

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

УДК 004.72

КАПТЮГ
Дарья Андреевна

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОДУЛЬ NB-IOT ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ

Автореферат
на соискание степени магистра
по специальности 1–45 80 01 Системы и сети инфокоммуникаций
(информационные и коммуникационные технологии)

Научный руководитель
к.т.н., доцент
Хацкевич Олег Александрович

Минск 2021

ВВЕДЕНИЕ

Современные сети связи, объединяющие средства получения доставки и обработки информации стали неотъемлемой частью современной жизни информационного общества. Одним из центральных направлений в данной сфере является концепция «IoT» или «Интернета вещей», в основе которой лежит принцип взаимодействия объектов, способных собирать и передавать информацию через Интернет. Управление осуществляется в автоматическом режиме, не требующим контроля человеком.

В Республике Беларусь развитие информационно-коммуникационных технологий осуществляется в рамках Государственной программы развития цифровой экономики и информационного общества, включающей в себя подпрограммы развития информационно-коммуникационной инфраструктуры и инфраструктуры информатизации. В качестве одного из приоритетных направлений развития в данной области определено «увеличение объема производства и безопасного потребления высокотехнологичных и наукоемких ИКТ». В связи с чем, одной из важнейших задач становится организация микроклимата на площадках для размещения коммуникационного оборудования. Чтобы реализовать эту задачу, предлагается развивать технологические возможности сетей LTE Advanced с узкополосной передачей данных для интернета вещей (NarrowBand Internet of Things, NB-IoT) – как конкурентные технологии по отношению к технологиям LoRa и LPWAN.

Производители сетевого оборудования указывают допустимые диапазоны температур и влажности, основываясь на измерениях этих показателей на входе воздушного потока в эти устройства. По этой причине эта область оказывается важной при обеспечении соответствующей относительной влажности и температуры.

Целью данной магистерской диссертации является разработка автоматизированного модуля NB-IoT для организации мониторинга температуры в серверной комнате, а также поддержания стабильной работы серверного оборудования и всей ИТ-инфраструктуры.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе Для достижения поставленной цели в диссертационной работе последовательно решаются следующие задачи: 1) анализ технологий «IoT» и «NB-IoT»; 2) выбор программного и аппаратного обеспечения для автоматизированного модуля NB-IoT; 3) проектирование серверной комнаты 4) разработка алгоритма управления модулем NB-IoT 5) практическая реализация датчика контроля температуры.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики

В последнем отчете Международного союза электросвязи «Измерение информационного общества», опубликованном в 2017 году, Республика Беларусь заняла итоговое 32 место в рейтинге по индексу развития информационно-коммуникационных технологий из 176 стран мира. За всю историю существования данного рейтинга Республика Беларусь поднялась с 53 места в 2007 году до 32 места в 2017 году (в 2018 – 2019 годах индекс не публиковался). За это время Республика Беларусь неоднократно входила в десятку стран с наиболее динамичным развитием ИКТ (в 2012, 2013 и 2015 годах).

В декабре 2015 года Республика Беларусь начала строительство сети сотовой подвижной электросвязи четвертого поколения по технологии LTE, которая позволяет конечному пользователю получать не только традиционные услуги, но и развивать принципиально новые сервисы. На 1 января 2020 г. услуги сотовой подвижной электросвязи стандарта LTE доступны 81,3% населения Республики Беларусь. Такой процент доступности позволяет массово внедрять и соединять в сети устройства, относящиеся к классу IoT и M2M, с плотностью размещения от 300 тыс. устройств в соте и до 1 млн устройств на 1 кв.км.

Проведенная работа по диссертационной тематике соответствует мировым тенденциям в области мониторинга и автоматизации сетей связи. Рассмотренное решение приводит к экономии потребляемой электроэнергии, повышению качества и надежности электросетей.

Цель и задача исследования

Целью магистерской диссертации является разработка автоматизированного модуля NB-IoT для регулирования температуры.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе последовательно решаются следующие задачи: 1) анализ технологий «IoT» и «NB-IoT»; 2) выбор программного и аппаратного обеспечения для автоматизированного модуля NB-IoT; 3) проектирование серверной комнаты 4) разработка алгоритма управления модулем NB-IoT 5) практическая реализация датчика контроля температуры.

Задачи исследования:

1. Анализ технологий «IoT» и «NB-IoT».
2. Выбор программного и аппаратного обеспечения для автоматизированного модуля NB-IoT.
3. Проектирование серверной комнаты
4. Разработка алгоритма управления модулем NB-IoT.
5. Практическая реализация датчика контроля температуры.

Объект исследования:

Технология узкополосной передачи данных NB-IoT.

Предмет исследования:

Автоматизированный модуль NB-IoT для регулирования температуры.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с выводами, заключения, списка использованной литературы и приложений.

Общий объем диссертационной работы составляет 76 страниц, из них 68 страниц текста, 45 рисунков на 30 страницах, 7 таблиц, список использованных источников включающий 33 наименования на 3 страницах.

Личный вклад магистранта

Содержание диссертации отображает личный вклад автора. Автором были разработаны гибкий и универсальный алгоритм функционирования, структурные и принципиальные схемы. Модуль NB-IoT для контроля температуры был построен на базе современного оборудования, в том числе LTE NB-IoT-модуля SIM7020E. Определение целей и задач исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились совместно с научным руководителем О.А.Хацкевичем.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 56–ой и 57–ой конференции среди аспирантов и магистрантов БГУИР. На основании доклада была опубликована статья в

сборнике материалов 56–ой и 57–ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В 1-ом разделе магистерской работы проведён обзор и подробный анализ технологий Интернета вещей и NB-IoT. Рассмотрены технические требования и основные параметры, которые необходимо учитывать при построении сети Интернета вещей. В том числе были подробно описаны сферы применения данной технологии, основные преимущества и недостатки.

Определены три основных режима работы технологии NB-IoT:

- 1 Stand alone operation (автономный режим работы);
- 2 Guard band operation (работа в защитной полосе сети LTE);
- 3 In-band operation (работа в полосе сети LTE).

Также подробно были рассмотрены построение ядра сети NB-IoT и режимы сохранения энергии. NB-IoT учитывает такие специфические потребности как потребление небольшой мощности приемопередатчика. Для этого в NB-IoT предусмотрены два режима энергосбережения: Power Saving Mode (PSM) и Extended idle mode DRX (eDRX).

Проведён краткий обзор и анализ протоколов, используемых в технологии NB-IoT. В данном случае общие принципы построения стека протоколов заключаются в наследственности стандарта LTE, его упрощении и адаптации к особенностям межмашинного взаимодействия.

Во 2-ом разделе магистерской работы был проведён обзор программного и аппаратного обеспечения для реализации модуля NB-IoT для контроля температуры. В результате были выбраны:

LTE NB-IoT-модуль SIM7020E. Существует несколько модулей сотовой связи и навигации для данного стандарта. Один из них – LTE NB-IoT-модуль SIM7020E. При работе в сетях данного стандарта есть ряд особенностей в части алгоритма AT-команд, которые отличают данные решения от модулей стандарта GSM.

DHT11 – это цифровой датчик влажности и температуры, состоящий из термистора и емкостного датчика влажности. Также датчик содержит в себе АЦП для преобразования аналоговых значений влажности и температуры. Датчик DHT11 обладает высоким быстродействием и точностью, а также отлично подходит для обучения и контроля температуры и влажности в помещении.

Arduino Nano – это полнофункциональное миниатюрное устройство на базе микроконтроллера ATmega328 (Arduino Nano 3.0) или ATmega168 (Arduino Nano 2.x), адаптированное для использования с макетными платами. Миниатюрный модуль на основе популярного микроконтроллера ATMEGA328P.

Arduino IDE -- это программная среда разработки, использующая C++ которая позволяет писать, компилировать и загружать программу в микроконтроллер. Простая структура Arduino IDE является преимуществом, так как обеспечивает быстрое освоение программы и переход к разработке приложений для Arduino.

3-й раздел полностью посвящён обзору основных этапов проектирования серверной комнаты. Были определены основные требования и пожеланий к ЦОДу, а также сформирован список задач для обеспечения текущих процессов компании, а также их возможного увеличения в будущем. Исходя из этого, был определен тип, количество и уровней серверного оборудования. При проектировании серверной комнаты были учтены следующие факторы:

- площадь серверной комнаты;
- микроклимат в серверной комнате;
- электропитание;
- конструкция;
- пожарная безопасность.

На основании этих данных разработана концепция ЦОД или серверной, в которой отражено:

- схема расположения стоек, ИТ-шкафов и инженерного оборудования;
- технические решения по инженерным системам и ИТ-инфраструктуре;
- интеграция серверной с внешними сетями и технологическими коммуникациями.

Для обеспечения правильного климата в серверной комнате была рассчитана общая тепловая нагрузка, а затем подобран кондиционер, соответствующий этому параметру.

В 4-ом разделе магистерской работы была описана архитектура системы управления модулем, настройка Arduino Nano 3.0 и проведен анализ основных показателей модуля. Существуют две архитектуры системы управления «умным домом», централизованная и распределенная. Централизованная система состоит из центрального контроллера с подключенными к нему модулями. Также были рассмотрены основные достоинства и недостатки архитектур систем управления.

Автоматизированный модуль NB-IoT будет осуществлять мониторинг параметров на основании показателей датчика температуры и влажности. Датчики устанавливаются в ранее спроектированной серверной комнате.

Информация с датчиков поступает на локальный контроллер, который её обрабатывает и на основе полученных данных осуществляет регулирующее воздействие.

Также был рассмотрен процесс настройка Arduino Nano 3.0. Подключение основных библиотек и задание необходимых параметров. Рассмотрены основные AT-команды для общения с модулем.

Для проверки состояния датчиков используется периодическое опрашивание устройств в системе, период опроса зависит от коэффициента готовности системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Появление на рынке сетей LTE Advanced с технологией узкополосной передачи данных для интернета вещей (NB-IoT) существенно повысит конкуренцию в сегменте беспроводных технологий IoT, где уже набирают популярность LoRa, LPWAN и другие технологии, использующие нелицензируемые полосы частот. Технология NB-IoT обладает рядом преимуществ по скорости, массовости производства и, как следствие, по дешевизне. Возможность использовать для NB-IoT освоенные лицензируемые диапазоны частот для операторов мобильных сетей 4G, а также уже развернутое сетевое оборудование приведет к интенсивному развитию сектора IoT в структуре бизнеса мобильных операторов.

В данной диссертационной работе проанализированы технологии Интернета вещей и NB-IoT. Рассмотрены технические требования и основные параметры, которые необходимо учитывать при построении сети Интернета вещей. В результате был разработан автоматизированный модуль NB-IoT для организации мониторинга температуры в серверной комнате, а также поддержания стабильной работы серверного оборудования и всей ИТ-инфраструктуры. Работа модуля организована на основе централизованной системы управления. Для разработки скетча использовалась программа Arduino IDE.

На всех этапах тестирования модуль NB-IoT для организации мониторинга температуры в серверной комнате продемонстрировал свою универсальность и простоту реализации.

В Республике Беларусь развитие информационно-коммуникационных технологий осуществляется в рамках Государственной программы развития цифровой экономики и информационного общества, включающей в себя

подпрограммы развития информационно-коммуникационной инфраструктуры и инфраструктуры информатизации. В качестве одного из приоритетных направлений развития в данной области определено «увеличение объема производства и безопасного потребления высокотехнологичных и наукоемких ИКТ». А разработка и тестирование подобных систем лишь ускорит этот процесс.

Библиотека БГУИР

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1–А. Каптюг, Д. А. Взаимодействие технологий Big Data и Internet of Things / Каптюг Д. А. // Инфокоммуникации: сборник тезисов докладов 56-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18 – 20 мая 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск: БГУИР, 2020. – С. 81 – 82.

2–А. Каптюг, Д. А. Протокол MQTT-SN / Каптюг Д. А. // Инфокоммуникации: сборник тезисов докладов 56-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18 – 20 мая 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск: БГУИР, 2020. – С. 131 – 132.

Библиотека БГУИР