

Lucrarea 9 Rețele senzoriale fără fir

1. Obiectivul lucrării

Lucrarea își propune să prezinte principiile de comunicație în rețele senzoriale fără fir și exemplificarea acestora prin două implementări practice.

2. Considerații teoretice

2.1 Rețele senzoriale fără fir

Rețelele senzoriale fără fir au cunoscut în ultima perioadă o dezvoltare semnificativă. Au apărut atât tehnici și protocoale noi de comunicație cât și implementări fizice de noduri de rețea bazate în principal pe microcontroloare și procesoare de semnale mixte (eng. MSP – Mixed Signal Processors).

În cazul acestor tipuri de rețele cele mai importante obiective de proiectare sunt:

- configurarea automată a rețelei – stabilirea unor rute optime de la nodurile rețelei la un punct de concentrare a datelor
- asigurarea conectivității între noduri în prezența unor defecte – stabilirea de noi trasee de comunicație în cazul în care anumite noduri devin inactive sau se defectează
- asigurarea unui consum de energie minim la nivelul nodurilor de rețea – pentru a asigura o durată de viață cât mai lungă pentru bateriile cu care se alimentează nodurile; se caută un optim între perioada de transmisie a datelor (transmisia fiind consumatoare de energie) și consumul nodurilor
- structurarea și fuziunea datelor culese de către senzori (eng. sensor fusion) – construirea unei imagini coerente asupra stării mediului sau procesului controlat prin suprapunerea și agregarea datelor transmise de fiecare nod
- stabilirea unui optim între puterea de transmisie a unui nod și distanța de acoperire – reglarea puterii de transmisie în funcție de distanțele dintre noduri și având în vedere reducerea consumului

Un nod de rețea se compune dintr-un circuit inteligent (microcontrolor, procesor de semnal sau procesor de semnale mixte), un sau mai mulți senzori și un circuit specializat de transmisie și recepție radio. În circuitul inteligent se înscrie un program (eng. firmware) care implementează protocolul de comunicație în rețea și procedura de achiziție, filtrare și stocare temporară a datelor. Pentru noduri mai complexe funcțiile de comunicație și cele legate de achiziția datelor sunt implementate separat în 2 circuite de tip microprocesor.

Senzorii de la nivelul unui nod generează fie semnale digitale, fie semnale analogice. Aceste semnale sunt preluate de interfața paralelă și respectiv de interfața analogică a microcontrolorului. Uneori sunt necesare circuite de adaptare pentru amplificarea, filtrarea și eșantionarea semnalelor generate de senzori

Transmisia datelor se face cu ajutorul undelor radio. Se folosesc de obicei anumite benzi frecvență destinate pentru uz industrial, științific și medical (benzi ISM – industrial, scientific and medical), pentru care nu trebuie să se folosească o licență de transmisie. Frecvențele de transmisie variază de la 6,78MHz până la 254GHz. Pentru comunicația în rețea se folosesc cu precădere frecvențele: 2450MHz (Bluetooth), 5800MHz (HIPERLAN) 2450 MHz și 5800 MHz (standardul IEEE 802.11). Datorită lipsei de restricții privind utilizarea acestor frecvențe proiectanții trebuie să ia în calcul

posibilitatea apariției unor interferențe cu alte echipamente care comunică pe aceeași frecvență.

În cadrul lucrării se folosesc două tipuri de circuite de transmisie/recepție (transceiver) radio: CC2500 și CC2480, produse de firma Texas Instruments. Circuitul CC2500 este un transceiver de cost redus, care comunică pe frecvența de 2,4GHz și care a fost special proiectat pentru a lucra cu un consum cât mai mic de energie. Circuitul oferă suport pentru administrarea pachetelor, pentru memorarea temporară a acestora, pentru detectarea unui canal liber și pentru măsurarea calității transmisiei. Circuitul CC2480 este un transceiver similar ca și cost și consum, dar folosește ca și frecvență de comunicație 2,4GHz. Circuitul asigură funcționalitatea impusă de protocolul ZigBee (protocol pentru rețele fără fir de tip “mesh”).

2.2 Sisteme de dezvoltare pentru rețele senzoriale

2.2.1 Sistemul eZ430-RF2500

Acest sistem (oferit de firma Texas Instruments) conține elementele minime necesare pentru realizarea unei rețele senzoriale care lucrează pe frecvența radio de 2500MHz. Are în componență o unitate conectabilă la un calculator PC prin interfața USB și un nod de rețea; unitatea conectată la calculator achiziționează mesajele transmise prin undă radio de la nodurile rețelei; se compune dintr-o parte de interfață USB și o unitate de comunicație radio.

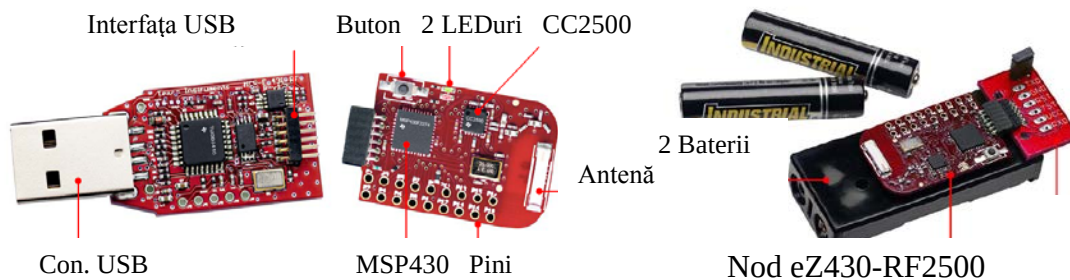


Figura 1. Elementele sistemului de dezvoltare eZ430-RF2500

Ambele unități au în componență un procesor de semnale mixte **MSP430-F2274** și un circuit de comunicație radio **CC2500**. Procesorul conține printre altele: 2 timere de 16 biți, un canal serial de comunicație, un convertor analog-numeric de 10 biți, 2 amplificatoare operaționale și interfață paralelă cu 32 de semnale digitale

Principalele caracteristici tehnice ale sistemului de dezvoltare sunt:

- facilități de programare și depanare prin interfața USB
- 21 de pini pe care se pot conecta diverse dezvoltări
- procesor cu consum de curent extrem de mic care lucrează la 16MHz
- 2 LED-uri de semnalizare vizuală (galben și roșu)
- buton de întrerupere
- distanța de transmisie de 140m la o viteză de transmisie de 10kbps și de 90m la 250kbps

Pentru dezvoltarea de aplicații pe platforme cu MSP430 se pot folosi mediile de programare *TI Code Composer Essentials Evaluation v2.04* sau *IAR Workbench*

KickStart Version 4.09A. Ambele instrumente se găsesc pe CD-ul de instalare al sistemului de dezvoltare. Aceste medii oferă facilități de editare, asamblare sau compilare (din limbajul C), descărcare program pe dispozitivul țintă și depanare.

2.2.2 Sistemul *eZ430-RF2480*

Este un sistem de dezvoltare pentru o rețea de tip 2.4GHzZigBee, care are la bază procesorul MSP430 și transceiverul CCs480. Ca și în cazul precedent sistemul are în componență o unitate conectabilă la calculator prin interfață USB și un nod de rețea.

Caracteristici tehnice ale sistemului de dezvoltare sunt:

- procesor de consum extrascăzut MSP430
- 5 pini de extensie de intrare/ieșire
- 2 LED-uri pentru semnalizare vizuală
- un buton de întrerupere



Figura 2 Sistemul de dezvoltare *eZ430-RF2480*

Pentru dezvoltare de aplicații se folosește mediul *IAR Embedded Workbench for MSP430*.

Software-ul pentru un nod de rețea are o structură stratificată, organizată pe 3 nivele de abstractizare:

- **Nivelul aplicație** – pachet ce conține o serie de exemple de aplicații cu acces la modulul RF și HAL
- **Remote Procedure Call (RPC)** – implementează un protocol simplu RPC pentru transmisia și recepția pe o interfață de tip SPI
- **Hardware Adaptation Layer (HAL)** – conține componente care asigură accesul la resursele fizice ale sistemului: senzor, LED-uri, buton, timere, interfața serială asincronă (UART), etc.

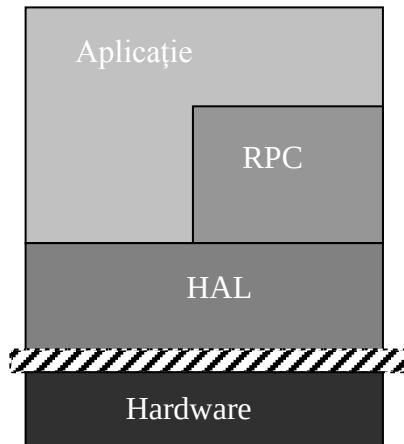


Figura 3 Structura software-ului

Se observă că exemplele de la nivelul Aplicație au acces la resursele fizice fie direct prin nivelul HAL fie prin funcții RPC. Detalii privind exemplele de programare pot fi găsite în documentația sistemului de dezvoltare.

2.3 Funcționarea rețelei

Cele două unități ale unui sistem de dezvoltare sunt preprogramate cu câte un firmware ce asigură comunicatia în rețea. Firmware-ul pentru unitatea conectată la PC implementează funcțiile unui punct de acces (eng. AP-Access Point); acest nod funcționează în permanență și administrează rețeaua. De asemenea recepționează mesaje de la celelalte noduri ale rețelei (unul singur în cazul de față) și le transmite mai departe pe interfața USB la aplicația de monitorizare.

În a doua unitate firmware-ul implementează funcția unui dispozitiv terminal (eng. ED – end device). Acest nod transmite periodic, o dată pe secundă, datele culese de la senzori: temperatura și tensiunea bateriei.

3. Mersul lucrării

3.1 Instalarea și testarea modulului *eZ430-RF2500*

3.1.1 Instalarea unui mediu de programare și depanare pentru MSP430; pe CD-ul atașat sistemului se găsesc cele două medii descrise anterior; de pe CD se lansează instalarea unuia dintre medii

3.1.2 Instalarea componentelor hardware: se introduce una dintre unități în interfața USB a calculatorului, și se alimentează cu 2 baterii tip AAA nodul autonom de rețea (se fixează jumper-ul pentru alimentarea modulului); softul aferent pentru interfață se instalează automat; opțional când se solicită software-ul pentru MSP430 Application UART se permite Windows-ului să instaleze automat software-ul (acest lucru este posibil dacă în prealabil s-a instalat IAR Kickstart).

3.1.3 Se lansează aplicația *eZ430-RF Temperature Demo PC* (SensorMonitorGUI.exe) disponibilă pe CD; aplicația vizualizează grafic datele

primit de la nodurile rețelei; pentru informații suplimentare privind aplicația se selectează *Help* din meniu.

3.2 Instalarea și testarea modului *eZ430-RF2480*

????????????????

3.3 Să se scrie un program pentru cele două sisteme de dezvoltare care citește continuu temperatura, tensiunea bateriei și intensitatea semnalului radio, în mod continuu.

Referințe

1. *eZ430-RF2500 Development Tool User guide (disponibil pe CD)*
2. *A wireless sensor monitor using the eZ430-RF2500 (disponibil pe CD)*
3. *eZ430-RF2480 user's guide*