком теплового потока (ДТП).

Изменение выходного сигнала ДТП представленного в форме напряжения лежит в большинстве случаев в диапазоне от 0 до 50 мВ. Таким образом, для сбора тепловых потоков достаточно считать ЭДС, сгенерированную ДТП и конвертировать полученное значение в соответствующее значение теплового потока (зависимость линейная). Зна-

чения тепловых потоков получают на т.н. реперных точках в которых размещают узлы БССТП.

Измерительные устройства БССТП должны соответствовать определенным требованиям, таким как длительная работа от аккумуляторных батарей, возможность работы на расстояниях не менее нескольких десятков метров. Существующие беспроводные технологии, такие как Bluetooth, Wi-Fi и Wi-MAX предназначены для передачи больших объёмов данных с высокой скоростью. Хотя эти технологии и позволяют успешно решать многие телекоммуникационные задачи, однако для задач, поставленных перед системами сбора данных рационально использовать технологию с малым энергопотреблением, даже в ущерб скорости передачи данных. С целью разработки устройств с малым энергопотреблением и как следствие повышенной продолжительностью работы от батарей был разработан стандарт беспроводной передачи данных IEEE 802.15.4 [3]. Расстояния на которых беспроводные устройства, базирующиеся на стандарте IEEE 802.15.4 способны функционировать как правило не превышают 100 м. Таким образом, устройства объединяют в подсети относительно небольшого радиуса действия. Эти подсети следует объединить в единую информационную систему. Для этого между ними следует проложить связь, используя существующие сети internet, функционирующие как правило по протоколу TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol). Стандарт IEEE 802.15.4 накладывает ограничения на объем передаваемых данных за одну итерацию MTU (Maximum Transmission Unit) в размере 127 байт. Для сравнения аналогичный объем данных передаваемых по протоколу IPv6 составляет 1280 байт. Малый размер MTU ограничивает возможности прямого функционирования устройств в сетях IP и IEEE 802.15.4. В качестве решения этой проблемы разрабатывают различные вариации адаптационного слоя.

1. Беспроводные технологии ZigBee и 6LoWPAN

На базе стандарта IEEE 802.15.4 построено несколько технологий, наиболее значимыми среди которых являются ZigBee и 6LoWPAN.

ZigBee уже зарекомендовала себя эффективной технологией, позволяющей создавать самоорганизующиеся и самовосстанавливающиеся беспроводные сети с возможностью автоматической ретрансляции сообщений. Сети ZigBee поддерживают ячеистую топологию, обеспечивают гарантированную доставку пакетов и шифрование передаваемой информации. Доступ к устройствам в сетях ZigBee осуществляется через координатор сети, подключенный к управляющему модулю посредством виртуального COM-порта.

На рынке представлено множество производителей устройств на базе ZigBee. Так например, компания Digi производит устройства XBee для которых предоставляет программные API (Application programming interface) в том числе на языке Java, что позволяет упростить взаимодействие с устройствами. Представленный программный интерфейс распространяется под лицензией Mozilla Public License (MPL), предоставляет разработчику широкие возможности:

- поиск и отображение устройств в сети;
- конфигурирование устройств в сети;
- отправка AT-команд в сеть;
- опрос значений с устройств в сети;
- вывод значений на порт ввода-вывода устройства и др.

На ряду с закрытым протоколом ZigBee развивается открытый стандарт 6LoWPAN (англ. IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks) описывающий взаимодействие устройств по протоколу IPv6 поверх маломощных беспроводных персональных сетей стандарта IEEE 802.15.4. Основной целью разработчиков 6LoWPAN было обеспечение взаимодействия беспроводных персональных сетей IEEE 802.15.4

с широко распространёнными сетями TCP/IP на уровне протокола. Для обеспечения таковой возможности в адаптационном слое производят ряд подготовительных операций:

- **Сжатие заголовков.** Заголовки протокола 6LoWPAN включают в себя заголовок ячеистой адресации (Mesh Addressing Header), широко-вещательный заголовок (Broadcast Header), фрагментационный заголовок (Fragmentation Header), заголовок IPv6 и заголовок UDP. Фиксированный заголовок IPv6-пакета состоит из 40 байт и содержит в себе версию протокола, приоритет пакета, метку потока, длину сообщения, тип расширенного заголовка, Hop Limit, адрес отправителя и получателя. Уровень сжатия заголовков IPv6 зависит от способа адресации. Так например, при взаимодействии двух устройств в пределах одной подсети заголовок IPv6 может быть сжат до двух байт. При взаимодействии с внешними сетями заголовок IPv6 может быть сжат до 20 байт [4; 5].

- **Фрагментация сообщений.** В виду малого MTU в сетях IEEE 802.15.4 пакеты IPv6 разбивают на части. В фрагментационном пакете содержится информация о размере исходного пакета (datagram_size), идентификаторе пакета (datagram_tag) и сдвиге относительно исходного (datagram_offset) [4; 5].

2. Использование протоколов CoAP и MQTT-SN в сетях IEEE 802.15.4

Для доступа к сетям IP из сетей ZigBee и наоборот добавляют срединный узел – шлюз. В роли шлюза выступает отдельное устройство с доступом как к сетям IP (WEB-сервер), так и к сети ZigBee. Шлюз принимает запросы по протоколу HTTP (REST, SOAP или аналог), обрабатывает их, отправляет соответствующие запросы в сеть ZigBee, получает ответ сети и возвращает запрос обратно в сеть IP в качестве ответа на запрос (рисунок 1).

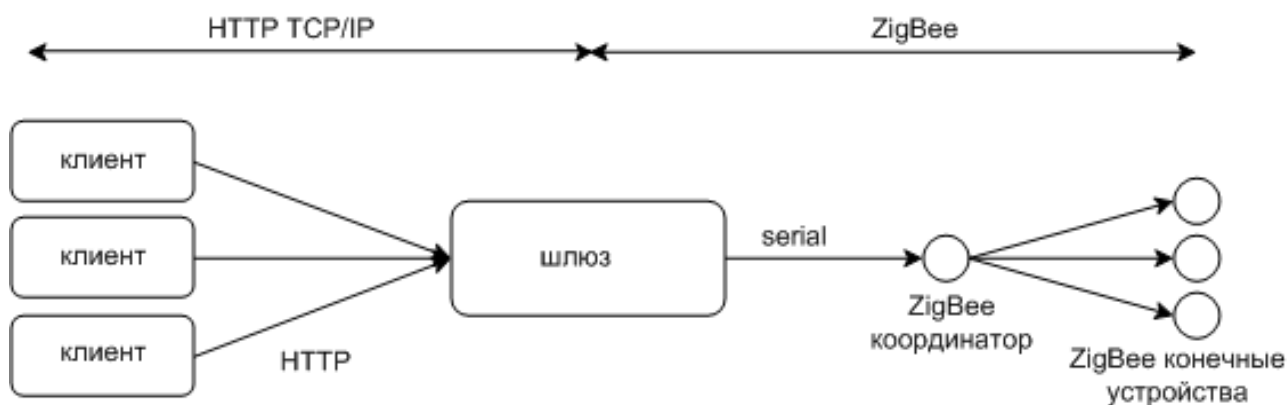


Рис. 1. Схема организация шлюза для сетей ZigBee

Подход адаптации сообщений IPv6 к условиям функционирования сетей IEEE 802.15.4 нашел отражение и в протоколах прикладного уровня, таких как CoAP (Constrained Application Protocol).

2.1. Протокол CoAP

CoAP – это поток передачи данных, во многом подобный HTTP, но адаптированный для работы с устройствами, обладающими низкой производительностью, такими как встраиваемые устройства. CoAP передает в заголовках запроса существенно меньше данных чем HTTP и позволяет в автоматическом режиме выводить список ресурсов в сети. Для взаимодействия с сетями IP применяют HTTP-CoAP проксирующие узлы (рис. 2). CoAP подобно HTTP предоставляет ресурсы по URI [6]. При проксировании запросов из HTTP настраивают маппинг URI согласно специальным правилам HTTP запросы транслируют в запросы CoAP (рис. 3).

Ресурсы в протоколе CoAP предоставляются по URI аналогично архитектуре REST. Протокол поддерживает следующие методы взаимодействия:

- GET – предназначен для получения репрезентативного состояния;
- PUT – после выполнения запроса объект будет создан или изменен;
- POST – обработка запроса;
- DELETE – удаление объекта.

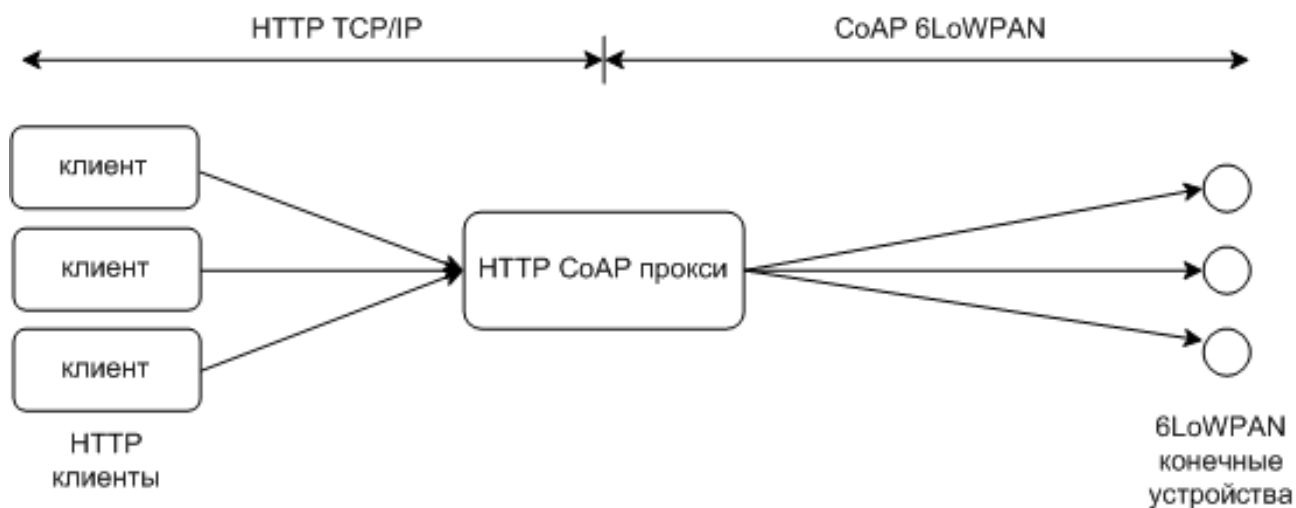


Рис. 2. Схема организации шлюза для сетей CoAP на базе 6LoWPAN

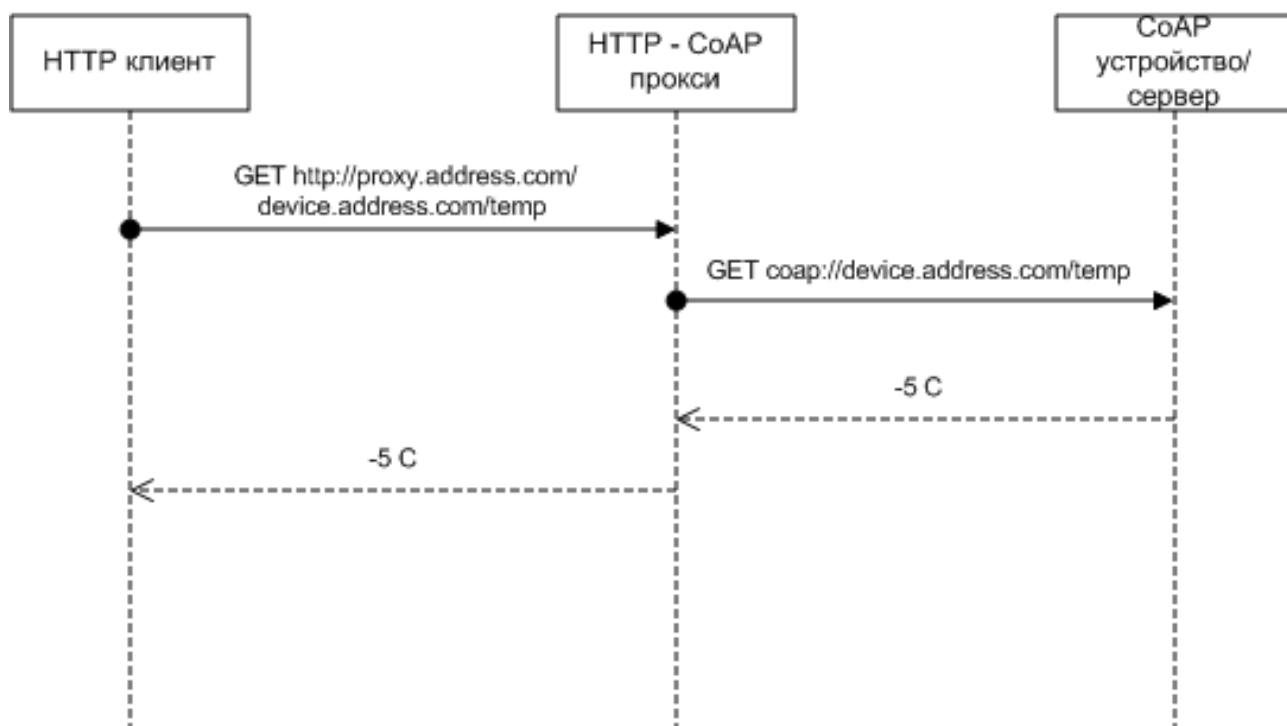


Рис. 3. Принцип проксирования запросов HTTP в CoAP

2.2. Протокол MQTT-SN

MQTT (Message Queueing Telemetry Transport) – это протокол обмена сообщениями через брокер сообщений по схеме публикации/подписки. MQTT разработан компанией IBM, и был передан под открытой лицензией сообществу. MQTT-SN – это вариация протокола

MQTT, адаптированная для встраиваемых устройств. Ключевых отличий протокола MQTT-SN и MQTT несколько:

1. MQTT-SN поддерживает отправку идентификатор темы (topic ID) вместо ее полного имени. При подключении клиент MQTT-SN брокера отправляет запрос на регистрацию, включающий имя темы и идентификатор темы (2 байта). После завершения регистрации клиент использует только идентификатор темы.
2. Имя темы и ее идентификатор могут быть предустановлены в шлюзе MQTT-SN, таким образом регистрационный запрос может быть опущен.
3. MQTT-SN не требует стек протоколов TCP/IP и способен работать поверх протоколов ZigBee и 6LoWPAN.

Для создания MQTT-SN клиента и шлюза разработаны соответствующие библиотеки с открытыми исходными кодами, используя которые процесс подключения и отправки сообщений сводится к минимуму действий. Таким образом, используя протоколы MQTT/MQTT-SN возможна организация событийно-ориентированной передачи данных от устройств измерения (конечных устройств беспроводной системы) к устройствам-подписчикам MQTT-брокера сообщений. Пример взаимодействия узлов при использовании протокола MQTT представлен на рисунке 4.

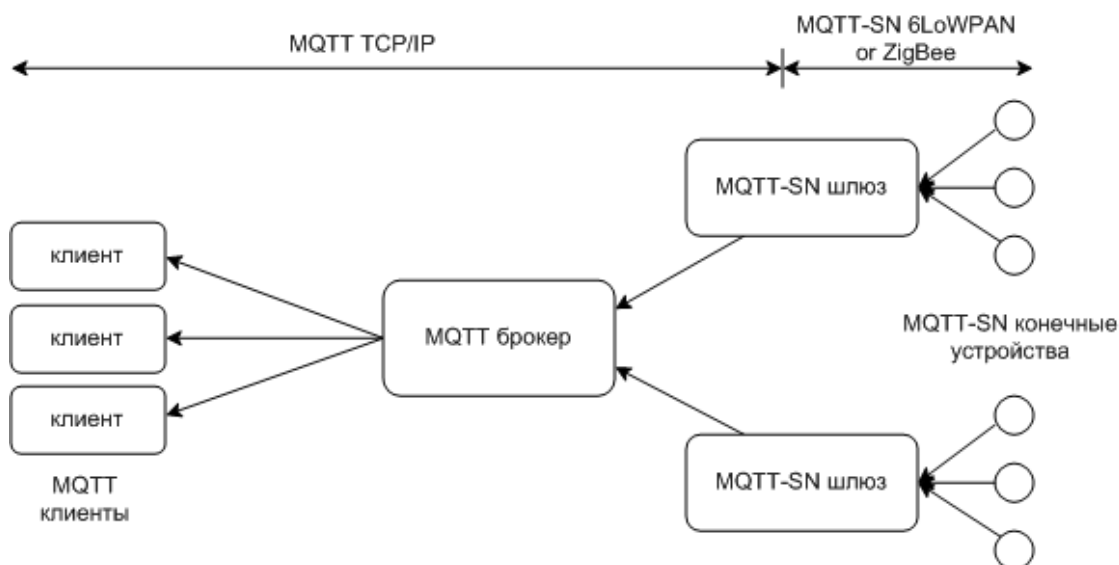


Рис. 4. Схема организации шлюза для сетей CoAP на базе 6LoWPAN

Выводы

В настоящее время на базе стандарта IEEE 802.15.4 разработано несколько технологий беспроводной передачи данных малого радиуса действия, среди которых ZigBee и 6LoWPAN. Эти технологии реализуют доступ из сетей TCP/IP согласно двум различным подходам:

- создание буферного устройства, принимающего запросы из сетей IP, обрабатывающего сообщение и отправляющего необходимые команды в сеть ZigBee;
- адаптация пакетов IPv6 для использования в сетях IEEE 802.15.4.

Первому подходу соответствуют разработки на базе стандарта ZigBee. Идеи, заложенные во втором подходе, лежат в основе протокола 6LoWPAN.

Таблица 1

Сравнение технологий ZigBee и 6LoWPAN в задачах адаптации сообщений для взаимодействия с сетями TCP/IP

	ZigBee	6LoWPAN
Поддержка протоколов	ZigBee, MQTT-SN	MQTT-SN, CoAP
Возможность адаптации TCP/IP сообщений	Нет	Да
Поддержка ячеистой топологии	Да	Да
Открытый стек	Нет	Да

Для сетей семейства IEEE 802.15.4 существует несколько стандартов передачи на прикладном уровне. Среди которых CoAP и MQTT-SN. У каждого из них есть свои достоинства и недостатки, и выбирать стоит отталкиваясь от конкретной задачи:

- MQTT поддерживает связи многие-ко-многим для передачи сообщений между многими клиентами через центральный брокер сообщений;
- CoAP поддерживает связи один-к-одному для передачи репрезентативного состояния между клиентом и сервером, но в отличие от MQTT не поддерживает событийную модель.

В таблице 1 представлено сравнение стандартов ZigBee и 6LoWPAN.

Значения, получаемые от датчика теплового потока инертны и для повышения точности данных нужно брать усредненные значения. Для этого осуществляется последовательный опрос ДТП n-раз с заданным временным промежутком. Такую логику целесообразнее возложить на программное обеспечение измерительного устройства беспроводной системы сбора тепловых потоков. Исходя из данных условий лучшим вариантом будет протокол прикладного уровня, поддерживающий событийно-ориентированную отправку значений теплового потока. В настоящее время система реализована на базе технологии ZigBee с устройством-шлюзом, опрашивающим сеть ZigBee и передающим информацию подписчикам по протоколу MQTT.

Список использованных источников

1. Баскаков С. Беспроводная система мониторинга состояния строительных конструкций // Беспроводные технологии. 2010. 3. С. 52-54.
2. ГОСТ 25380-82 Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции. М.: Изд-во стандартов, 1987. 10 с.
3. Быбка А.И. Беспроводный датчик диапазона 2,4 ГГц // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2009. 3 (38). С. 19-21.
4. RFC 4944, Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks – Internet Engineering Task Force (IETF), 2007.
5. RFC 6282 Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks – Internet Engineering Task Force (IETF), 2011.
6. Toby Jaffey MQTT and CoAP, IoT Protocols // Eclipse. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php (дата обращения 21.11.2015).