

УДК 621.316:004.42:004.388

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОЛОГИИ INTERNET OF ENERGY ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ» С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Буткина А.А., Сидорин А.С., Шамаев А.В.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», Саранск, e-mail: butkinaaa@gmail.com

Данная статья посвящена реализации методологии Internet of Energy при взаимодействии системы «Умный дом» с интеллектуальной энергетической системой. В статье приведены разработанные авторами структурная и принципиальная схемы электронного устройства, являющегося компонентом системы «Умный дом» и реализующего методологию Internet of Energy путем управления энергопотреблением в данной системе. Разработан физический макет и программное обеспечение указанного устройства. Приведено описание оборудования, используемого для тестирования данного физического макета и встроенного в него программного обеспечения. Разработанное программное обеспечение позволяет организовать управление микроконтроллером путем передачи команд: от локального сервера на микроконтроллер по протоколу MQTT; от управляющего устройства, подключенного к микроконтроллеру через последовательный порт; посредством ввода URL адреса в веб-браузере устройства, подключенного к общей с микроконтроллером Wi-Fi сети. В качестве универсального способа управления микроконтроллером с помощью стационарных и мобильных устройств используется сайт, вид интерфейса которого определяется встроенным программным обеспечением микроконтроллера. Разработанное электронное устройство может применяться для распределения потоков электроэнергии между конечными потребителями как на уровне частных домов, так и на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: Internet of Energy, Internet of Things, Smart Grid, микроконтроллер, программное обеспечение, Arduino, NodeMCU, электронное устройство

IMPLEMENTATION OF METHODOLOGY «INTERNET OF ENERGY» AT INTERACTION OF THE SMART HOME SYSTEM WITH SMART GRID

Butkina A.A., Sidorin A.S., Shamaev A.V.

National Research Mordovia State University, Saransk, e-mail: butkinaaa@gmail.com

This article is devoted to the implementation of methodology «Internet of Energy» at interaction of the Smart Home system with Smart Grid. The article presents the structural and circuit diagrams of the electronic device developed by the authors, which is a component of the Smart Home system and implements the Internet of Energy methodology by managing the energy consumption in this system. The developed software allows a user to control of the microcontroller by sending commands: from the local server to the microcontroller using the MQTT protocol; from the control device connected to the microcontroller through a serial port; by entering the URL in the web browser of the device connected to the Wi-Fi network shared with microcontroller. A site, the interface of which is determined by the built-in software of the microcontroller, is used as a universal method for controlling the microcontroller using stationary and mobile devices. The developed electronic device can be used to distribute power flows between end customers both at the level of private houses and in industrial enterprises.

Keywords: Internet of Energy, Internet of Things, Smart Grid, microcontroller, software, Arduino, NodeMCU, electronic device

На всем протяжении развития энергетической отрасли наблюдается непрерывный рост требований к рациональному и эффективному распределению энергии, в частности электрической, между ее конечными потребителями. Поэтому задача мониторинга энергопотребления и уменьшения затрат на электрическую энергию является всегда актуальной. Во многих странах Европы в последние годы используется почасовая тарификация электроэнергии, что позволяет в несколько раз снизить затраты на электроэнергию для конечных потребителей.

С развитием современных информационных технологий интернет определил новую модель взаимодействия человека и окружающего мира и создал структуру, которая органично встраивается в другие

сферы жизни человека. В настоящее время специалисты уже говорят о таких концепциях, как Internet of Energy [1] и Internet of Things [2]. Одним из примеров реализации указанных концепций являются так называемые Smart Grid, или «умные сети», которые оценивают потребность в электроэнергии и перенаправляют ее туда, где потребность в ней максимальна в данный момент.

Сейчас в России также формируется соответствующая нормативно-правовая база. Так, приказ Федеральной антимонопольной службы от 21 декабря 2017 г. № 1752/17 «Об утверждении интервалов тарифных зон суток для потребителей (за исключением населения и (или) приравненных к нему категорий)» утверждает для некоторых предприятий России на 2018 г. тарифы на

электрическую энергию, зависящие от времени суток [3]. Это означает, что в ближайшее время многие российские предприятия также могут быть переведены на почасовую тарификацию электроэнергии, и уже сейчас необходимо разрабатывать методы для более рационального ее расходования и распределения.

Ранее было проведено исследование условий реализуемости системы электроснабжения на основе накопителей электроэнергии с автоматическим управлением потоками мощности [4]. В данной статье внимание акцентируется на разработке с помощью методологии Internet of Energy современных устройств, управляющих энергоснабжением конечных потребителей, с целью рационального распределения электрической энергии.

Internet of Energy (IoE) – это сеть производителей и потребителей энергии, интегрированных в общую инфраструктуру и обменивающихся между собой ее излишками. Реализация данной методологии предполагает также внедрение концепции Internet of Things (IoT), которая подразумевает создание вычислительной сети физических объектов, обладающих возможностями взаимодействовать друг с другом и с внешней средой.

Согласно определению Роба ван Краенбурга [5], основателя Европейского совета по IoT, эта методология предполагает не только применение специальных датчиков и приборов, объединенных между собой различными способами и подключенных к интернету, но и взаимодействие людей и устройств в целом. Он ввел классификацию IoT, включающую следующие четыре уровня:

1. BAN (Body Area Network) – сеть надеваемых компьютерных устройств: умные часы, кроссовки, очки и так далее.

2. LAN (Local Area Network) – представляет собой «Умный дом», то есть различные технические устройства в доме, объединенные в единую сеть.

3. WAN (Wide Area Network) – умные города: общественный транспорт, объединенный в одну сеть и имеющий выход в интернет; электростанции, объединенные в одну сеть и автоматически перераспределяющие потоки мощности и так далее.

4. VWAN (Very Wide Area Network) – умная планета, где каждое устройство может взаимодействовать с любым другим.

В настоящее время активно развивается второй уровень данной классификации, представленный концепцией «Умный дом». Система «Умный дом» – это совокупность автоматизированного пространства и «ум-

ных» вещей в доме, связанных в единую сеть. В зданиях, оборудованных системой «Умный дом», экономия электроэнергии достигается путем использования технологии Smart Grid, основной функцией которой является организация рационального распределения энергии между ее конечными потребителями.

Цель исследования: реализация взаимодействия системы «Умный дом» с интеллектуальной энергетической системой на основе методологии IoE.

Достижение указанной цели сопряжено с решением ряда задач:

– разработка структурной и принципиальной схемы электронного устройства, являющегося компонентом системы «Умный дом» и реализующего методологию IoE путем управления энергопотреблением в системе;

– разработка физического макета и программного обеспечения (ПО) указанного электронного устройства;

– тестирование физического макета разработанного электронного устройства и встроенного в него программного обеспечения.

Материалы и методы исследования

Для решения первой задачи была разработана структурная схема фрагмента энергоинформационной системы, реализующего методологию IoE (рис. 1). Она включает:

– сервер системы «Умный дом», на котором хранится информация о состоянии потребителей электроэнергии;

– потребители электроэнергии, в качестве которых могут выступать любые устройства, подключенные к системе «Умный дом»;

– микроконтроллер, который обеспечивает управление блоком коммутации посредством получения сигнала от сервера через Wi-Fi модуль и отправку на сервер информации о состоянии потребителей;

– Wi-Fi модуль, обеспечивающий беспроводную связь с сервером;

– блок коммутации, предназначенный для управления подачей питающего напряжения конечным потребителям.

Блоки, входящие в разрабатываемое устройство, заключены в рамку, показанную на схеме пунктирной линией.

Физический макет устройства, принципиальная схема которого отражена на рис. 2, включает следующие электронные компоненты:

– отладочная плата NodeMCU со встроенным Wi-Fi модулем;

– 3 светодиода красного, желтого и зеленого цветов, имитирующих состояние энергоснабжения потребителей;

– 3 резистора, сопротивлением 1 кОм.

Так как микроконтроллер NodeMCU является Arduino-подобным устройством, он программируется на языке Wiring с применением среды разработки Arduino IDE.

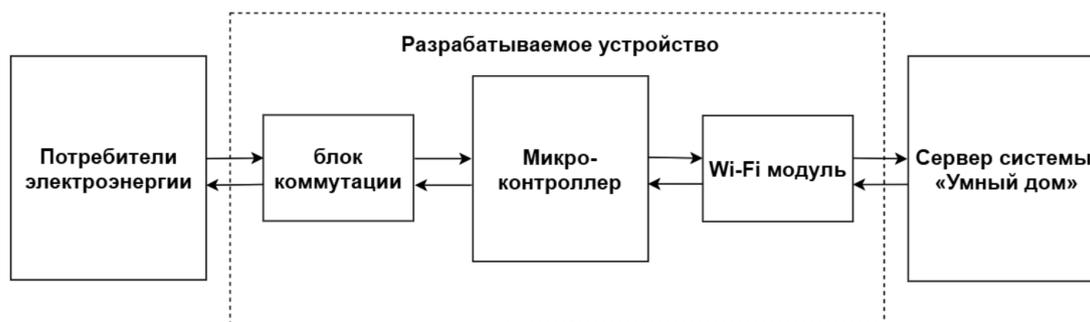


Рис. 1. Структурная схема фрагмента энергоинформационной системы, реализующего методологию IoE

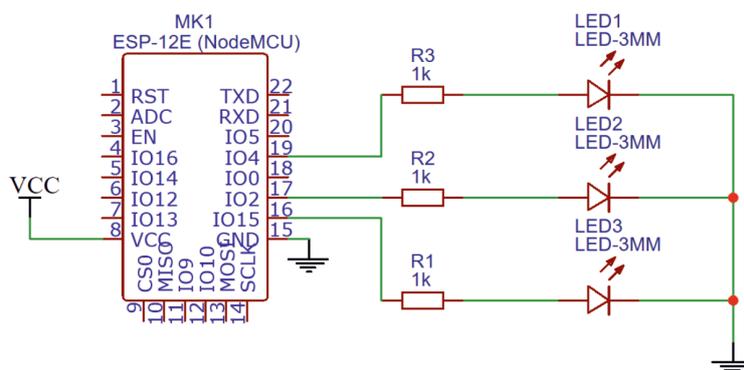


Рис. 2. Принципиальная схема физического макета разрабатываемого устройства

Для организации взаимодействия пользователя с микроконтроллером необходим интеллектуальный клиент, который представляет собой компьютерную программу с полнофункциональным графическим интерфейсом, работающую как при наличии, так и при отсутствии подключения к локальной сети или сети Интернет.

Для создания интеллектуального клиента был использован программный интерфейс (API) Windows Forms, который является частью программной платформы .NET Framework.

Результаты исследования и их обсуждение

Разработанное ПО позволяет организовать управление микроконтроллером тремя следующими способами (рис. 3):

1. Передача команд от локального сервера на микроконтроллер по протоколу MQTT.

2. Передача команд от управляющего устройства, подключенного к микроконтроллеру через последовательный порт.

3. Передача команд посредством ввода URL адреса в веб-браузере устройства, подключенного к общей с микроконтроллером Wi-Fi сети.

Рассмотрим реализацию первого способа, использующего протокол MQTT [6]. Это

открытый протокол обмена информацией, предназначенный для передачи данных на произвольное расстояние, что позволяет применять его при проектировании электронных устройств, использующих методологию IoE.

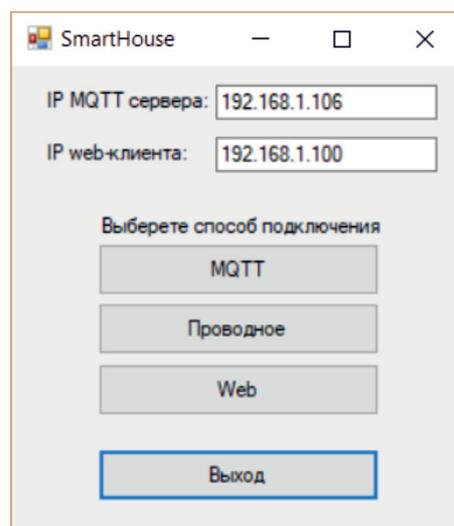


Рис. 3. Интерфейс главной формы, с помощью которой осуществляется выбор способа обмена данными с микроконтроллером

Данный протокол организует информационный обмен между клиентом, который может являться как издателем, так и подписчиком, и брокером сообщений, в качестве которого в данной работе используется платформа Mosquitto.

В процессе работы издатель (компьютерная программа) отправляет данные брокеру Mosquitto, указывая в сообщении определенную тему. Подписчик (микроконтроллер) может получать данные от множества издателей в зависимости от того, на какие темы он подписан.

Рассмотрим реализацию второго способа управления микроконтроллером, в котором для передачи команд используется последовательный порт (Serial Port). Он имеет две линии обмена данными между терминалом (компьютером) и коммуникационным устройством (микроконтроллером). Данный порт поддерживает специальная микросхема UART, обеспечивающая скорость передачи данных, достигающую 115 200 бод.

При использовании третьего способа управления микроконтроллером управляющая команда передается путем имитации ввода URL адреса в веб-браузере устройства, подключенного к общей с микроконтроллером Wi-Fi сети. При этом необходимо знать IP адрес веб-клиента (микроконтроллера), с использованием которого будет происходить управление энергоснабжением конечных потребителей.

Для тестирования разработанного устройства было использовано следующее оборудование:

- физический макет устройства, оснащенный разработанным встроенным ПО;
- компьютер с установленным на нем ПО для управления микроконтроллером и брокером Mosquitto MQTT;
- смартфон, используемый в качестве точки доступа Wi-Fi и для тестирования мобильного приложения;
- кабель micro-USB, используемый для питания микроконтроллера и тестирования второго способа управления им;
- веб-камера, используемая для контроля состояния потребителей.

Физический макет разработанного устройства и веб-камера были подключены к компьютеру, на котором была запущена программа для управления микроконтроллером, интерфейс и возможности которой были описаны ранее.

При выборе первого способа подключения открывается окно, предоставляющее пользователю возможность управлять состоянием энергоснабжения конечных потребителей путем отправки команд локальному серверу по протоколу MQTT. Например, в результате последовательного нажатия

кнопок, отвечающих за подачу энергоснабжения первому и третьему потребителю, происходит последовательное включение красного и зеленого светодиодов (рис. 4).

При выборе способа подключения открывается окно, предоставляющее пользователю возможность управлять состоянием энергоснабжения конечных потребителей данным способом. Например, при выборе первого способа (управление микроконтроллером путем отправки команд локальному серверу по протоколу MQTT) в результате последовательного нажатия кнопок, отвечающих за подачу энергоснабжения первому и третьему потребителю, происходит последовательное включение красного и зеленого светодиодов (рис. 4).

В качестве универсального способа управления микроконтроллером с помощью стационарных и мобильных устройств используется сайт (рис. 5), вид интерфейса которого определяется встроенным ПО микроконтроллера. При обращении к этому сайту открывается страница, предоставляющая пользователю возможность управлять состоянием конечных потребителей. Данный способ управления микроконтроллером применяется в тех случаях, когда отсутствует возможность использовать приложение, разработанное для компьютера.

Альтернативой использованию сайта является приложение для мобильных устройств, работающих под управлением ОС Google Android (рис. 5). Работа с данным приложением начинается с задания IP адреса микроконтроллера с помощью кнопки «Настройки», который сохраняется в памяти приложения. После этого пользователю предоставляется возможность управлять состоянием энергоснабжения конечных потребителей.

Заключение

В результате исследования был разработан физический макет и встроенное ПО электронного устройства, управляющего энергоснабжением конечных потребителей, состояние которых моделируется с помощью включения и выключения соответствующих светодиодов.

Разработанное электронное устройство может применяться для распределения потоков электроэнергии между конечными потребителями как на уровне частных домов, так и на промышленных предприятиях. Кроме того, данное устройство также может использоваться для управления выбором источников электрической энергии, используемых в системе «Умный дом». Такими источниками могут являться как центральная сеть электроснабжения, так и альтернативные источники электроэнергии и ее накопители.

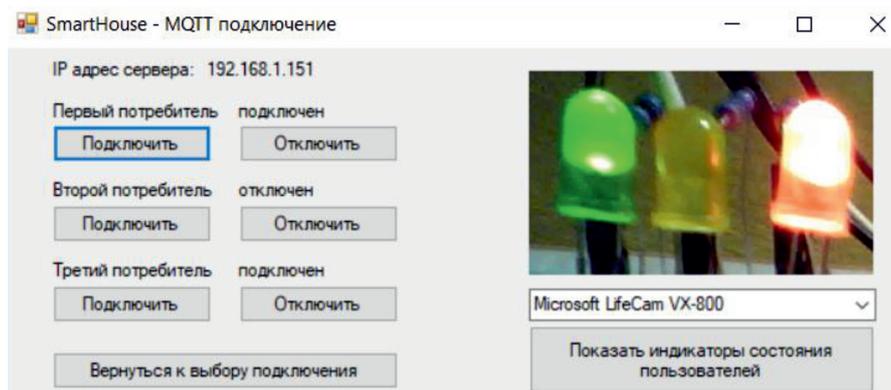


Рис. 4. Результат успешной передачи команд локальному серверу по протоколу MQTT и считывание их микроконтроллером

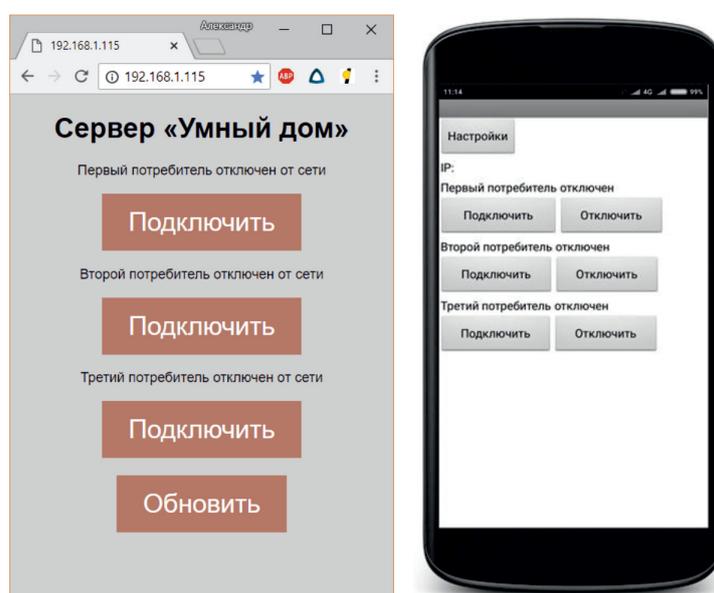


Рис. 5. Использование сайта и мобильного приложения для управления микроконтроллером

Проведенное исследование является одним из этапов комплекса работ, посвященных реализации методологии ЮЕ. Одним из его последующих этапов является дооснащение разработанного электронного устройства преобразователем информационных сигналов, передаваемых по электросети. При этом, помимо реализованных в разработанном устройстве способов передачи данных, появится возможность управлять энергоснабжением конечных потребителей непосредственно через электрическую сеть. В результате такого дооснащения разработанное электронное устройство сможет выполнять функции энергорouterа.

Список литературы

1. Vermesan O., Blystad L.C., Zafalon R., Moscatelli A., Kriegel K., Mock R., John R., Ottella M., Perlo P. Internet of

energy – Connecting energy anywhere anytime,» in Advanced Microsystems for Automotive Applications 2011: Smart Systems for Electric, Safe and Networked Mobility, 2011, pp. 33–48.

2. Wei C., Li Y. Design of energy consumption monitoring and energy-saving management system of intelligent building based on the Internet of things, in 2011 International Conference on Electronics, Communications and Control. – Proceedings, 2011, pp. 3650–3652.

3. Приказ ФАС России от 21.12.2017 № 1752/17 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_287178. (дата обращения: 11.07.2018).

4. Белов В.Ф., Буткина А.А., Занкин А.И. Исследование условий реализуемости системы электроснабжения с накопителями электрической энергии // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 9–1. – С. 19–24.

5. Роб ван Краненбург: Что такое IoT? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://internetofthings.ru/issledovaniya/21-rob-van-kranenburg-cto-takoe-iot> (дата обращения: 11.07.2018).

6. Что такое MQTT и для чего он нужен в IoT? Описание протокола MQTT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/cto-takoe-mqtt> (дата обращения: 11.07.2018).