

IMPLEMENTAREA NODULUI WIRELESS BAZAT PE MESH NETWORK PENTRU MONITORIZAREA MEDIULUI AMBIANT

Alexandr SEREACOV^{1*}, Ina GALUS²

¹Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Calculatoare Informatică și Microelectronica, Departamentul de Microelectronica și Ingineria Biomedicală, Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori, Chișinău, Moldova

²Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Calculatoare Informatică și Microelectronica, Departamentul de Microelectronica și Ingineria Biomedicală, Chișinău, Moldova

*Autorul corespondent: Alexandr Sereacov, e-mail: seryakov.alexandr@gmail.com

Abstract. Conceptul rețelelor descentralizate este bine cunoscut și stă la baza a mai multor topologii de rețea. Această lucrare descrie implementarea unei rețele descentralizate de senzori, bazate pe protocolul Bluetooth Mesh.

În lucrare este descris comportamentul nodurilor cât în regim de lucrul client-server, atât și în regim de lucrul relay/proxy/provisioner. Sunt demonstrate posibilitățile de a conecta un senzor bazat pe rețea de tip mesh cu o rețea bazată pe TCP/IP stack.

Cuvinte cheie: bluetooth, mesh network, monitorizare, rețea de senzori

Introducere

Ideea de a avea rețele distribuite autonome este importantă pentru aplicații practice. Însă, numărul total a dispozitivelor, volumul și caracterul de date care se transmit prin rețea, la fel și consumul de energie al fiecărui nod de rutare și transmitere nu permite rezolvarea acestei probleme tehnice pe scara globală. Astfel, la nivel local, implementarea rețelelor cu sute de dispozitive de o putere redusă poate să devină reală. Pentru a crea o rețea wireless descentralizată nu este destul doar de rezolvat problemele la nivel de hardware, dar și la nivel de software care rulează cu acest dispozitiv [1]. O abordare standardizată utilizată în această lucrare Bluetooth Mesh este utilizată pentru a proiecta și construi un prototip de o rețea de tip Mesh [2]. În această lucrare este descris comportamentul nodurilor în regim de lucrul client-server și sunt demonstrate posibilitățile de a conecta un senzor bazat pe rețea de tip mesh cu o rețea bazată pe TCP/IP stack.

Rețeaua de tip Mesh

În timp ce se proiectează o platformă pe bază de o Rețea Mesh, primul și cel mai important pas este investigarea capacităților dispozitivului. Este important să se ia în considerare termenul lung de viață a dispozitivului și necesitatea de a lucra în mod autonom pe întreaga durată de funcționare.

Câteva dintre caracteristicile/specificațiile care ar trebui luate în considerare înainte de a alege un dispozitiv pentru dezvoltarea aplicației Mesh sunt prezentate mai jos:

- Puterea de transmisie și sensibilitatea la recepție;
- Puterea de procesare;
- Module periferice suportate;
- Consumul energiei.

O altă problemă importantă este securitatea și credibilitatea datelor care se transmit prin intermediu rețelei Mesh. Securitatea nodurilor se realizează prin aplicarea procesului de aprovizionare în rețele de tip Mesh permite adăugarea în rețea numai a dispozitivelor de încredere și evită orice atac de tip „man-in-the-middle”. Cheile de securitate, cum ar fi cheia de rețea, permit crearea de subrețele, în timp ce cheile aplicației permit decodarea mesajelor mesh numai de către o anumită aplicație. Procedurile cheie de reînprospătare implementează eliminarea sigură a nodului și protejează împotriva atacurilor Trash-can. Atacurile de reluare sunt evitate prin adăugarea unui număr de ordine la fiecare mesaj. Ofuscarea mesajului protejează identitatea expeditorului. Toate aceste funcții fac rețea de tip Mesh să fie privată [3].

Dispozitiv cu interfața Bluetooth Mesh

Rețeaua care urmează a fi implementată trebuie să includă mai multe noduri de colectare a datelor din mediu de la senzori, aceștia la rândul lor pot fi de același tip sau de diferite tipuri, în dependență de scopul în care urmează a fi utilizat sistemul elaborat.

Fiecare dispozitiv care face parte din rețeaua implementată necesită câte un soft individual care are aspecte specifice predestinației acestuia. Inițial, un nod din rețea de tip server urmează să colecteze datele de la un singur tip de senzor, fie acesta este integrat pe placă sau conectat extern.

Nodul de tip client necesită un singur tip de soft, răspunzând de primirea și prelucrarea cererilor de la un nod server, atât și transmiterea acestor cereri prin intermediul rețelei fără a fi necesară parsarea și prelucrarea locală a acestora.

Ca platformă pentru un prototip este selectată placa ESP32. Aceasta poate fi configurată atât în calitate de client, cât și în calitate de server - motiv pentru care s-a optat pentru folosirea acestei plăci de dezvoltare. În cadrul acestui capitol urmează descrierea pe etape a implementării nodurilor de diferite tipuri.

Implementarea nodului Wireless de tip server

Nodul wireless de tip server are predestinația de a transmite în mod broadcast informația privind existența sa, astfel poate fi descoperit de către alte noduri din vecinătatea sa, iar informația furnizată poate fi citită de către un nod de tip client. Standardele utilizate pentru procesul de comunicare sunt descrise în lucrările precedente [4]. La această etapă urmează elaborarea codului sursă ce răspunde de transmiterea informației necesare pentru ca un nod client să se poată conecta la nodul server, dispunând de cheile necesare. Odată ce la nodul server se va conecta un nod client, acesta va începe transmiterea unui volum mic de informație către nodul care s-a conectat.

Pentru a crea un BLE server, codul sursă trebuie să execute următorii pași - figura 1:

1. Crearea unui BLE Server;
2. Crearea unui BLE Service;
3. Crearea unei caracteristici BLE a serviciului;
4. Crearea unui descriptor BLE a caracteristicii;
5. Lansarea serviciului;
6. Lansarea procesului de advertising, astfel încât acesta să poată fi găsit de către alte dispozitive.

Nodul de tip server este predestinat comunicării doar cu nodurile aflate în vecinătatea sa și nu include opțiunea de a transmite datele prin rețeaua Internet. Nodul server trebuie să aibă un consum redus de energie pentru a putea funcționa un timp îndelungat și în continuu, astfel fiind posibilă conectarea nodului la o sursă de alimentare de tip baterie.

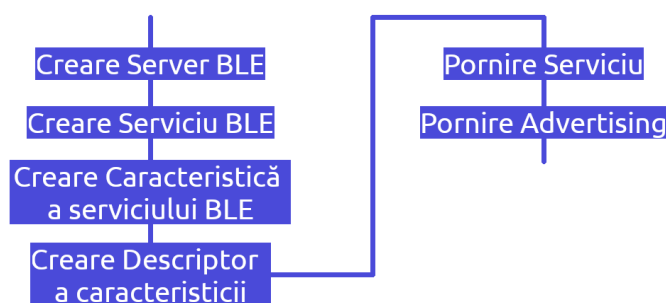


Figura 1. Modul de funcționare a nodului Server

Implementarea nodului Wireless de tip client

Nodul wireless de tip client are predestinația de a scana dispozitivele aflate în vecinătatea sa și odată ce a depistat un nod de tip server să se conecteze către acesta, folosind parametrii săi unici încapsulați în serviciu și caracteristică. La această etapă urmează elaborarea codului sursă ce

răspunde de primirea informației de la nodul server, verificarea cheilor necesare și conectarea în cazul validării acestora. Odată ce nodul client se conectează la nodul server, acesta din urmă va începe transmiterea unui volum de informație. Modul de funcționare a nodului de tip client este prezentat în schema din figura 2.

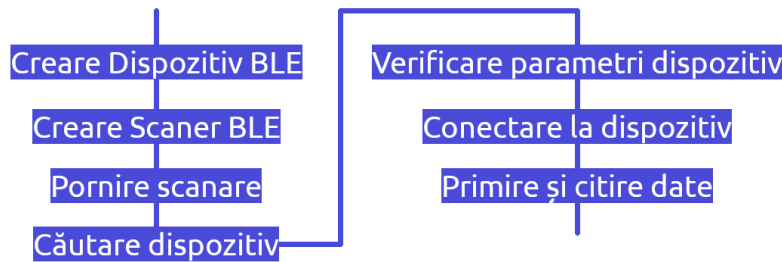


Figura 2. Modul de funcționare a nodului de tip client

Atât timp cât nodul client nu este conectat la un nod server, acesta efectuează o scanare continuă a dispozitivelor din vecinătatea sa, după care se verifică dacă parametrii corespund cu ai săi. Pentru cazul când parametrii nu corespund nodul depistat este ignorat, iar pentru cazul când aceștia corespund are loc încercarea de a conecta nodul client către nodul server.

Nodul client are două funcții de bază: recepționarea datelor de la nodurile aflate în vecinătatea sa și transmiterea datelor către un server de stocare a datelor. Fiecare dintre aceste funcții este îndeplinită prin două metode diferite. Nodul client trebuie să cunoască regulile de comunicare prin Bluetooth Low Energy pentru a putea recepționa datele de la dispozitivele ce dispun de informația necesară (în cazul dat informația colectată de la senzorii de diferite tipuri), iar pentru a fi posibilă transmiterea datelor către dispozitiv de stocare centralizat este necesar să cunoască și regulile de comunicare prin intermediul protocolului HTTP over TCP/IP.

Transmiterea datelor către server se efectuează folosind un format standard, și anume JSON. Acesta include informație precum identificatorul unic al sensorului de la care au fost citite datele, ora și data colectării datelor, valoarea citită de la pinii sensorului, tipul sensorului.

Datele pentru a fi transmise către server trebuie structurate sub un format standard. În cadrul acestui proiect s-a optat pentru următorul format:

```

[[
  "sensorId": "5a9a5173-4b81-4b54-8d84-ff1ea3185a89",
  "timestamp": 1606767903927,
  "measuredValue": 9.76
]]
    
```

Parametrul "sensorId" presupune un identificator unic conform standardului UUID care poate fi înțeles de oricare sistem și limbaj de programare avansat, tipul de date fiind șir de caractere (string). Parametrul "timestamp" reprezintă timpul colectării (anul, luna, data, ora, minute, secunde) când a fost colectată valoarea de la senzor în format long, iar un al treilea parametru "measuredValue" este valoarea citită de la senzor în format număr cu virgulă flotantă.

Pentru transmiterea datelor în formatul specificat mai sus către server se folosește request HTTP de tipul POST, spre exemplu:

```

POST /update-sensor HTTP/1.1
Host: example.com
    
```

```

{api_key: "api", sensor_name: "name", temperature: value1, humidity: value2, pressure: value3}
    
```

```

Content-Type: application/json
    
```

Concluzii

Rețelele Mesh constituie o tehnologie complexă care poate fi utilizată pe larg, în diverse domenii, fie în industrie, în agricultură sau în dezvoltarea unor încăperi inteligente. Aceasta permite dezvoltarea rețelelor cu o topologie cu grad de complexitate ridicat, ca avantaje având consumul redus al energiei, costul redus al modulelor, simplitatea în utilizare și configurare. Dezvoltarea rețelelor Mesh pe baza modulelor Bluetooth este un domeniu relativ nou care necesită cercetare în continuare, ajustare după cerințele actuale, îmbunătățire și dezvoltare pentru a extinde ariile de aplicare a acestora.

În cadrul rețelei create are loc transferul datelor de la și către un dispozitiv server care are rol de citire a datelor de la un senzor, prelucrarea acestora și transmiterea către un alt nod. Nodul client la rândul său primește datele transmise de către nodul vecin sau server și le transmite către serverul de stocare prin intermediul rețelei internet. S-a propus ca scop dezvoltarea în continuare a sistemului prin adăugarea mai multor noduri după măsura posibilităților, astfel fiind posibilă monitorizarea parametrilor mediului din mai multe puncte ale încăperii sau a unui spațiu deschis.

Mulțumiri.

Autorii își exprimă recunoștința față de proiectul AMOXES: Advanced Electro-Optical Chemical Sensors (NATO SPS G5634), Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori, și conducătorului științific Domnului profesor universitar, doctor habilitat Oleg Lupan pentru ajutorul acordat în implementarea acestui proiect și pentru suportul, sprijinul și ghidarea în timpul studiilor de masterat și doctorat. This research was sponsored in part by the NATO Science for Peace and Security Programme (SPS) under grant G5634 „Advanced Electro-Optical Chemical Sensors” AMOXES.

Referințe

1. SEREACOV, ALEXANDR “Perspectives of distributed monitoring nano-sensors based networks integration into the modern city infrastructure” In *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*, Chisinau, Moldova, March 22, 2019, ISBN 978-9975-45-588-6, pp.387-388;
2. S. SITHARAMA IYENGAR, RICHARD R. BROOKS. *Distributed Sensor Networks*. Chapman and Hall. 2016.
3. MARTIN WOOLLEY, “Bluetooth Mesh Networking”, Bluetooth, 2020
4. Hiertz, Guido., Denteneer, T., Max, Sebastian., Taori, Rakesh., Cardona, Javier., Berlemann, Lars., Walke, B. (2010). IEEE 802.11s: the WLAN mesh standard. *Wireless Communications, IEEE*. 17. 104 - 111. 10.1109/MWC.2010.5416357.