

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.052.32

Алисеенко  
Маргарита Александровна

Функциональное тестирование сетевых компонентов «Умного дома»

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-45 80 01 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

---

Научный руководитель  
Никольшин Борис Викторович  
к.т.н., доцент

---

Минск 2019

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Системы «Умного дома» становятся все более распространенными и доступными благодаря тому, что помогают человеку повысить уровень комфорта, снизить затраты на электроснабжение, обеспечить контроль за внешними факторами. В настоящее время актуальной задачей является формирование комплексной стратегии тестирования компонентов «Умного дома», обеспечивающих необходимое качество предоставляемых пользователю услуг. В системе взаимодействие устройств осуществляется по сети, состояние которой может повлиять на производительность, качество работы устройств и инфраструктуры в целом. Поэтому «Умный дом» должен быть протестирован для гарантии бесперебойной работы.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью совершенствования технологий систем «Умного дома» и домашней автоматизации для обеспечения высокой производительности и улучшения качества их функционирования.

Целью работы является разработка системы функционального тестирования сетевых компонентов «Умного дома», обеспечивающей уменьшение временных затрат на проведение проверки всех компонентов. Для этого необходимо выделить функциональные блоки у устройств, отвечающие за одни и те же управляющие команды, чтобы проверить их работоспособность. Если эти показатели проходят проверку, то можно судить о качественной работе компонентов в системе «Умного дома».

Задачи диссертационной работы, необходимые для достижения поставленной цели:

- обзор технологий систем «Умного дома» и методик тестирования;
- анализ сетевых компонентов устройств «Умного дома», основанных на технологии `poOLite`;
- разработка методики функционального тестирования сетевых компонентов «Умного дома», основанных на технологии `poOLite`;
- разработка системы функционального тестирования сетевых компонентов «Умного дома», основанных на технологии `poOLite`;
- функциональное тестирование сетевых компонентов «Умного дома» с помощью разработанной системы (универсального стенда) для апробации предложенной системы и методики.

В первой главе рассмотрена концепция и структура системы «Умного дома». Она обычно объединяет в себе отдельные подсистемы, каждая из которых отвечает за свою функцию: управление освещением, климат

контроль, безопасность и т.д. В главе приведен обзор существующих современных систем «Умного дома». Рассмотрены стандарты «Умного дома» как частного случая интернета вещей.

Во второй главе проведен анализ методик тестирования программного и физического оборудования, а также технологии «Умного дома» *poOLite*. Представлена методика тестирования сетевых компонентов «Умного дома», основанных на технологии *poOLite*.

В третьей главе представлена система для функционального тестирования сетевых компонентов «Умного дома», разработаны рекомендации по методике тестирования системы. Проведен анализ временных затрат на осуществление проверки различных устройств и сделаны выводы о том, что компонентное стендовое тестирование позволяет охватить большее количество поддерживаемых команд и устройств за один прогон проверки по сравнению с ручным высокоуровневым за меньшее время.

Тема диссертационной работы соответствует пункту 7 приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 гг., утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 190 от 12 марта 2015 г. «Информационно-коммуникационные и авиакосмические технологии: технологии развития информационного общества».

Содержание диссертации отображает личный вклад автора. Он заключается в обосновании системы тестирования сетевых компонентов «Умного дома», разработке методики и системы тестирования сетевых компонентов «Умного дома», постановке и проведении экспериментов по исследованию временных затрат на тестирование, обработке и анализе полученных результатов, формулировке выводов. Определение целей и задач исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились совместно с научным руководителем к.т.н., доцентом Б.В. Никульшиным.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: 54-й и 55-й международной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 2018-2019); Международных научно-технических семинарах «Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных» (Минск, 2018-2019); Международной научно-практической конференции «Кодирование и цифровая обработка сигналов в инфокоммуникациях» (Минск, 2019). Результаты диссертационной работы использованы на УП «Ноотехника».

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликовано 4 печатные работы, в том числе: 2 статьи и 2 тезиса в сборниках и материалах конференций.

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с выводами по каждой главе, заключения, списка использованных источников, одного приложения, графического материала.

Общий объем диссертационной работы составляет 102 страницы, из них 60 страниц текста, 46 рисунков на 30 страницах, 3 таблиц на 2 страницах, список использованных источников (28 наименований на 2 страницах), список публикаций автора по теме диссертации (4 наименования на 1 странице), приложения на 5 страницах, графического материала на 8 страницах.

Диссертационная работа выполнена самостоятельно и проверена на плагиат. Уникальность составляет 80,48%.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Система «Умный дом» – это система домашних устройств, способных выполнять действия и решать определенные повседневные задачи без участия человека. Домашняя автоматизация рассматривается как частный случай интернета вещей, включающая доступные через интернет домашние устройства. Осуществлен обзор структуры и концепции системы «Умного дома», которая состоит из трех уровней. В нижний уровень системы входят датчики (сенсоры) и исполнительные механизмы. Средний уровень включает связующий контроллер и управляющие сигналы. Верхний уровень представлен системой управления, чем является программное обеспечение системы «Умного дома». Система «Умного дома» обычно объединяет в себе отдельные подсистемы, каждая из которых отвечает за свою функцию: управление освещением, климат контроль, безопасность и т.д. Как правило, сенсорные и исполнительные устройства образуют локальные сети, обмениваются друг с другом данными с помощью проводных или беспроводных технологий связи и используют шлюзы для подключения к сетям связи.

Рассмотрены рекомендация МСЭ-Т Y.2060 и стандарт IEEE 802.15.4. В рекомендации предусматривается поддержка нескольких интерфейсов шлюзами для обмена данными с использованием различных сетевых технологий и функциональной совместимости распределенных систем в целях предоставления и потребления разных видов информации и услуг. Стандарт IEEE 802.15.4 определяет физический слой и управление доступом к среде для беспроводных персональных сетей с низким уровнем скорости и энергопотребления. Топологией таких сетей является звезда, либо ячеистая сеть. Маршрутизация сообщений необязательно должна осуществляться через координатора сети. Координатор осуществляет подключение новых устройств, генерацию уникальных идентификаторов для них и устанавливает настройки сети. Алгоритм маршрутизации должен обеспечивать проверку канала перед передачей сообщения, чтобы избежать коллизий.

Рассмотрены беспроводные технологии для построения и управления системами на основе концепции интернета вещей, такие как Z-Wave, ZigBee, LoRa, Wi-Fi HaLow, Bluetooth. Стандартные стеки протоколов довольно сложны с программной точки зрения: для их реализации требуется повышенный объем флэш-памяти микроконтроллера и его вычислительная мощность. Использование проприетарных протоколов во многих случаях оказывается более выгодным с точки зрения затрат на разработку и вычислительных ресурсов. Рассмотрены рекомендация МСЭ-Т Y.2060 и стандарт IEEE 802.15.4. В рекомендации предусматривается поддержка нескольких интерфейсов шлюзами для обмена данными с использованием различных сетевых технологий и функциональной совместимости распределенных систем в целях предоставления и потребления разных видов информации и услуг. Стандарт IEEE 802.15.4 определяет физический слой и управление доступом к среде для беспроводных персональных сетей с низким уровнем скорости и энергопотребления. Топологией таких сетей является звезда, либо ячеистая сеть. Маршрутизация сообщений необязательно должна осуществляться через координатора сети. Координатор осуществляет подключение новых устройств, генерацию уникальных идентификаторов для них и устанавливает настройки сети. Алгоритм маршрутизации должен обеспечивать проверку канала перед передачей сообщения, чтобы избежать коллизий.

Рассмотрены беспроводные технологии для построения и управления системами на основе концепции интернета вещей, такие как Z-Wave, ZigBee, LoRa, Wi-Fi HaLow, Bluetooth. Стандартные стеки протоколов довольно сложны с программной точки зрения: для их реализации требуется повышенный объем флэш-памяти микроконтроллера и его вычислительная мощность. Использование проприетарных протоколов во многих случаях оказывается более выгодным с точки зрения затрат на разработку и вычислительных ресурсов.

Рассмотрены особенности технологии «Умного дома» pooLite и ее протокол управления. Показано, что система «Умного дома», основанная на технологии pooLite, осуществляет взаимодействие компонентов по радиоканалу на частоте 433,92 МГц. Система позволяет управлять электроприборами и включает в себя различные виды силовых блоков управления нагрузками (световые, роллетные, термостатные), контроллер, адаптер, датчики, пульта. Радиоприемник исполнительного устройства принимает управляющую посылку от управляющего устройства и формирует посылку с ответом о своем состоянии. Определенному виду устройства соответствует свой диапазон исполняемых команд. В связи с этим необходимо наличие методики и системы тестирования.

Представлена методика тестирования на основе особенностей системы «Умного дома» на базе технологии pooLite, которая позволяет учитывать специфику компонентов системы и решает задачу минимизации затрат на тестирование. Система тестирования направлена на проверку поведенческих

требований устройств «Умного дома»: она формирует исходные данные, запускает тестовый сценарий, отправляет команды тестируемому устройству, считывает ответы от них и показания с чувствительных элементов, сравнивает фактические результаты с ожидаемыми, формирует отчеты об ошибках с номером шага тестового сценария.

Методика испытания силового блока системы «умный дом» состоит из объекта испытания, цели, условий и порядка испытаний, характеристик, подлежащих оценке, допустимых расхождений и порядка обработки результатов испытания.

Разработана система функционального тестирования сетевых компонентов «Умного дома». Она состоит из пользователя, блока управления и постов, блока результатов. Блок управления включает блок генерации тестовых сигналов и блок измерения и анализа. Пост состоит из блока объекта контроля и блока с чувствительными элементами и элементами воздействия. Пользователь (тестировщик) подготавливает систему к работе, выбирает конфигурации, в свою очередь система выдает отчет о результатах тестирования по завершению работы. В блоке результатов тестирования в полуавтоматическом режиме формируется отчет о тестировании.

1 В ручном режиме высокоуровневого теста проверка базовых команд силового блока занимает около 2 минут (1 мин 53 с) для одной единицы. При этом невозможно проверить работоспособность команды временного включения (которую обычно отправляют датчики движения, либо для этого можно задать таймер в приложении, что займет еще около 1,5 минуты). На стенде время проверки 10 базовых целевых команд (в том числе и временного включения) составит не более 1 мин 10 с для одной единицы. Также после отвязки на стенде есть возможность повторно отправить команду отвязанному блоку, чтобы убедиться, что адрес блока действительно был удален из памяти контроллера. Выигрыш составляет почти в 2 раза для одной единицы (выигрыш увеличивается, если на стенде будет размещаться более одного устройства).

2 В ручном режиме высокоуровневого теста проверка 9 целевых команд и 12 комбинаций сочетаний команд для роллетного блока занимает примерно 5,5 минут. Аналогичная проверка на стенде займет не более 5 минут для одной единицы. Выигрыш составляет 1,1 раз.

3 В ручном режиме высокоуровневого теста проверка 10 целевых команд (плюс 9 из них повторно) для термостатного блока при пороге 25 градусов в среднем составляет 13,5 минут. На стенде время проверки составит не более 10 минут при таком же пороге. Также после отвязки на стенде есть возможность повторно отправить команду отвязанному блоку, чтобы убедиться, что адрес

блока действительно был удален из памяти контроллера. Выигрыш составляет 3,5 минуты для одной единицы (1,35 раз).

4 Высокоуровневая проверка 11 команд яркости (4 из которых дополнительные) занимает как минимум 2,5 минуты. Команды «яркость вниз», «вверх», «назад», «остановить» требуют предварительной привязки пульта и отправки их с него. Аналогичная проверка на стенде займет не более 1 минуты 35 секунд. Выигрыш составляет почти минуту для одной единицы (1,6 раз).

5 Высокоуровневая ручная проверка 14 целевых настроек (4 из которых дополнительные) занимает примерно 5 минут. Аналогичная проверка на стенде займет не более 2 минут. Выигрыш составляет почти 3 минуты для одной единицы (2,5 раза).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В магистерской диссертации разработана система функционального тестирования сетевых компонентов «Умного дома». Использование системы тестирования показало, что временные затраты на тестирование сокращаются в 1,1-2,5 раз на единицу продукции, в зависимости от вида проверяемой функциональности, что приводит к увеличению эффективности тестирования. Для этого осуществлен обзор систем «Умного дома», основные функции, технологии и используемые протоколы. Проанализированы функциональные блоки устройств системы «Умного дома», разработана методика тестирования системы «Умный дом», основанной на технологии pooLite. Проведено функциональное тестирование сетевых компонентов «Умного дома» с помощью разработанной системы тестирования.

Установлено, что использование систем «Умного дома» позволяет повысить уровень комфорта проживания в помещении, обеспечивает гибкий контроль внешних факторов и экономию энергетических ресурсов. Выбор типа и технологии системы зависит от функций и целей ее применения.

Рассмотрено влияние рекомендаций МСЭ-Т Y.2060 и стандарта IEEE 802.15.4 на разработку технологий управления системами «Умного дома». Произведен обзор и сравнение протоколов на основе концепции интернета вещей, использующиеся в системах «Умного дома».

Описана проприетарная технология системы «Умного дома» pooLite, которая позволяет управлять электроприборами по радиоканалу. Система включает в себя различные виды силовых блоков управления нагрузками и управляющие устройства (контроллер, адаптер, пульты). Представлена схема передачи управляющих и ответных посылок.

Приведен сценарий внедрения методики компонентного тестирования устройств системы pooLite для системы тестирования. Разработана методика функционального тестирования сетевых компонентов системы «Умный дом»,

позволяющая сократить количество ручных операций. Разработаны рекомендации по конфигурациям системы тестирования в зависимости от проверяемой функциональности. Проведены экспериментальные измерения временных затрат на высокоуровневое ручное тестирование и компонентное с помощью тестовой системы. Сделан вывод о том, что система тестирования охватывает большее количество поддерживаемых команд за один прогон проверки по сравнению с ручным высокоуровневым, и позволяет размещать большее количество устройств (до 64).

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1 – А. Алисеенко, М. А. Функциональное тестирование сетевых компонентов «умного дома» / М. А. Алисеенко, Б. В. Никульшин // Кодирование и цифровая обработка сигналов в инфокоммуникациях: материалы международной научно-практической конференции (Минск, апрель 2019 г.) – Минск : БГУИР, 2019. – С. 46-49.

2 – А. Алисеенко, М. А. Функциональное тестирование сетевых компонентов «умного дома» / М. А. Алисеенко, Б. В. Никульшин // материалы 55-й международной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 22-26 апреля 2019 г.) – Минск : БГУИР, 2019. – С. 21-22.

3 – А. Алисеенко, М. А. Обеспечение качества корпоративной видеоконференцсвязи / М. А. Алисеенко, А. А. Кочеткова, Б. В. Никульшин // Телекоммуникационные системы и сети : материалы 54-й международной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 24 – 26 апреля 2018 г. ) – Минск : БГУИР, 2018. – С. 20-24

4 – А. Алисеенко, М. А. Качество обслуживания в мультисервисных сетях / М. А. Алисеенко, А. А. Кочеткова, Б. В. Никульшин // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных : материалы международного научно-технического семинара (Минск, апрель – декабрь 2017 г.) – Минск : БГУИР, 2017. – С. 50-56.