

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Electronică și Telecomunicații
Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice**

**Admis la susținere
Șefă departament TSE:
Tîrșu Valentina, conf. univ., dr.**

20 ianarie 2025

**Analiza tehnologiilor aplicate folosind rețele de
comunicații cu senzori**

Teză de master

Student:

**Gamarț Eugeniu,
gr. SCE-231M**

Conducător:

**Șestacova Tatiana
conf. univ., dr.**

Chișinău, 2025

ADNOTAREA

Autor: Gamarț Eugeniu, gr. SCE-231M

Tema: “Analiza tehnologiilor aplicate folosind rețele de comunicații cu senzori”

Structura lucrării: Constă din pagini de titlu, aviz, rezumat, introducere, 3 secțiuni, concluzie, bibliografie.

Cuvintele cheie: Rețele de senzori fără fir, senzori, aplicații, monitorizare, analiza datelor

Problematica studiului: Analiza avantajelor și limitărilor tehnologiilor aplicate utilizate în rețelele de comunicații cu senzori.

Scopul lucrării: Analiza tehnologiilor aplicate în rețelele de senzori fără fir, evidențierea evoluției, provocări și perspective ale tehnologiilor.

Obiectivele:

1. Analiza avantajelor și limitărilor tehnologiilor aplicate și protocoalelor de comunicații utilizate în rețelele de comunicații fără fir;
2. Analiza aspectelor de consum de energie, securitate și fiabilitate în rețelele de comunicații fără fir;
3. Studiarea evoluției dezvoltării rețelelor de senzori și elaborarea de propuneri pentru a îmbunătăți eficiența acestei tehnologii.
4. Analiza și compararea performanței tehnologiilor în rețelele de comunicații cu senzori.
5. Identificarea provocărilor actuale în implementarea și utilizarea rețelelor de senzori fără fir, precum și a soluțiilor pentru depășirea acestora.
6. Lansarea unei rețele de senzori bazate pe exemplu de rețea ZigBee.

Metodele aplicate: Analiza comparativă

Rezultatele obținute: Rezultatele tezei demonstrează o înțelegere aprofundată a rețelelor de senzori, analizând tehnologiile, protocoalele, aspectele critice (consum, securitate, fiabilitate) și aplicațiile practice. Se compară performanțele, se oferă recomandări pentru diverse scenarii, se analizează impactul asupra societății și se propun îmbunătățiri pentru depășirea provocărilor actuale, oferind o imagine completă a domeniului.

ANNOTATION

Author: Gamarț Eugeniu, gr. SCE-231M

Title: “Analysis of applied technologies using sensor communication networks”

Thesis structure: Consists of title pages, annotation, introduction, 3 chapters, conclusions, bibliography.

Keywords: Wireless sensor networks, sensors, applications, monitoring, data analysis

Research area: Analysis of the advantages and limitations of applied technologies used in sensor communication networks.

Thesis purpose: Analysis of applied technologies in wireless sensor networks, highlighting the evolution, challenges, and perspectives of the technologies.

Objectives:

1. Analysis of the advantages and limitations of applied technologies and communication protocols used in wireless communication networks;
2. Analysis of energy consumption, security, and reliability aspects in wireless communication networks;
3. Studying the evolution of sensor networks and developing proposals to improve the efficiency of this technology.
4. Analysis and comparison of the performance of technologies in sensor communication networks.
5. Identifying current challenges in the implementation and use of wireless sensor networks, as well as solutions to overcome them.
6. Launching a sensor network based on the ZigBee network example.

Applied methods: Comparative analysis

The obtained results: Analysis of the advantages and limitations of applied technologies used in sensor communication networks. The carried out studies demonstrates a deep understanding and analysis of sensor networks, technologies, protocols, critical aspects (consumption, security, reliability), and practical applications. It compares performance, provides recommendations for various scenarios, analyzes the impact on society, and proposes improvements to overcome current challenges, offering a comprehensive view of the field.

CUPRINS

INTODUCERE	7
1 ANALIZA TEHNOLOGIILOR APLICATE ÎN REȚELELE DE COMUNICAȚII FĂRĂ FIR	9
1.1 Istoria dezvoltării rețelelor de comunicații cu senzori.....	9
1.2 Rețelele de senzori timpurii.....	12
1.3 Evoluție și îmbunătățiri.....	15
1.4 Prezentarea generală a tehnologiilor existente ale rețelelor de senzori.....	19
2 ANALIZA ȘI COMPARAREA TEHNOLOGIILOR ÎN REȚELE DE COMUNICAȚII CU SENZORI	23
2.1 Tehnologia Wi-Fi în rețelele cu senzori	23
2.2 Bluetooth și consum redus de energie (BLE)	24
2.3 Tehnologie mesh ZigBee.....	26
2.4 Protocolul fără fir Z-Wave.....	27
2.5 Tehnologia LoRa (rază lungă de acțiune)	29
2.6 Rețele celulare (LTE-M, NB-IoT).....	30
2.7 Particularitățile tehnologiei Ultra Wideband (UWB).....	32
2.8 Aplicații și domenii de utilizare ale rețelelor de comunicații cu senzori.....	34
3 EXEMPLU DE LANSARE A UNEI REȚELE DE SENZORI BAZATE PE REȚEAUA ZIGBEE	58
3.1 Informații generale despre modulele XBee Series 2.....	58
3.2 Lansarea unei rețele ZigBee simplă.....	63
3.3 Nodurile dormitoare în rețeaua ZigBee.....	66
3.4 Senzor de temperatură pe modulul XBee.....	69
3.5 Probleme și perspective pentru dezvoltarea rețelelor de senzori.....	72
CONCLUZII	73
BIBLIOGRAFIE	75

INTODUCERE

În ultimele decenii, dezvoltarea rapidă a tehnologiilor wireless și avansul semnificativ în miniaturizarea dispozitivelor electronice au catalizat apariția și creșterea utilizării rețelelor de senzori fără fir (Wireless Sensor Networks - WSN). Aceste rețele au devenit o componentă esențială în tehnologia informațiilor și comunicațiilor, oferind soluții inovatoare și eficiente pentru monitorizarea și colectarea datelor în timp real dintr-o varietate de medii și aplicații. De la monitorizarea parametrilor de mediu și industriali până la aplicații de sănătate și siguranță publică, rețelele de senzori reprezintă una dintre cele mai promițătoare inovații pentru un viitor conectat.

Rețelele de senzori fără fir se remarcă prin capacitatea lor de a opera autonom într-o gamă variată de condiții, inclusiv în locații izolate sau greu accesibile. Aceste rețele constau în noduri senzoriale interconectate, echipate cu componente de captare a datelor, procesare și comunicație, care transmit informațiile către centre de procesare centralizate sau distribuite. Acest sistem flexibil și scalabil le permite să fie utilizate într-o multitudine de aplicații critice, începând de la domeniul militar și până la cel al caselor inteligente.

Scopul prezentei lucrări este de a analiza în detaliu tehnologiile aplicate în rețelele de senzori fără fir, evidențiind evoluția, provocările și perspectivele acestor tehnologii. Această analiză vizează nu doar explorarea aspectelor teoretice, ci și identificarea celor mai relevante soluții practice pentru o implementare eficientă și sustenabilă a acestor rețele.

Pentru a atinge acest scop, este necesar să se rezolve următoarele **obiective**:

1. Analiza avantajelor și limitărilor tehnologiilor aplicate și protocoalelor de comunicații utilizate în rețelele de comunicații fără fir;
2. Analiza aspectelor de consum de energie, securitate și fiabilitate în rețelele de comunicații fără fir;
3. Studiarea evoluției dezvoltării rețelelor de senzori și elaborarea de propuneri pentru a îmbunătăți eficiența acestei tehnologii.
4. Analiza și compararea performanței tehnologiilor în rețelele de comunicații cu senzori.
5. Identificarea provocărilor actuale în implementarea și utilizarea rețelelor de senzori fără fir, precum și a soluțiilor pentru depășirea acestora.
6. Lansarea unei rețele de senzori bazate pe exemplu de rețea ZigBee.

Lucrarea găsește un echilibru între analiză teoretică și abordări practice, punând accent pe relevanța și viitorul tehnologiilor bazate pe rețele de senzori. În acest context, se propune o perspectivă complexă și bine fundamentată asupra unui domeniu aflat în plină expansiune, care promite să transforme modul în care interacționăm cu lumea din jurul nostru.

BIBLIOGRAFIE

1. **Gheorghe Huzum** *Rețele de senzori wireless*
2. **Nicolae Țăpuș** *Tehnologii și sisteme de comunicații fără fir*
3. **Adrian Dobre și Ion Bica** *Rețele și protocoale de comunicații*
4. **Constantin Țurcu și Alin Moldoveanu** *Internetul lucrurilor și aplicațiile sale*
5. **Nicholas W. Taylor** *The Z-Wave Handbook*
6. **Yick Mukherjee** *Wireless sensor network survey.*
7. **Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013)** *Internet of Things*
8. **IEEE Standard 802.15.4-2020** *Low-Rate Wireless Personal Area Networks*
9. **LoRa Alliance (2020)** *LoRaWAN Specification.*
10. **Bluetooth SIG (2019)** *Bluetooth Core Specification*
11. **Lima, D., Mili, L., & Song, Y. (2022)** *Wireless Sensor Networks*
12. **Hossen, M. A., & Kumar, V. (2020)** *Wireless Sensor Networks and Internet of Things*
13. **Nathan J. Muller.** *Wireless Networking: ZigBee, Z-Wave, Wi-Fi and Bluetooth*
14. **Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului** [accesat 09.11.2024].
Disponibil: www.calitateaer.ro
15. **Kit development xbee series 2** [accesat 09.12.2024]. Disponibil: www.digikey.co.uk
16. **Kit development xbee series 2** [accesat 10.12.2024]. Disponibil: <https://www.openhacks.com>
17. **GUL, F., TUDOSE, D., ȚURCANU, T.** A Versatile IoT Development Board for Environmental Sensing and Biometric Applications. In: 23rd RoEduNet Conference: Networking in Education and Research (RoEduNet). 19-20 September, 2024, Bucharest, Romania.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/10722601>
18. **SAVA L., TÎRȘU V., PLĂMĂDEALĂ C.** *Performance evaluation of microtik routers according to electromagnetic compatibility testing standards.* În: *Electrotehnica, Electronica, Automatica*, vol.72/4, p.57-61. Romania, Sibiu: ISSN: 2392-828X, categoria B+ [accesat 15.12.2024].
Disponibil: <https://eea-journal.ro/articles-and-issues/current-issues/>
19. **TÎRȘU V., CERBU O.** *Interactive visualization of geographical data using proxmox and modern technologies.* In: *The scientific heritage. Economic Sciences.*, Vol.1 № 142 (142), 2024, p.21-26. Budapest, Hungary. ISSN 9215 — 0365, Cosmos Impact Factor - 3.336 SJIF Impact Factor - 5.78 DOI: , Categoria B+ [accesat 15.12.2024]. Disponibil: <http://www.scientific-heritage.com/ru/arhiv/>