

# Jedna realizacija bežične senzorske mreže

Gavriilo Bjeković

**Sadržaj** — U ovom radu predstavljena je jedna moguća realizacija bežične senzorske mreže, kao i njena modifikacija u smislu da se podaci iz nje ne šalju direktno u bazu podataka nego posredstvom interneta na udaljenu proizvoljnu lokaciju. Ukazano je na probleme koji se mogu javiti pri ovakvoj realizaciji te mogući načini njihovog otklanjanja, kao i prednosti ovakve realizacije pri formiranju više bežičnih senzorskih mreža.

**Ključne reči** — baza podataka, bežična senzorska mreža, GPRS modem, mikrokontroler, UDP/IP protokol.

## I. UVOD

Ovaj rad bavi se formiranjem bežičnih senzorskih mreža, odnosno problemima prikupljanja podataka iz više ovakvih mreža, slanja i preuzimanja podataka putem interneta (GPRS-General Packet Radio Service konekcijom) te njihovog skladištenja u bazu podataka i dalje obrade.

Bežična Senzorska Mreža (BSM, eng. Wireless Sensor Network-WSN) je distribuirani sistem koga čini polje senzora različitog tipa međusobno povezanih bežičnom komunikacionom mrežom. Podaci sa izlaza senzora su deljivi, a dovode se na ulaz distributivnog sistema radi njihove procene (estimacije). Zadatak distributivnog sistema je da na osnovu dostupnih podataka sa senzora izdvoji najverovatniju informaciju o fenomenu koji se nadgleda.

Osnovne karakteristike bežičnih senzorskih mreža su:

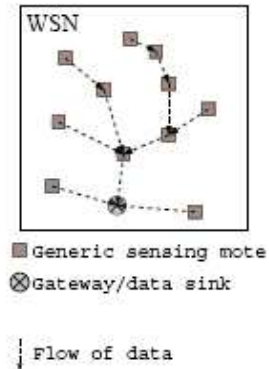
- visoka pouzdanost u radu
- relativno visoka tačnost
- fleksibilnost
- niska cena
- lako raspoređivanje senzora u prostoru

Bežična senzorska mreža se formira od individualnih multifunkcionalnih senzorskih čvorova (motova). Gradivni blokovi ovih motova su:

- senzor: generator podataka
- radio primo-predajnik: predaje svoje ili prosleđuje kroz mrežu podatke koje je primio od svojih suseda (rutira podatke)
- jedan ili više procesora: kontrolišu rad senzora i primo-predajnika, procesiraju podatke, i implementiraju mrežne i protokole za rutiranje

U najvećem broju slučajeva BSM se realizuju kao data-centric, a ne kao address-centric sistemi. To znači da se upiti (queries) upućuju regionu koga čini topološki

uređena grupa (cluster) senzora, a ne specifičnoj adresi senzora. U okviru jednog cluster-a postoji jedan agregator čvor (bazna stanica), koji sakuplja podatke od motova pridruženih tom cluster-u, analizira ih, agregatira, i nakon prozivke predaje.



Sl. 1. Primer Bežične Senzorske Mreže

U suštini, zbirna analiza lokalnih podataka se obavlja od strane agregator čvora u okviru cluster-a. Time se u značajnoj meri redukuju zahtevi koji se odnose na komunikacionu propusnost. Agregacijom podataka povećava se nivo tačnosti, a istovremeno inkorporira redundantnost podataka čime se kompenziraju kvarovi u čvorovima. Imajući u vidu da su senzorski moduli baterijsko napajani uređaji, i da je dostupna energija od baterije ograničena, energetska efikasnost modula ima direktan uticaj na vreme života senzora. Kada modul prestane sa radom, ne prestaje samo njegovo prikupljanje podataka, nego mreža gubi raspoloživost modula da dalje prosleđuje (rutira) podatke. Zbog prethodno pomenutog, energetska efikasnost ima direktan uticaj na to koliko dugo će ne samo individualni senzori nego i cela mreža uspešno funkcionisati.

Postoje dva tipa motova koji se uglavnom razlikuju po tome u koji se tip mreža ugrađuju:

- Proactive Networks: čvorovi u mreži periodično uključuju senzore, izmere veličinu od okruženja, i predaju podatke koji su od interesa
- Reactive Networks: su mreže kod kojih su čvorovi sve vreme budni i trenutno reaguju na nagle promene u mreži. Ovi tipovi čvorova su pogodni za aplikacije sistema koji rade u realnom vremenu.

## II. OPIS KORIŠĆENOG SISTEMA

U ovom projektu je korišćen MEP-SYS410 sistem. MEP-SYS410 sistem poseduje dva tipa senzorskih motova, a to su MEP410 i MEP510. Svaki od njih je programiran sa senzorskom aplikacijom koja komunicira i

G. Bjeković, Fakultet Tehničkih Nauka, Trg D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija; (telefon: 381-64-2203943; e-mail: gasho10@gmail.com).

prenosi podatke nazad do bazne stanice kroz multihop meš mrežu.

MICA mot tehnologija je ugrađena u module i pokreće XMesh-dostupnu senzorsku aplikaciju. XMesh je otvoren, fleksibilan, dokazan ad-hoc meš mrežni protokol stek koji je razvio Crossbow. Crossbow-ov XMesh softver algoritam nudi laku instalaciju na višestrukim sigurnosnim tačkama bez korišćenja žičanih ripiterskih nodova.

Prikaz podataka iz senzorske mreže se ostvaruje pomoću MOTE-VIEW aplikacije.

MEP-SYS410 sistem sadrži (Sl. 2.):

- Dva MEP410 senzor noda
- Četiri MEP510 senzor noda
- Jednu MBR410 baznu stanicu
- MOTE-VIEW 1.2a aplikaciju
- Jedan RS-232 (Recommended Standard 232) serijski

kabel kojim se povezuje MBR410 bazna stanica sa serijskim portom na PC računaru



Sl. 2. MEP-SYS410 sistem

### A. Motovi

MEP410 senzor nod je multisenzorska platforma. Ima dva senzorska porta. Osnovne hardverske karakteristike su mu:

- MICA mot tehnologija koja pokreće XMesh-dostupnu senzorsku aplikaciju
- Senzori za praćenje uslova u okruženju (npr. senzor za merenje osvetljenja, digitalni senzor za merenje spoljašnjeg i unutrašnjeg nivoa vlažnosti sa ugrađenim temperaturnim senzorom, digitalni senzor za merenje barometarskog pritiska)

MEP510CA je senzor nod sa integrisanim digitalnim senzorom za merenje relativne vlažnosti i temperature. Osnovne hardverske karakteristike su mu:

- MICA mot tehnologija koja pokreće XMesh-dostupnu senzorsku aplikaciju
- Digitalni spoljašnji senzor za merenje relativne vlažnosti sa integrisanim temperaturnim senzorom
- Anologni unutrašnji termistor

### B. Bazna stanica

MBR410 bazna stanica (Sl.3.) obezbeđuje serijski interfejs do PC-a i radio komunikaciju sa MEP410 i

MEP510 motovima. Bazna stanica je programirana sa rezervisanim brojem noda 0 („nula“) tako da će podaci sa udaljenih motova biti rutirani do nje.

MBR410 šalje podatke iz senzorske mreže na PC kao i na druge kompjuterske platforme preko RS-232 interfejsa.

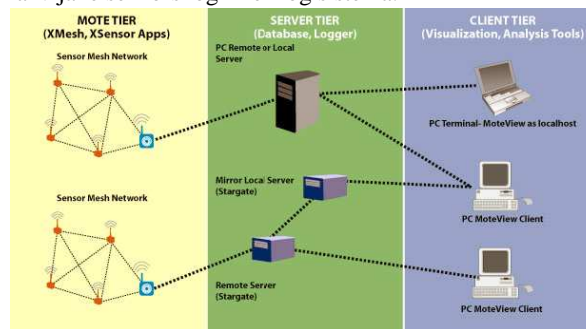


Sl. 3. Iglad bazne stanice

### C. Mote view

MOTE-VIEW softver omogućava lako korišćenje MEP-SYS410 sistema. To je, zapravo, set alata koje korisniku omogućavaju lakši interfejs za već postavljenu mrežu bežičnih senzora. Može da se koristi za jednostavniji razvoj i posmatranje, kao i konektovanje na bazu podataka, za analiziranje i grafičko predstavljanje senzorskih očitavanja.

Prvenstvena namena MoteView-a je da bude interfejs (“client tier”) između korisnika i postavljene bežične senzorske mreže. Na Sl. 4. su prikazani tri osnovna dela za razvijanje senzorskog mrežnog sistema.



Sl. 4. Tri osnovna dela za razvijanje senzorskog mrežnog sistema

Prvi sloj je Mote sloj ili senzorska meš mreža. Motovi su programirani sa XMesh/TinyOS aplikacijama da izvršavaju zahtevane operacije npr. praćenje mikroklimatskih promena, detekcija “napada”, itd. Drugi sloj ili niz servera obezbeđuje logovanje podataka i servise baze podataka. Na ovom sloju senzorska očitavanja pristižu u baznu stanicu (MIB510, MIB520, MIB600 ili Stargate) i smeštaju se na server ili Stargate. Treći deo je niz klijenata u kojem softverski paketi obezbeđuju vizualizaciju, praćenje, i alat za analizu i interpretiranje i prikaz podataka pristiglih sa senzora.

### III. REALIZACIJA UDALJENE BEŽIČNE SENZORSKE MREŽE

#### A. Ideja i problemi

Osnovna ideja je bila da se formira bežična senzorska mreža, ali da se podaci koji pristižu iz nje ne prosleđuju preko RS-232 konekcije na lokalni PC, nego na neku udaljenu lokaciju. Podatke pristigle iz senzorske mreže (bazne stanice) trebalo je posredstvom interneta prosleđivati na određenu TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ili UDP/IP (User Datagram Protocol/Internet Protocol) adresu kako bi se oni mogli čitati i smeštati u bazu podataka sa bilo koje (udaljene) lokacije. Prvobitno je modifikovan kod kojim je programirana bazna stanica tako da svakom setu podataka koji šalje na RS-232 port bude dodata AT komanda upućena GPRS modemu koji će biti priključen na drugom kraju RS-232 kabla, umesto PC-a. Međutim, zbog kompleksnosti koda kojim je programirana bazna stanica, kao bolja solucija se nametnuo mikrokontroler koji je programiran da prihvata podatke sa bazne stanice, nezantno ih obradi i prosledi GPRS modemu koji je setovan određenim AT komandama da podatke šalje na UDP/IP adresu. Sa ove adrese podaci se dalje obrađuju da bi se dobile razumljive vrednosti koje će biti smeštene u bazu podataka i dalje po potrebi obrađivane.

#### B. Mikrokontroler

Mikrokontroler je programiran tako da podatke koje dobija od bazne stanice konvertuje u određen oblik i uz AT komandu prosledi GPRS modemu.

Oblik podataka koji pristižu na mikrokontroler je sledeći:

```
7E 42 7D 5E 00 tt 7D 5D ll bb bb nn nn 00 00 PODACI  
cc cc 7E
```

Gde je:

7E - sinhro bajt

42 - PACKET NO ACK - paket na koga se ne očekuje potvrda

7D 5E 00 - se konvertuje u 00 7E - označava UART (serijski) port

tt - tip paketa, kod Mote View aplikacije može biti:

FD - heartbeat paket

0B - data paket

03 - health paket

7D 5D - se konvertuje u 7D - označava group-id, po default-u je 125, programira se u Mote Config aplikaciji u okviru Mote View-a

ll - length – dužina u bajtima, uključuje sva polja posle length polja do CRC polja (označenog sa cc cc), pri čemu se produženja usled eventualnih konverzija specijalnih bajtova ne broje

bb bb - oznaka baze preko koje je paket primljen – uvek je 00 00, što je broj baze u svakoj BSM

nn nn - node\_id - broj (adresa) mota koji je poslao paket, programira se u Mote Config aplikaciji u okviru Mote View-a

cc cc - CRC polje

7E - sinhro bajt

Mikrokontroler je programiran da ove podatke prepakuje u sledeći oblik:

```
S,ll,tt,gg,gg,bb,bb,nn,nn,00,00,PODACI,S
```

Gde je:

S - znak za početak i kraj paketa

ll - broj bajtova do kraja paketa (do S)

tt - tip paketa

gg gg - ID (broj) kontrolera (može biti više kontrolera tj. BSM)

bb bb - ID (broj) baze (uvek je nula)

nn nn – ID (broj) noda koji je poslao paket

Kao što se vidi jedan mikrokontroler je priključen na jednu baznu stanicu tj. BSM, tako da uz pomoć više mikrokontrolera i njihovog ID broja (jer je ID baze uvek 0) možemo formirati više BSM sa kojih će se podaci slati na istu (ili različitu) UDP/IP adresu, što je i bio cilj.

Naravno u zavisnosti od vrste paketa podaci se razlikuju i nose informacije o izmerenim veličinama u zavisnosti sa kog mota su stigli. Ove vrednosti podataka treba još dodatno konvertovati.

#### C. GPRS modem

Za GPRS modem izabran je TC65. Ovo su neke od osnovnih osobina ovog modema.

- Quad-Band GSM 850/900/1800/1900 MHz
- GPRS multi-slot klase 12
  - GPRS klase 12: max. 86 kbps (DL & UL)
  - Mobilna stanica klase B
  - PBCCH podrška
  - Kodna šema CS 1-4
- GSM realizacija 99
- Izlazna snaga:
  - Klasa 4 (2 W) za EGSM850
  - Klasa 4 (2 W) za EGSM900
  - Klasa 1 (1 W) za GSM1800
  - Klasa 1 (1 W) za GSM1900
- Kontrola AT komandama
- TCP/IP stek pristup preko AT komandi
- Internet Servisi: TCP, UDP, HTTP, FTP,SMTP, POP3

Dakle modem prihvata podatke od strane mikrokontrolera i šalje ih na UDP/IP adresu. Pošto mikrokontroler prepakuje podatke on pošalje AT komande modemu koji na osnovu njih zna šta da radi sa podacima, što je realizovano na sledeći način:

```
at+cclk="yy/mm/dd,hh:mm:ss" //podesavanje  
datuma i vremena
```

```
at^sics? //ocitava parametre
```

```
at^sics=0,conType,GPRS0 //connection type GPRS0
```

```
at^sics=0,inactTo,"0" //inactive timeout 0 (default)
```

```
at^sics=0,"user","vipmobile" //username
```

```
at^sics=0,"passwd","vipmobile" //password
```

```
at^sics=0,apn,"vipmobile" //apn
```

```
at^sics=0,authMode,"PAP" //authentication protocol
```

```
at^siss? //ocitava parametre
```

```
at^siss=0,srvType,socket
```

```
at^siss=0,address,"sockudp://147.91.175.166:7654"
```

at^sisi?

at^sico=0 //podesi parametre od sics:0

at&w //sacuvaj korisnicka podesavanja

Kada modem pošalje podatke na UDP/IP adresu potrebno je podatke "skinuti" sa adrese pravilno ih konvertovati i smestiti u bazu podataka.

#### D. Konvertovanje podataka

Pošto smo podatke „skinuli“ sa UDP/IP adrese potrebno ih je izdvojiti (mikrokontroler ih zapisuje u heksadecimalnom obliku broja) i konvertovati, jer vrednosti koji su motovi (tj. senzori na njima) snimili ne odgovaraju SI jedinicama. Ove konverzije su najčešće date u samoj aplikaciji (Xlisten ili nekoj drugoj). Konverzija za napon baterije na motu npr. je: BV (volts) = 1252.352/data, data je u stvari napon koji je izmeren na motu, BV napon u voltima

Pored konverzije u ovom delu projekta bilo je potrebno izdvajati vrednosti, pojedinih veličina iz formanta u koji ih je pakovao mikrokontroler (bazna stanica) konvertovati ih i slati (smestati) u bazu podataka. Ovo je ostvareno pisanjem adekvatnog koda u C++ okruženju. Naveden je samo deo koda koji služi za prepoznavanje ispravnog paketa:

```
~~~~~
if ((temp[0]!='S') || (temp[0]!='s')) {
    pom=char2int(temp[2]);
    if (char2int(temp[3])==-1) {
        poslednji=pom*2+pom+4;
        ind=1;
    }
    else {
        pom=pom*10+char2int(temp[3]);
        poslednji=pom*2+pom+5;
    }
    if ((temp[poslednji]!='S') ||
(temp[poslednji]!='s')) {
        if ((ind==1) &&
(char_hex2int_dec_2(3,temp)==0xFD)) {
            hb.Set_base_id
((char_hex2int_dec_4(6,temp)));
        }
        else if
((char_hex2int_dec_2(1,temp)==0x50) &&
(char_hex2int_dec_2(4,temp)==0x0B)) {
            m.Set_base_id
(char_hex2int_dec_4(7,temp));
            m.Set_node_id
(char_hex2int_dec_4(19,temp));
            m.Set_parent_node_id
(char_hex2int_dec_4(40,temp));
        }
    }
}
~~~~~
```

#### IV. ZAKLJUČAK

U ovom projektu su pokazane mogućnosti formiranja BSM i očitavanja iz mreže sa udaljene lokacije slanjem podataka perko GPRS-a, odnosno interneta. Takođe formiranje više BSM-a i mogućnost praćenja njihovog „stanja“ sa udaljene lokacije. Smatram da je mogućnost primene ovakvog funkcionisanja BSM višestruka, npr.

poljoprivreda, gde bi se omogućilo praćenje meteoroloških (i drugih relevantnih) podataka za više geografski odvojenih područja sa jednog mesta.

#### LITERATURA

- [1] *MEP-SYS410 User's Manual*, Doc. 7430-0411-01 Rev. A Available: <http://www.xbow.com>
- [2] *MoteView User's Manual*, Doc.# 7430-0008-04 Rev. C Available: <http://www.xbow.com>
- [3] B. Eckel "Thinking in C++", 2nd edition, copy right 2000.

#### ABSTRACT

This work presents one possible realisation of the wireless sensor network, as well as its modification, meaning that the data from the network are not sent directly to the data base, but they are sent to some of the distant locations over the internet. The work shows the problems which can occur during this realisation and the possible ways of removing these problems, just as the advances of such realisation when forming more than one wireless sensor network.

#### ONE REALISATION OF THE WIRELESS SENSOR NETWORK

Gavrilo Bjeković, Vladan Minić