

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕКОВ ПРОТОКОЛОВ СЕТЕВОГО И ВЫШЕ УРОВНЕЙ ДЛЯ ИНТЕРНЕТ-ВЕЩЕЙ

А.А.Дворников

Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», Россия

### АННОТАЦИЯ

В работе проводится исследование стеков протоколов сетевого и выше уровней для интернет-вещей, проводится выбор и обоснование беспроводного радиостандарта IEEE 802.15.4 для интернет-вещей.

Приводятся результаты апробации данного стека на оборудовании, основанном на микроконтроллере JN5139/48 компании NXP/Jennic.

### ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день словосочетание «Интернет вещей» фигурирует во многих источниках. Ведутся серьезные работы по организации работы интернет-вещей на высоком уровне, но нижний уровень данных устройств затронут слабо.

Существует множество контроллеров с поддержкой различных беспроводных стандартов, которые находят применение на новом рынке интернет-вещей. Тем не менее, не все беспроводные стандарты грамотно применять для решения задач интернет-вещей. В работе приводится обоснование и выбор основного стандарта для интернет-вещей – IEEE 802.15.4.

Также на рынке существует множество стеков, которые конкурируют между собой. Самым популярным из них является стек ZigBee, но он обладает рядом недостатков, которые отсутствуют в других менее популярных стеках, таких как uIP.

В данной работе приводится исследование стеков протоколов сетевого и выше уровней для интернет-вещей, обосновывается выбора стека uIP как основы для Интернета вещей и результаты апробации стека на реальном оборудовании.

### СТАНДАРТ IEEE 802.15.4

На сегодняшний день наиболее популярным стандартом для беспроводных интернет-вещей является IEEE 802.11 [1] (WiFi). Данный стандарт обладает существенным ограничением на количество клиентов при избыточной пропускной способности канала, а также высоким энергопотреблением.

Стандарт IEEE 802.11 изначально создавался для организации локальных беспроводных сетей (WLAN), тогда как сети беспроводных интернет вещей лежат в области персональных беспроводных сетей (WPAN).

Для организации беспроводных персональных сетей существуют два наиболее доступных стандарта IEEE 802.15.1 [2] (Bluetooth) и IEEE 801.15.4 [3].

Первый стандарт предназначен для работы с персональным оборудованием с топологией «звезда» и «точка-точка». Несмотря на то, что новые версии стандарта значительно расширяют сетевые возможности

IEEE 802.15.1, на сегодняшний день оборудование для использования новых редакций стандарта труднодоступно.

Второй стандарт (IEEE 801.15.4) направлен на разработку беспроводных сенсорных сетей, которые хорошо сочетаются с идеологией интернет-вещей. Главный минус стандарта — отсутствие общепринятого протокола третьего и выше уровней, что затрудняет разработку решений под этот стандарт.

### СТЕКИ ПРОТОКОЛОВ СЕТЕВОГО И ВЫШЕ УРОВНЕ ДЛЯ СТАНДАРТА IEEE 802.15.4

Существует большое количество стеков протоколов сетевого и выше уровней для стандарта IEEE 802.15.4.

Наиболее известным является сертифицированный стандарт ZigBee [4]. Несмотря на сертификацию, данный стек протоколов тяжело подстраивать под конкретные решения, что значительно усложняет разработку оборудования. Стандарт позволяет организовывать сложные топологии сетей, но для взаимодействия с сетью Интернет ему необходим сетевой мост.

Другие стеки также не обладают сетевой прозрачностью для сети Интернет, что затрудняют разработку интернет-вещей. Но главной проблемой является направленность стеков на конкретное оборудование, что значительно сужает возможности применения стандартов на практике. Стеки не совместимы между собой. Примерами подобных разработок являются стеки JenNet (NXP Jennic), Ember ZNet, Xbee (Digi).

### СТЕК uIP

В данной работе предлагается использовать открытый стек протоколов uIP [5], который прозрачен для сетей IPv4 и IPv6.

Стек uIP поставляется как составная часть таких операционных систем как Contiki OS и ChibiOS/RT.

Наличие операционной системы является большим плюсом для разработки интернет-вещей, так как более структурированный программный код позволяет создавать интернет-вещи более автономные и интеллектуальные, за счёт использования уже разработанных для операционных систем библиотек, освобождающих от необходимости разработки собственных решений.

### АПРОБАЦИЯ

Апробация стека была проведена на микроконтроллерах JN5139 и JN5148 с установленной неофициальной версией операционной системы Contiki OS v1.5.

Оригинальная версия операционной системы была модифицирована для этих микроконтроллеров Филиппом М. Сколло (Philipp M. Scholl) [6]. В данной версии Contiki OS реализована работа только IPv6.

После небольших исправлений в коде была получена рабочая версия операционной системы.

Две модели актуатора силовой сети переменного тока собственной разработки на базе контроллеров JN5139 и JN5148 [7] [8] были переведены под стек uIP и операционную систему Contiki OS.

Первый актуатор представляет собой прибор, выполненный на встраиваемой платформе с поддержкой до 4 управляемых каналов силовой сети переменного тока с радиостандартом IEEE 802.15.4 (Рис. 1) в корпусе бытового удлинителя (Рис. 2) (интернет-удлинитель).



Рис. 1. Встраиваемая платформа с поддержкой до 4-х управляемых каналов с радиостандартом IEEE 802.15.4



Рис. 2. Встраиваемая платформа с поддержкой до 4-х управляемых каналов с радиостандартом IEEE 802.15.4 в корпусе бытового удлинителя

Второй прибор выполнен в корпусе бытовой розетки-переходника (Рис. 3) и позволяет управлять одним каналом силовой сети переменного тока. Прибор также поддерживает стандарт IEEE 802.15.4 (интернет-розетка).



Рис. 3. Управляемая розетка с поддержкой радиостандарта IEEE 802.15.4

Был подготовлен USB-адаптер, который подключался к ПК с ОС Linux и позволял операционной системе работать с сетью uIP как с обычной TCP/IP сетью. В качестве программного обеспечения для адаптера был использован открытый проект Филиппа М. Сколла.

На основе открытого приложения для Contiki OS того же автора после исправления ошибок и небольших модификация была добавлена возможность

перепрограммирования программного обеспечения актуаторов через протокол TCPv6. На стороне ПК было разработано программное обеспечение для загрузки программного обеспечения в микроконтроллер. Таким образом была реализована функция обновления микропрограммы приборов по воздуху через стек uIP.

Было написано приложение для ПК на базе библиотеки Qt, которое позволяло управлять каналами актуаторов через протокол TCPv6.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определено, что для интернет-вещей наиболее подходящим беспроводным стандартом является IEEE 802.15.4.

В результате исследований стеков сетевого и выше уровней определено, что наилучшим протоколом, подходящим под концепцию интернет-вещей является uIP.

Проведена апробация стека uIP поверх IEEE 802.15.4 на базе двух актуаторов силовой сети переменного тока и USB-адаптере, выполняющем функцию сопряжения uIP и операционной системы Linux.

Установлено прозрачное подключение по TCPv6 между управляющим программным обеспечением и интернет-вещами. Интернет-вещи с точки зрения сетевых протоколов являлись обычными узлами сети Интернет.

Реализовано обновление программного обеспечения интернет-вещей по воздуху через протокол TCPv6.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IEEE 802.11, The Working Group Setting the Standards for Wireless LANs. – URL : <http://www.ieee802.org/11/>. Дата обращения : 16.03.2013.
2. IEEE 802.15.1. – URL : <http://www.ieee802.org/15/pub/TG1.html>. Дата обращения : 16.03.2013.
3. IEEE 802.15.4. – URL : <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>. Дата обращения : 16.03.2013.
4. ZigBee Standards Overview. – URL : <http://www.zigbee.org/Standards/Overview.aspx>. Дата обращения : 16.03.2013.
5. uIP (micro IP) - Wikipedia, the free encyclopedia. – URL : [http://en.wikipedia.org/wiki/UIP\\_\(micro\\_IP\)](http://en.wikipedia.org/wiki/UIP_(micro_IP)). Дата обращения : 16.03.2013.
6. Links are bold - Philipp M. Scholl. – URL : <http://www.teco.edu/~scholl/blog/>. Дата обращения : 16.03.2013.
7. Дворников А.А. «Умный удлинитель». . Научно-техническая конференция студентов, аспирантов специалистов МИЭМ. Тезисы докладов. - М. ~: МИЭМ, 2010. - 321.
8. Дворников А.А. «Умный удлинитель». . «Новые информационные технологии». Тезисы докладов XVIII Международной студенческой конференции-школы-семинара. - М. ~: МИЭМ, 2010. - 297.