

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ПРОГРАМНОЇ
ІНЖЕНЕРІЇ

КАМАЄВ ВАСИЛЬ РОМАНОВИЧ

УДК 004.78

**СИСТЕМА ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ДЛЯ РОЗУМНОГО
БУДИНКУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ
BLUETOOTH LOW ENERGY**

123 «Комп'ютерна інженерія»

Автореферат
дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль 2019

Роботу виконано на кафедрі комп'ютерних систем та мереж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики
Крамар Олександр Іванович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Рецензент: доцент кафедри компютерних наук
Мацюк Олександр Валильович
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Захист відбудеться 24 грудня 2019 р. о 9⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії № __ у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №1, ауд.1-603

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку інформаційних технологій досяг такого рівня, що дає реальну можливість побудови енергетичної екосистеми в розумному будинку. Цей напрям, за оцінками спеціалістів, є одним з найперспективніших на ринку побутової електроніки. На даний момент перед кожним виробником подібних девайсів та систем стоїть питання їх автономності та енергоефективності, адже такі пристрої повинні бути відмовостійкими і надійними а це можливо лише у випадку надійності мережевого з'єднання при мінімальному енергоспоживанні. Рішенням даних проблем може бути система побудована на базі технології Bluetooth Low Energy.

Споживаючи менше енергії, технологія Bluetooth з низьким енергоспоживанням запропонує тривале забезпечення зв'язку і з'єднання маленьких пристроїв типу датчиків і мобільних пристроїв в межах персональних мереж

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є побудова системи оптимізації енергоспоживання для розумного будинку на основі протоколу зв'язку Bluetooth Low Energy, основними складовими якої є:

- Smart Switch – розумна розетка з модулем Bluetooth LE, що відправляє дані про споживаний/генерований струм та напругу підключеного до неї електроприладу, поточну температуру, дозволяє здійснювати його комутацію за керуючим сигналом;

- Smart Dispatcher – сервер для комп'ютера, що забезпечує автоматизоване управління системою у з наступними функціями: збирає дані від усіх пристроїв системи; надає можливість користувачу переглядати статистику роботи електроприладів; надає можливість в ручному режимі підключати/відключати їх від електромережі; на основі отриманих даних в автоматичному режимі приймає рішення про комутацію електроприладів за наступними показниками, значення яких встановлюються користувачем у додатку (відключення приладу від мережі у разі отримання від нього даних про підвищену температуру; відключення приладу від мережі у разі аномальної зміни струму; відключення приладів у разі перевищення встановленого ліміту загальної споживаної потужності домогосподарства; відключення/підключення приладу від електромережі в залежності від встановленого для нього добового графіку роботи).

Об'єкт дослідження – програмно апаратний комплекс системи контролю та оптимізації споживання електроенергії.

Предметом дослідження є методи, підходи, програмні та апаратні засоби щодо побудови мережі пристроїв з метою контролю енергоспоживанням у розумному будинку.

Наукова новизна одержаних результатів. Під час розв'язання поставленої наукової задачі автором були отримані такі нові наукові результати:

- представлені експериментальні результати та запропоновано міру оптимізованого інтервалу сну, який врівноважує споживання енергії;

- розроблено концепцію мережевої комунікації та архітектуру пристрою для оптимізації енергоспоживання у розумному будинку;

- вперше запропоновано fuzzy-based алгоритм, який відстежує та контролює електроприлади в розумному будинку, плануючи зручний час для них.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено програмно-апаратний комплекс, який дозволяє ефективно керувати та оптимізувати енергоспоживання у розумному будинку.

Публікації. Результати роботи апробовано на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», м. Тернопіль 27-28 листопада 2019 року та VII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології», м. Тернопіль 11-12 грудня 2019 року.

Структура роботи. Робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Обсяг роботи: пояснювальна записка – 119 аркушів формату А4.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження, мету роботи, задачі, об'єкт, предмет, наукову новизну, практичне значення та публікації дипломних досліджень.

У першому розділі роботи “Аналіз існуючих рішень у протоколах зв'язку SMART HOME” проаналізовано переваги та недоліки технологій та протоколів безпроводної передачі даних, які використовуються в сучасних системах контролю розумним будинком.

У другому розділі “Розробка пристрою та побудова моделі комунікації для системи керування електричними пристроями” обґрунтовано вибір компонентної бази та енергоефективність BLE модуля, побудовано архітектуру безпроводної мережі, розроблено апаратну частину пристрою оптимізації енергоспоживання у розумному будинку.

У третьому розділі “Програмна реалізація інформаційної системи” розроблено алгоритм оптимізації енергоспоживання у розумному будинку, проаналізовано пакет програм-інструментів та бібліотек для реалізації програмного комплексу системи, розроблено програмний комплекс клієнт-серверної частини моніторингу і управління інформаційної системи.

У четвертому розділі “Обґрунтування економічної ефективності” обчислено показники економічної ефективності від застосування методу вибору оптимального рішення при реалізації програмних проектів, що дало можливість сформулювати висновок про доцільність проведення НДР.

У п'ятому розділі роботи “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях” проведено аналіз вимог з охорони праці і техніки безпеки при використанні комп'ютерної техніки, охарактеризовано заходи по підвищенню стійкості об'єктів, оснащених системою оптимізації енергоспоживання у розумному будинку. Розглянуто та описано заходи щодо попередження утворенню осередків ураження і зон забруднення при виробничих аваріях і катастрофах на підприємствах атомної та хімічної промисловості та допустимі дози опромінення та рівні радіаційного забруднення для безпечного проживання населення та функціонування суб'єктів господарювання.

У шостому розділ роботи “Екологія” розглянуто ефективність застосування альтернативних джерел отримання енергії та методику дослідження джерел забруднення промислових підприємств

ВИСНОВКИ

У ході виконання даного дипломного проекту було досліджено та побудовано систему оптимізації енергоспоживання для розумного будинку на основі технології Bluetooth Low Energy.

Було сформульовано основні вимоги до системи, досліджено існуючі підходи до вирішення схожих задач та виокремлено шляхи їх покращення.

Запропоновано та реалізовано архітектуру системи, що збирає дані про стан електроприладів, на їх основі дозволяє автоматизовано приймати рішення про їх включення або відключення з метою балансування навантаження внутрішньої електромережі, попередження несправностей та мінімізації фінансових витрат на електроенергію.

Система є дешевою, надійною та легкою для розгортання завдяки мінімізації кількості необхідного обладнання – вимагається лише наявність комп'ютера з вбудованим або зовнішнім адаптером Bluetooth 4.0 або вище.

Розроблена система повністю задовольняє усім поставленим вимогам та завданню дипломного проекту.

В якості елементів системи було спроектовано та розроблено на основі сімейства мікросхем Microchip два діючі макетні зразки пристроїв моніторингу і контролю електроприладів, що також відповідають усім поставленим вимогам.

Спроектований інтерфейс приладу “мікроконтролер-модуль Bluetooth LE” є універсальним і може бути використаний для розробки будь-яких приладів, для яких необхідна можливість їх моніторингу та керування з мінімальними енерговитратами за допомогою смартфона або комп'ютера (побутові прилади, промислове устаткування, інвертори відновлюваних джерел живлення тощо).

В подальшому планується вдосконалювати алгоритм розробленої системи шляхом впровадження технологій аналізу даних, таких як класифікація і регресія. Це дозволить зменшити час відповіді системи та автоматизувати вибір значень деяких налаштувань, які наразі формуються тільки вручну. Крім цього, в майбутньому, з появою промислових зразків модулів Bluetooth 5.0, буде оновлено модуль розробленого пристрою, що дозволить отримати значний приріст радіусу дії а також можливість для конфігурації mesh-топології Bluetooth мережі, що значно розширить її потенційні розміри та забезпечить більш надійний зв'язок пристроїв за умови наявності у приміщенні товстих стін.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

Камаєв В.Р. Аналіз комунікації пристроїв побудованих на базі технології Bluetooth Low Energy / Камаєв В.Р. // Матеріали VII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (11-12 грудня 2019 року) – Тернопіль, ТНТУ – 2019 – с. 52

1. Камаєв В.Р. Управління електроенергією у системах розумного будинку на базі технології Bluetooth Low Energy / Камаєв В.Р. // Матеріали VIII міжнародної

АНОТАЦІЯ

Система оптимізації енергоспоживання для розумного будинку на основі технології Bluetooth Low Energy // Дипломна робота // Камаєв Василь Романович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії, група СІм-61 // Тернопіль, 2019 // с. – 119, рис. – 50, табл. – 12, додат. – 1, бібліогр. – 27.

Ключові слова: РОЗУМНИЙ БУДИНОК, ДОМАШНЯ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЯ, МОНІТОРИНГ І КОНТРОЛЬ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ, РОЗУМНІ РОЗЕТКИ, BLUETOOTH LOW ENERGY, RN4020 BLE MODULE, DSPIC33FJ16MC102, NODEJS.

Дана робота присвячена дослідженню Smart Home систем, що базуються на основі різних протоколів бездротового зв'язку, та розробці системи оптимізації енергоспоживання для розумного дому.

У роботі розглядається побудова системи домашньої диспетчеризації на основі новітнього протоколу Bluetooth Low Energy з використанням сучасних технологій. Також пропонується пристрій моніторингу і контролю електроприладами, що є елементом даної системи. Запропоновано архітектуру, що має переваги перед існуючими системи в таких аспектах як надійність, швидкодія, простота розгортання та керування. Система є гнучкою завдяки можливості вибору режимів роботи (автоматичного або ручного) та зміни різноманітних налаштувань, що впливають на роботу алгоритму оптимізації.

В роботі наведено приклади роботи системи в різних режимах та за різних значень налаштувань алгоритму, що складається з сервера, розгорнутого на персональному комп'ютері, та двох розроблених макетних зразків пристроїв моніторингу і контролю.

ANNOTATION

Energy consumption optimization system for a smart house based on Bluetooth Low Energy technology // Master diploma thesis // Kamaiev Vasyl // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, group СІм-61 // Ternopil, 2019 // p. – 119, fig. – 50, tab. – 12, addit. – 1, bibliography – 27.

Key words: SMART HOME, HOME AUTOMATION, ELECTRICAL APPLIANCES' MONITORING AND CONTROL, SMART SOCKETS, BLUETOOTH LOW ENERGY, RN4020 BT LE MODULE, DSPIC33FJ16MC102, NODEJS.

This thesis is devoted to the study of Smart Home systems based on different wireless communication protocols and development of the household system for power consumption optimization.

In the course of this thesis the implementation of home automation system based on Bluetooth Low Energy protocol and other modern technologies is described. Also device for monitoring and control of electrical appliance's power consumption is proposed as an element of the described system. Devised system's architecture has advantages over existing

available solutions in terms of durability, performance, ease of deployment and support. Proposed system is flexible enough due to ability to switch system mode (automatic or manual) and adjust the optimization algorithm's settings.

System was deployed on laptop computer, integrating two developed working samples of the proposed monitoring and control device. Various scenarios for system's functioning were provided, describing different interaction types depending on current mode and chosen settings' values.