

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică
Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală

Admis la susținere

Șef departament:

Lupan Oleg, prof.univ., dr.hab.

”_” _____ 2020

Implementarea și dezvoltarea nodului wireless de monitorizare a parametrilor mediului ambiant bazat pe Mesh Network

Teză de master

Student:

Galus Ina,

MN-191M

Conducător:

Railean Serghei,

conf. univ., dr.

Chișinău – 2020

ADNOTARE

la teza de master cu tema "Implementarea și dezvoltarea nodului wireless de monitorizare a parametrilor mediului ambiant bazat pe Mesh Network" a studentei Galus Ina

Lucrarea cuprinde 3 capitole, 22 figuri, 4 tabele și 29 surse bibliografice.

Cuvinte cheie: Bluetooth, Mesh network, nod wireless, Low Energy, senzori, ESP32, rețea, comunicare, implementare, dezvoltare, citire date, transmitere date.

Scopul lucrării constă în cercetarea, implementarea și dezvoltarea a două noduri prototip pe baza cărora urmează a se elabora o rețea de tip Mesh bazat pe comunicarea prin Bluetooth Low Energy.

Domeniul de cercetare îl constituie elaborarea logicii de comunicare dintre două noduri ale rețelei pe baza modulului Bluetooth Low Energy, datorită faptului că aceste module au consum de energie redus și sunt integrate pe placa de dezvoltare utilizată în cadrul acestui proiect și nu necesită un cost adițional pentru a fi utilizate și elaborarea logicii de comunicare dintre un nod și serverul de stocare a datelor prin modulul Wi-Fi.

Originalitatea științifică constă în faptul că nodurile prototip elaborate pot comunica atât între ele, cât și cu serverul de stocare a datelor fără necesitatea modificării sau adăugării componentelor hardware, respectiv fiecare nod poate fi reconfigurat la nivel de soft în dependență de cerințele față de acesta.

Valoarea practică constă în faptul că modulul Bluetooth Low Energy folosit pentru comunicarea dintre noduri are un consum redus de energie, fiind un factor foarte important pentru dispozitivele care dispun de o sursă de alimentare de tip baterie.

Teza constă din introducere, trei capitole, concluzii și bibliografie.

Capitolul 1 conține aspectul teoretic privind generațiile rețelelor de tip Mesh, rețele Wireless și rețele Mesh bazate pe Bluetooth, reguli de confidențialitate și securitate.

Capitolul 2 este constituit din prezentarea teoretică a plăcii de dezvoltare ESP32, parametrii tehnici, studiul tipurilor de senzori compatibili cu placa de dezvoltare care pot fi utilizați în scopul monitorizării mediului ambiant.

Capitolul 3 conține elaborarea soft-urilor pentru comunicarea dintre două noduri prin Bluetooth Low Energy, citirea datelor de la senzori, transmiterea acestor date către nodul client și transmiterea datelor către un server de stocare, testarea sistemelor informaționale elaborate și prezentarea rezultatelor obținute.

În concluzii se menționează că nodurile prototip elaborate pot fi dezvoltate și îmbunătățite pentru a corespunde cu cerințele față de sistemul integral care sunt într-o continuă evoluție.

ANNOTATION

to the thesis entitled "Implementation and development of the wireless node for monitoring the parameters of the environment based on Mesh Network" of the student Galus Ina

This paper includes 3 chapters, 22 figures, 4 tables and 29 bibliographical sources.

Keywords: Bluetooth, Mesh network, wireless node, Low Energy, sensors, ESP32, network, communication, implementation, development, data reading, data transmission.

The purpose of the paper consists in researching, implementation and development of two prototype nodes on the basis of which a Mesh network based on Bluetooth Low Energy communication will be developed.

The field of research is the elaboration of the communication logic between two nodes of the network based on the BLE module, due to the fact that these modules have low energy consumption and are integrated on the development board used in this project and do not require additional cost. to be used and the elaboration of the communication logic between a node and the data storage server through the Wi-Fi module.

The scientific originality consists in the fact that the developed prototype nodes can communicate both with each other and with the data storage server without the need to modify or add hardware components, respectively each node can be reconfigured at software level depending on the requirements.

The practical value is that the BLE module used for communication between nodes has a low power consumption, being a very important factor for devices that have a battery-type power supply.

The thesis consists of introduction, three chapters, conclusions and bibliography.

Chapter 1 contains the theoretical aspect of the generations of Mesh networks, Wireless networks and Bluetooth-based Mesh networks, privacy and security rules.

Chapter 2 consists of the theoretical presentation of the ESP32 development board, the technical parameters, the study of the types of sensors compatible with the development board that can be used in order to monitor the environment.

Chapter 3 contains the development of software for communication between two nodes via Bluetooth Low Energy, reading data from sensors, transmitting this data to the client node and transmitting data to a storage server, testing the information systems developed and presenting the results.

In conclusions it is mentioned that the developed prototype nodes can be developed and improved to meet the requirements of the integral system which are constantly evolving.

CUPRINS

INTRODUCERE	10
1 STUDIUL LITERATURII ÎN DOMENIUL ELABORĂRII REȚELELOR MESH	11
1.1 Rețeaua de tip Mesh	11
1.2 Wireless Mesh Network	13
1.3 Bluetooth Mesh Network	15
1.4 Senzori Bluetooth Mesh	20
1.5 Confidențialitate și securitate în rețeaua de tip Bluetooth Mesh	24
2 PROIECTAREA NODULUI WIRELESS DE MONITORIZARE A PARAMETRILOR MEDIULUI AMBIANT	28
2.1 Selectarea și proiectarea topologiei rețelei	28
2.2 Cercetarea plăcii de dezvoltare ESP32.....	29
2.3 Cercetarea senzorilor compatibili cu placa de dezvoltare ESP32.....	38
2.3.1 Senzorul cu efect Hall.....	38
2.3.2 Senzorul de temperatură	42
2.3.3 Senzorul cu ultrasunet	46
3 IMPLEMETAREA ȘI TESTAREA SISTEMELOR ELABORATE	48
3.1 Implementarea nodului Wireless de tip server.....	48
3.2 Implementarea nodului Wireless de tip client.....	52
3.3 Implementarea logicii de citire a datelor de la senzori	56
3.3.1 Citirea datelor de la senzorul cu efect Hall.....	57
3.3.2 Citirea datelor de la senzorul de temperatură DHT22.....	57

3.3.3 Citirea datelor de la senzorul cu ultrasunet HC-SR04.....	59
3.4 Transmiterea datelor de la nodul server către nodul client	61
3.5 Transmiterea datelor de la nodul client către serverul de stocare.....	62
3.6 Domenii de aplicare. Posibilități de extindere și dezvoltare.....	63
CONCLUZII	67
BIBLIOGRAFIE.....	68

INTRODUCERE

Tehnologia Bluetooth se utilizează pe larg la etapa actuală în diferite domenii, dovedindu-se a fi una performantă, rentabilă, dar și corespunde cerințelor privind impactul asupra mediului înconjurător. Putem ușor depista tendința spre perfecționare și consum al resurselor cât mai rațional în multe domenii, începând cu dispozitive simple precum fabricarea LED-urilor, și ajungând și la fabricarea mașinilor ecologice, cu consum redus de energie, dezvoltarea astfel numitor ”smart house”, și chiar oraș inteligent folosind diverse tehnologii.

De-a rândul anilor, odată cu toate tehnologiile s-a dezvoltat și tehnologia Bluetooth, care inițial fiind considerată drept o simplă înlocuire a firelor, a ajuns să fie inclusă în majoritatea dispozitivelor.

Tehnologia Bluetooth a fost creată pentru conectarea a două dispozitive care includ în ele modulele Bluetooth, conexiunea fiind de tipul 1:1. În prezent, cel puțin un modul Bluetooth este inclus în fiecare telefon mobil, folosit pentru conectarea dispozitivelor periferice pentru PC, precum mouse, tastatură, difuzoare fără necesitatea utilizării firelor fizice, de asemenea, în automobile ceea ce permite conectarea unui telefon la panelul de control al automobilului pentru monitorizarea stării generale a acestuia sau efectuarea unor operații la telefon fără a utiliza însăși telefonul.

Spre deosebire de rețelele deja bine cunoscute de tip Wi-Fi, o rețea bazată pe dispozitive Bluetooth are un consum de energie redus, respectiv dacă dispozitivul folosește energia furnizată de către baterii aceasta va opera mai mult timp, decât dacă ar folosi modulul Wi-Fi. De asemenea, se consumă mai efectiv resursele radio.

În dependență de cerințele inițiale ale unui produs trebuie selectată tipul rețelei care ar permite elaborarea sistemului dorit. În cadrul acestui proiect se propune cercetarea detaliată a tipurilor de rețele Mesh existente, selectarea unui tip concret, proiectarea arhitecturii sistemului în întregime și elaborarea sistemului ce include un număr specific de noduri (în cadrul cărora sunt integrați senzori de același tip sau diferit), care urmează să transmită datele colectate urmând cea mai optimă și scurtă cale, care în final sunt transmise prin rețeaua internet către un punct centralizat de stocare denumit în cadrul proiectului drept server.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Mesh Networking, Disponibil în: https://en.wikipedia.org/wiki/Mesh_networking. [Accesat la: 11.10.2020].
- [2] Wireless Mesh Network. Disponibil în: https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_mesh_network. [Accesat la: 11.10.2020].
- [3] How Wireless Mesh Networks work. Disponibil în: <https://computer.howstuffworks.com/how-wireless-mesh-networks-work.htm>. [Accesat la: 12.10.2020].
- [4] An overview of Wireless Mesh Network. Disponibil în: <https://www.intechopen.com/books/wireless-mesh-networks-security-architectures-and-protocols/an-overview-of-wireless-mesh-networks>. [Accesat la: 12.10.2020].
- [5] Bluetooth Mesh Network. Disponibil în: https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_mesh_networking. [Accesat la: 12.10.2020].
- [6] Bluetooth Mesh Network FAQs. Disponibil în: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/bluetooth-technology/topology-options/le-mesh/mesh-faq/>. [Accesat la: 12.10.2020].
- [7] Bluetooth Mesh Flooding in Wireless Sensor Network. Disponibil în: <https://ww2.mathworks.cn/help/comm/ug/bluetooth-mesh-flooding-in-wireless-sensor-networks.html?jsessionid=ca2370e432a8c55c1eef39ddf806>. [Accesat la: 12.10.2020].
- [8] A Mesh Sensor Network based on Bluetooth: Comparing Topologies to Crop Monitoring. Luan H. S. Alves, Elida Antunes, Ricardo Ferreira and Jose A. M. Nacif'. Disponibil în format pdf.
- [9] Bluetooth Now or Low Energy: Should BLE Mesh Become a Flooding or Connection Oriented Network? Yuri Murillo, Brecht Reynders, Alessandro Chiumento, Salman Malik, Pieter Crombez, Sofie Pollin. Disponibil în: <https://core.ac.uk/download/pdf/129864996.pdf> [Accesat la: 12.10.2020].
- [10] An intro to Bluetooth Mesh, Part 2. Available in: <https://www.bluetooth.com/blog/an-intro-to-bluetooth-mesh-part2/> [Accesat la: 12.10.2020].
- [11] Bluetooth Mesh Sensors. Disponibil în: https://developer.nordicsemi.com/nRF_Connect_SDK/doc/latest/nrf/include/bluetooth/mesh/sensor.html. [Accesat la: 12.10.2020].
- [12] Designing with Bluetooth Mesh: Device requirements. Disponibil în: <https://www.embedded.com/designing-with-bluetooth-mesh-device-requirements/>. [Accesat la: 12.10.2020].
- [13] Designing with Bluetooth Mesh: Privacy and Security. Disponibil în: <https://www.embedded.com/designing-with-bluetooth-mesh-privacy-and-security/> [Accesat on: 12.10.2020].

- [14] Structura de baza a topologiei rețelei de tip Mesh. Disponibil în: <https://radiocrafts.com/wp-content/uploads/2020/03/mesh-network-1.png> [Accesat la: 09.11.2020]
- [15] Espessif Products. ESP32. Disponibil în: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32> [Accesat la: 13.11.2020]
- [16] Getting Started with the ESP32 Development Board. Disponibil în: <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp32/> [Accesat la: 13.11.2020]
- [17] ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use? Disponibil în: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/> [Accesat la: 13.11.2020]
- [18] Electronica pentru toți. Sensor cu efect Hall. Disponibil în: <https://sites.google.com/site/bazeleelectronicii/home/electromagnetism/6-senzor-cu-efect-hall> [Accesat la: 21.11.2020]
- [19] Hall Effect Sensor. Disponibil în: <https://www.electronicstutorials.ws/electromagnetism/hall-effect.html> [Accesat la: 21.11.2020]
- [20] Five Key Applications of Hall Effect Sensors. Maureen VanDyke. 6 Noiembrie, 2019. Disponibil în: <https://www.magnelinkinc.com/blog/hall-effect-sensors-applications/> [Accesat la: 21.11.2020]
- [21] What is a temperature sensor? Danny Jost. 2 Iulie 2, 2019. Disponibil în: <https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-a-temperature-sensor> [Accesat la: 26.11.2020]
- [22] Temperature Sensors. Available in: https://www.electronicstutorials.ws/io/io_3.html [Accesat la: 26.11.2020]
- [23] Sensata Technologies 5003 1/2" Bimetal Disc Thermostats. Imagine. Disponibil în: <https://eu.mouser.com/new/sensata-technologies/senata-5003-thermostats/> [Accesat la: 26.11.2020]
- [24] NTC Thermistor. Imagine. Disponibil în: <https://www.indiamart.com/proddetail/ntc-thermistor-17397824197.html> [Accesat la: 26.11.2020]
- [25] What is an Ultrasonic Sensor? Danny Jost. 7 Octombrie, 2019. Disponibil în: <https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-ultrasonic-sensor> [Accesat la: 26.11.2020]
- [26] What is an Ultrasonic Sensor? Disponibil în: <https://www.keyence.com/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/> [Accesat la: 26.11.2020]
- [27] Functionality and technology of ultrasonic sensors. Disponibil în: https://www.baumer.com/de/en/service-support/function-principle/functionality-and-technology-of-ultrasonic-sensors/a/Know-how_Function_Ultrasonic-sensors [Accesat la: 01.12.2020]

- [28] ESP32 with DHT11/DHT22 Temperature and Humidity Sensor using Arduino IDE.
Disponibil în: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-dht11-dht22-temperature-humidity-sensor-arduino-ide/> [Accesat la: 03.12.2020]
- [29] ESP-MESH with ESP32 and ESP8266: Getting Started (painlessMesh library).
Imagine. Disponibil în: <https://randomnerdtutorials.com/esp-mesh-esp32-esp8266-painlessmesh/> [Accesat la: 09.12.2020]