



Universitatea Tehnică a Moldovei

**ELABORAREA SISTEMULUI DE
ECONOMISIRE A ENERGIEI ELECTRICE
PENRU INFRASTRUCTURA SMART CITY
BAZAT PE TEHNOLOGIE ZigBee**

Masterand:

Belivac Iliia

Coordonator:

Jdanov Vladimir

Conf. univ. , Dr.

Chișinău, 2023

ADNOTAREA

Autor: Studentul Belivac I., gr. SCE-211M

Subiect: Elaborarea sistemului de economisire a energiei electrice (EE) pentru infrastructura SMART CITY bazat pe tehnologia Zigbee

Structura proiectului: constă din 56 pagini de titlu, aviz, rezumat, introducere, 3 capitoli, concluzii, bibliografie.

Cuvinte cheie: SMART CITY, Zigbee, economisire a energiei electrice, sensorii electrice.

Problematica studiului: sistemului de economisire a energiei electrice pentru infrastructura SMART.

Scopul lucrării: Elaborarea sistemului de economisire a energiei electrice pentru infrastructura SMART CITY bazat pe tehnologia Zigbee.

Obiectivele:

1. Analiza sistemelor existente de economisire a energiei "SMART CITY";
2. Să dezvolte un model de rețea pentru interacțiunea dispozitivelor ZigBee;
3. Să elaboreze o diagramă schematică pentru un sistem de control al iluminatului;
4. Elaborarea algoritmului și a software-ului pentru sistemul de control al iluminatului;
5. Să efectueze testarea dispozitivului.

Metodele aplicate la elaborarea proiectului: pentru a realiza proiectul, au fost parcurse etapele standard de proiectare a produselor hard pentru sisteme încorporate, tehnologia IoT.

Rezultatele obținute: Alegerea rețelei fără fir ZigBee pentru sistemul de economisire a energiei SMART CITY este justificată, topologia de tip mesh a rețelelor ZigBee permite crearea unei rețele tolerante la defecte cu topologie adaptivă în caz de interferențe în zona de acoperire a rețelei. Algoritmul sistemului de economisire a energiei este dezvoltat, ținând cont de graficul consumului de energie al infrastructurii. Sistemul de control ES al casei în modul automat îndeplinește următoarele sarcini

- controlul iluminării în diferite încăperi ale casei și a prezenței persoanelor în acestea;
- În caz de abatere de la parametrii setați și de prezență a persoanelor într-o încăpere, sistemul o reglează prin aprinderea și stingerea luminilor, controlul jaluzelelor și reglarea luminozității lămpilor LED;
- după setarea parametrilor, sistemul menține iluminarea în intervalul setat;
- Acest sistem are capacitatea de a seta parametrii de iluminare și de timp. aprinderea/oprirea corpurilor de iluminat.

SUMMARY

Author: Student Belivac I., gr. SCE-211M

Subject: Elaboration of an energy saving system for SMART CITY infrastructure based on Zigbee technology

Thesis structure: consists of 56 pages, Introduction, 3 chapters, Conclusions, Bibliography, Anexes

Keywords: SMART CITY, Zigbee, electricity saving, electrical sensors.

Study problem: Electricity saving system for SMART infrastructure.

Research area: Energy saving systems for SMART CITY infrastructure based on Zigbee technology

Thesis purpose: Development of electricity saving system for SMART CITY infrastructure based on Zigbee technology

Objectives:

1. Analysis of existing energy saving systems "SMART CITY";
2. To develop a network model for the interaction of ZigBee devices;
3. Develop a schematic diagram for a lighting control system;
4. Develop the algorithm and software for the lighting control system;
5. Perform device testing.

Applied methods: in order to carry out the project, the following steps were taken
Standard steps of hard product design for embedded systems, IoT technology.

Results obtained: The choice of ZigBee wireless network for SMART CITY energy saving system is justified, the mesh topology of ZigBee networks allows to create a fault-tolerant network with adaptive topology in case of interference in the network coverage area. The algorithm of the energy saving system is developed, taking into account the graph of energy consumption of the infrastructure. The ES control system of the house in automatic mode performs the following tasks

- control of lighting in different rooms of the house and the presence of people in them;
- in case of deviation from the set parameters and presence of people in a room, the system adjusts it by switching lights on and off, controlling blinds and adjusting the brightness of LED lamps;
- after setting the parameters, the system maintains the lighting within the set range;
- This system has the ability to set the lighting and time parameters. on/off switching of luminaires.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 7 |
| 1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ | 9 |
| 1. 1 Анализ требований к системе управления ЭС «SMART CITY» | 9 |
| 1. 2 Обзор и анализ существующих средств ЭС «SMART HOME»..... | 10 |
| 1. 2. 1 Классификация систем автоматического управления ЭС..... | 10 |
| 1. 2. 2 Автоматизированные системы автоматического управления ЭС.... | 12 |
| 1. 3. Беспроводные системы ЭС «SMART CITY» | 14 |
| 1. 3. 1. Сравнение технологий беспроводной передачи данных | 14 |
| 1. 3. 2 Особенности технологии BLUETOOTH..... | 15 |
| 1. 3. 3 Особенности технологии UWB..... | 16 |
| 1. 3. 4. Особенности технологии ZigBee..... | 17 |
| 1. 4. Системы ЭС «SMART CITY» на базе интерфейса RS485..... | 19 |
| 2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭС | 31 |
| 2. 1. Стандарты Bluetooth/ UWB..... | 31 |
| 2. 1. Обоснование выбора технологии сенсорной сети ZigBee. | 26 |
| 2. 2 Разработка обобщенной структуры системы управления ЭС | 27 |
| 2. 2. 1. Разработка сетевой модели системы управления освещением..... | 35 |
| 2. 2. 2. Выбор топологии сети ZigBee | 37 |
| 2. 2. 2 Структурная схема пульта для управления ЭС | 34 |
| 2. 3 Обоснование выбора аппаратного обеспечения системы ЭС..... | 38 |
| 2. 3. 1. Выбор микроконтроллера..... | 38 |
| 2. 4. Выбор датчиков для контроля ЭС..... | 42 |
| 2. 5. Разработка алгоритма управления ЭС..... | 44 |
| 3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭС | 47 |
| 3. 1 разработка лгоритма системы управления ЭС..... | 47 |
| 3.2. разработка системы управления ЭС на базе MajorDoMo | 51 |
| 3.3 Практическая реализация управления энергопотреблением..... | 53 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 58 |
| БИБЛИОГРАФИЯ | 60 |

ВВЕДЕНИЕ

Любая сфера человеческой жизнедеятельности: культурно-бытовая, социальная, производственная – требует организации системы освещения, объектов, зданий, помещений и т. Д. Несмотря на то, что количество используемой на освещение электроэнергии в процентном соотношении может показаться незначительным, в абсолютных значениях представляет собой достаточно высокую цифру. Кроме того, в современном мире, в процессе развития производительности труда, наблюдается тенденция роста доли энергии, используемой для освещения.

«Умный дом» – это система, которая умеет распознавать конкретные происходящие в доме ситуации и соответствующим образом реагировать на них. Одним из важнейших компонентов «Умного дома» является система управления ЭС. Ее применение обеспечивает не только особый комфорт в квартире или коттедже, но и значительный уровень экономии потребляемой электроэнергии.

Система Умный дом содержит центральный контроллер, который может управлять источниками света в различных помещениях с помощью сенсорных пультов, настенных панелей и других устройств. Кроме того, контроллер может управлять световыми приборами в соответствии со сценариями, которые заложены в памяти системы. Это позволяет включать светильники, расположенные в разных местах дома или комнаты [1].

С помощью панели управления можно включить освещение всего помещения или его часть, плавно изменять яркость освещения, или вообще выключить свет во всем доме с помощью одной кнопки. Система управления ЭС дома позволяет управлять световыми сценариями в нескольких помещениях одновременно.

Использование специальных фотоэлементов позволяет автоматически регулировать яркость световых приборов в зависимости от интенсивности естественного света, попадающего в помещение из окна. Применение датчиков движения позволяет автоматически включать свет при приближении человека и выключать, когда он удаляется (например, в коридоре или на лестнице).

Очевидно, что естественное освещение влияет на человека как в психологическом, так и в физиологическом плане. Однако деятельность человека не ограничивается рамками светового дня, а современные источники света еще не обладают достаточной эффективностью для того, чтобы полностью заменить дневное освещение. Одним из путей решения данной проблемы является сочетание искусственного и естественного освещения при максимально возможном использовании последнего. Такой подход общепринят среди

специалистов, занимающихся поиском новых решений по повышению энергоэффективности в освещении, а также среди врачей гигиенистов [2].

Уровень потребления электроэнергии на потребности освещения может быть существенно снижен благодаря применению оптимального режима работы осветительных приборов в любой момент времени. Наиболее экономичный режим применения электрического освещения в помещении может быть достигнут благодаря использованию средств автоматического управления ЭС.

Внедрение беспроводных сетей для управления осветительными приборами придает удобство в управлении ЭС. Беспроводные решения значительно упрощают и удешевляют процесс разработки систем, так как затраты на линии связи сводятся к минимуму. При внедрении таких систем применяют различные беспроводные технологии, одной из которых является ZigBee, что позволяет в короткие сроки развертывать сенсорные сети, используя при этом относительно недорогие маломощные передатчики.

Внедрение таких систем является одним из важнейших факторов энергосбережения и экономии ресурсов. Поэтому разработка современной, недорогой системы управления ЭС на основе беспроводных сенсорных сетей является актуальной задачей. Большинство таких сенсорных сетей энергосбережения «SMART CITY» строится на базе LAN LongRange.

Помимо существенных достоинств таких как, большая дальность до 10км и малое потребление до 1мВт, такие сети недостаточно надежны при возникновении помех в зоне работы сети. Причина заключается в звездообразной топологии сети. А mesh топология сетей ZigBee позволяет создать отказоустойчивую сеть с адаптивной топологией в случае возникновения помех в зоне действия сети.

Целью дипломного проектирования является разработка системы управления ЭС дома с использованием технологии беспроводных сенсорных сетей.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие **задачи**:

1. провести анализ существующих систем энергосбережения «SMART CITY»;
2. обосновать выбор беспроводной сети ZigBee для системы энергосбережения «SMART CITY»;
3. разработать сетевую модель взаимодействия устройств ZigBee;
4. разработать структурную схему для системы управления ЭС;
5. разработать алгоритм и программное обеспечение для системы управления ЭС;
6. разработать структуру системы управления с применением протокола ZigBee

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для достижения поставленных целей были получены следующие результаты:

1. Проведен анализ существующих систем энергосбережения «SMART CITY», в ходе выполнения работы были рассмотрены различные проводные и беспроводные технологии автоматизации дома, а также способы управления.
2. Обоснован выбор беспроводной сети ZigBee для системы энергосбережения «SMART CITY», т. к. эти сети адаптируются к возможным помехам и припятствиям инфраструктуры «SMART CITY», благодаря mesh технологии. Показано, что сеть ZigBee является наиболее перспективным решением, благодаря масштабируемости и отказоустойчивости.
3. Разработана сетевую OSI модель взаимодействия устройств ZigBee, позволяющая анализировать уровни взаимодействия элементов системы ЭС“С структуру системы ЭС.

1. Разработана структурная схема для системы управления ЭС; Система управления ЭС дома в автоматическом режиме выполняет следующие задачи

- контролирует освещенность в разных комнатах дома и присутствие в них людей;
- при отклонении освещенности от заданных параметров и наличии людей в помещении, система регулирует ее с помощью включения/выключения
- светильников, управление жалюзи и регулировка яркости светодиодных ламп
- после выставления параметров – система поддерживает освещенность
- заданном диапазоне;

Такая система имеет возможность выставления параметров освещенности и времени включения/выключение светильников.

2. Разработан алгоритм системы управления ЭС.

В автоматическом режиме управления ЭС микроконтроллер сканирует состояние датчиков движения в помещениях. В момент, когда система идентифицировала движение человека, микроконтроллер начинает измерять уровень освещенности помещения с помощью датчиков и аналого-цифрового преобразователя, сравнивая его с пороговым значением, заданным в параметрах системы. Если уровень освещенности ниже порогового значения, то микроконтроллер посылает команду включения освещения в соответствующей комнате.

6. Разработана система с применением протокола ZigBee, на основе микрокомпьютера Raspberry Pi 2 с установленной системой MajorDoMo для SMARTHOUSE. Практическое управление мощностью LED диммером ZigBee подтверждает работаспособность устройств.

Отличительной особенностью разработанного устройства является применение топологии mesh сетей. Сеть ZigBee с топологией позволяет избежать прерывание связи при наличии препятствий на территории SMARTHOUSE. Более того, эта технология относится к классу перспективных энергоэффективных транспондеров, где замена элементов питания происходит раз в несколько лет.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Ключко Ю. И. , Злотенко Б. М. Разработка интеллектуальной системы управления ЭС «умного дома» [Электронный ресурс] Технологии и дизайн. 2015. №2 (15).
2. Шурхаленко П. Г. Разработка интеллектуальной системы управления ЭС "умного дома". Теория и практика современной науки. 2019. № 6(48). С. 553-556.
3. Иоффе К. И. , Черкашина О. Л. Конспект лекций по дисциплине «Системы управление светотехническими устройствами» (для магистров дневной и заочной форм обучения специальности 141 – Электроэнергетика, электротехника и электромеханика (специализация «Светотехника и источники света»)). Харьков. нац. ун-т город. хоз-во им. А. М. Бекетова. – Харьков: ХНУМХ им. А. М. Бекетова, 2018. 57 с.
4. Сардин И. Проблемы функционирования беспроводных устройств Bluetooth и IEEE 802. 11 в нелицензируемом диапазоне ISM 2, 4ГГц и пути их решения. Беспроводные технологии. 2006. №3. С. 5-17.
5. Марат Гилязетдинов «Современные системы автоматизации для интеллектуального здания» // Control Engineering россия. апрель 2015г. URL:
<http://controleng.ru/avtomatizatsiya-zdaniy/sovremenny-e-sistemy-avtomatizatsii-dlya-intellektual-nogo-zdaniya/>
6. Какие бывают умные дома, [электронный ресурс]— URL:
<http://www.besmart.su/article/kakie-byvayut-umnye-doma>
7. Микросети 1-wire, [электронный ресурс]— URL: <Http://www.ab-log.ru/smart-house/1-wire/microlan>
8. Леонов А. Модулы ZigBee сокращают разработку совместимых продуктов вдвое. М. : Беспроводные технологии. 2007. С. 14-16.
9. Сидоренко Б. Продукция компании Atmel для беспроводных сетей IEEE 802. 15. 4/ZigBee/6loWPAN. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2009. №4. С. 30-36. Арк. КС КР
10. Денисенко В. В. HART-протокол: общие сведения и принципы построения сетей на его основе // Современные технологии безопасности, 2010. №3. С. 94-97.
11. Денисенко В. В. Протоколы и сети Modbus и Modbus TCP // Современные технологии автоматизации, 2010. №4. С. 94-98.
12. Branch M. , Bradley B. Real-time web-based system monitoring. - IEEE Industry Applications Magazine, Vol. 13, Issue 2, March-April 2007, p. 12 - 16.
13. Ludmila Pesa, Dinu Țurcanu. Computer networks: Practical examples solved to be introduced in computer networks. ISBN 978-9975-45-812-2. Chișinău, Publisher „Tehnica-UTM”, 2022.

14. Braun M. W. , Rivera D. E. , Stenman A. , Foslien W. , Hrenya C. Multi-level pseudo-random signal design and “model-on-demand” estimation applied to nonlinear identification of a RTP wafer reactor. - Proceedings of the 1999 American Control Conference, vol. 3, 1999, p. 1573 - 1577.
15. Brooks T. Wireless technology for industrial sensor and control networks. - Proceedings of the First ISA/IEEE Conference Sensor for Industry, 2001, p. 73 - 77.
16. Ву Т. З. анализ систем автоматизированного управления умным домом // Молодой ученый. — 2011. — №4. Т.1. — с. 28-31.
17. «Сети ZigBee. Зачем и почему?», [электронный ресурс], URL: <https://habrahabr.ru/post/155037/>
18. MajorDoMo — умный дом и домашняя автоматика своими руками, [электронный ресурс], URL: <http://majordomo.smartliving.ru>