

PARTENERIATE ÎN DOMENII PRIORITARE
Proiect Colaborativ de Cercetare Aplicativă (PCCA)
“ Scalable Radio Transceiver for Instrumental Wireless Sensor Networks”
(Echipament radio de emisie recepție scalabil pentru rețele instrumentale de senzori
fără fir)
Nr. Contract 20/2012

RAPORTUL ȘTIINȚIFIC și TEHNIC
(RST)

“ Dezvoltarea protocoalelor de comunicație si testarea modelului experimental
(Partea I)”

Termen:	Decembrie 2014
Autori:	Simona Halunga, Octavian Fratu, Alexandru Vulpe, Răzvan Crăciunescu, Gabriel Toma, George Suci, Marius Enache, Alexandru Marțian
Participanți:	UPB, IFIN-HH, BEIA
Etapa:	III. Dezvoltarea protocoalelor de comunicație si testarea modelului experimental (Partea I)
Activitatea:	1. Elaborarea conceptuală a protocoalelor de comunicație; 2. Simularea modelului experimental. Simularea rețelei de senzori la nivel de aplicație; 3. Proiectarea si simularea modelului experimental. Dezvoltarea protocoalelor de comunicații; 4. Elaborare specificație și proiectarea procedurilor de monitorizare în timp real a funcționării transceiverului (model experimental) – Partea I
Natura:	Raport de etapă

1 Introducere

1.1 *Obiectivele etapei curente*

În această etapă, având titlul „Dezvoltarea protocoalelor de comunicație și testarea modelului experimental (Partea I)” și termenul de 28 noiembrie 2014, s-a urmărit:

- Definirea cerințelor protocoalelor de comunicație;
- Studiul protocoalelor de timp în sistemele de tip *peer-to-peer* (P2P);
- Elaborarea conceptuală a protocoalelor de comunicație;
- Simularea unor rețele de senzori și a monitorizării acestora;
- Dezvoltarea inițială a protocoalelor de comunicații pentru modelul experimental
- Definirea unor proceduri preliminare de monitorizare în timp real a funcționării modelului experimental.

1.2 *Rezumat*

Ținând seama și de obiectivele etapei curente enumerate în Secțiunea 1.1, activitățile derulate în etapa a 3-a a proiectului sunt menționate în Tabelul 1.1.

Tabelul 1.1 Activitățile derulate în Etapa 3 a proiectului

Activități	Responsabil activitate
A III.1a. Elaborarea conceptuală a protocoalelor de comunicație	CO (UPB-3CPS)
A III.1b. Elaborarea conceptuală a protocoalelor de comunicație	P2 (Beia)
A III.1c. Elaborarea conceptuală a protocoalelor de comunicație	P1 (IFIN-HH)
A III.2a. Simularea modelului experimental. Simularea rețelei de senzori la nivel de aplicație	CO (UPB-3CPS)
A III.2b. Simularea modelului experimental. Simularea rețelei de senzori la nivel de aplicație	P2 (Beia)
A III.3a. Proiectarea și simularea modelului experimental. Dezvoltarea protocoalelor de comunicații	CO (UPB-3CPS)
A III.3b. Proiectarea și simularea modelului experimental. Dezvoltarea protocoalelor de comunicații	P2 (Beia)
A III.4a. Elaborare specificație și proiectarea procedurilor de monitorizare în timp real a funcționării transceiverului (model experimental) – Partea I	P1 (IFIN-HH)
A III.5a. Participarea la manifestări științifice și diseminarea rezultatelor. Organizare simpozion sau sesiune specială de comunicări științifice. Elaborarea de articole și comunicări științifice	CO (UPB-3CPS)
A III.5b. Participarea la manifestări științifice și diseminarea rezultatelor. Organizare simpozion sau sesiune specială de comunicări științifice. Elaborarea de articole și comunicări științifice	P1 (IFIN-HH)

În plus față de efortul de documentare desfășurat pentru atingerea obiectivelor de mai sus, s-a desfășurat o activitate paralelă de realizare a premizelor pentru activitatea celui de-al patrulea an de desfășurare a proiectului. Astfel, s-au realizat mai multe achiziții de echipamente și accesorii pentru asigurarea bunei desfășurări a proiectului.

2 Elaborarea conceptuală a protocoalelor de comunicație

2.1 Introducere

Având în vedere dimensiunea experimentului Pierre Auger cât și dorința de expansiune a acestuia proiectul propune trecerea de la modelul traditional utilizat în prezent, client – server la sistemele peer-to-peer (P2P). Principala caracteristică a acestor sisteme este distribuția simetrică și controlul asupra datelor între perechi. Perechile colaborează în scopul de a duce la bun sfârșit sarcinile într-o manieră simplă. Mai mult, distribuția este performantă, de așa manieră încât procesele sunt autonome – ele pot participa sau nu în orice moment la întregul sistem, fără vreo influență severă asupra sa. Acești factori indică foarte clar o scalabilitate și robustețe a tehnologiei P2P și totodată ne arată că este o tehnologie ce se adaptează foarte ușor cerințelor noi [1].

În afară de scalabilitate și de posibilitatea de funcționare în condiții de defecțiune a unor echipamente, sincronizarea timpilor este un aspect important al sistemelor distribuite. De asemenea, sincronizarea timpilor este un aspect extrem de important în sisteme în timp real (experimentul Pierre Auger) mai ales pentru că, un așa numit, “duș” de radiații este foarte scurt, iar pentru captarea datelor este nevoie ca cel puțin trei senzori să fi detectat “dușul”

În zilele noastre majoritatea protocoalelor de sincronizare a timpului operează în modul client – server. Asemenea abordări tind să aibă neajunsuri în ceea ce privește toleranța la defecțiuni și scalabilitate.

În următoarele paragrafe ne-am concentrat pe exemplificare și explorarea potențialului de comunicare (protocoalele de tip gossip) în domeniul sincronizării timpului. Este prezentat un set de algoritmi, bazați pe diferite ipoteze, împreună cu proprietățile lor. Aceste protocoale vor fi ulterior folosite pentru a conduce la o serie de experimente pe scară largă într-o rețea reală [1].

2.2 Cerințele protocoalelor de comunicație

Din punct de vedere conceptual protocoalele de comunicație trebuie să susțină strategia de *trigger*-are a experimentului de raze cosmice în cadrul căruia funcționează. În cadrul strategiei de *trigger*-are alese, protocoalele trebuie să susțină necesarul de comunicare care derivă din natura experimentului. În aceste condiții limitările care ghidează elaborarea unui protocol de comunicație într-o aplicație de raze cosmice rezultă din două direcții:

- Rata de transfer necesară;
- Tipul de comunicație (uni- sau bidirecțională).

În raportul etapei precedente au fost discutate arhitectura modelului experimental și modalitățile de *trigger*-are în experimente de raze cosmice. Ca primă aplicație într-un experiment de raze cosmice, transceiverul wireless este gândit să deservească un experiment de raze cosmice de mari dimensiuni. Totuși, aceasta nu este singura situație în care comunicația wireless este utilă (pot exista spre exemplu și experimente de mici dimensiuni plasate în locații greu accesibile care pot beneficia de pe urma acestei tehnologii). În aceste condiții, în elaborarea protocoalelor de comunicații se vor avea în vedere în principal aplicații pentru experimentul Pierre Auger din Argentina fără a se exclude însă posibilitatea utilizării în cadrul altor experimente.

Pentru o aplicație directă la Pierre Auger, tehnologia actuală permite susținerea ratei de transfer necesare (pachetele transmise sunt de ordinul Kb/s). Conform cu arhitectura

experimentului [2], protocoalele de comunicație trebuie să permită comunicația bidirecțională. În cazul experimentului Pierre Auger, transceiverul wireless acționează ca o conexiune între două sisteme de calcul: sistemul de calcul intern al detectorului și cel extern din stația centrală de achiziție (CDAS). Pentru fiecare eveniment cu trigger T2, între detector și CDAS are loc un dialog [2] al cărui scop este selecția corectă a stațiilor corelate temporal într-un eveniment fizic (un eveniment T3). Stațiile de detecție comunică cu CDAS prin intermediul unui singur receptor (turn de comunicații) și nu între ele, cantitatea de informație transmisă sau recepționată pe secunda de fiecare transceiver fiind mică și limitările fiind impuse de receptorul din turnul de comunicații.

Pentru o aplicație la un experiment de mari dimensiuni se pot însă pune la punct și alte modalități de transmisie de date în corelație cu un alt model de trigger. Astfel ar fi posibilă și transmiterea informației de la o stație la alta, dar în acest caz și rata de transfer va crește în funcție de numărul de stații care concentrează semnalul pe un receiver dat (este posibilă și o creștere cu un factor $\times 1000$). În această strategie, triggerul T2 este comunicat către CDAS prin stații intermediare și sistemul CDAS realizează triggerul T3 independent fără a mai solicita informații suplimentare de la stații.

Pentru o aplicație la un experiment de raze cosmice de mici dimensiuni se poate folosi doar comunicație unidirecțională dintre stația de detecție și CDAS. Un astfel de caz poate fi folosit și pentru testarea transceiverului într-un experiment de raze cosmice. În IFIN-HH operează detectori de raze cosmice (WILLI [3], WILLI-EAS [4] și un detector mobil) care pot fi folosiți pentru testarea unui transceiver wireless.

2.3 *Protocoalele de timp în sistemele P2P (protocolul Gossip)*

Sistemele moderne P2P, folosesc de obicei două sau mai multe straturi. Stratul inferior este responsabil de administrarea topologiei unei rețele logice și de direcționarea mesajelor, în timp ce straturile superioare implementează funcționalitatea cerută de o aplicație sau de un grup de aplicații.

Conceptul general de *gossiping* este acela că fiecare nod al unei rețele realizează un schimb de informație cu un alt nod ales aleatoriu. Astfel, decizia cu privire la radiațiile cosmice se va efectua local, între cei trei senzori care au sesizat radiațiile și au schimbat informații locale cu privire la aceste radiații. Chiar dacă puterea de calcul la nivelul sensorului va crește acesta va fi compensată cu faptul că timpul de răspuns cu privire la culegerea datelor despre radiații va fi mult mai mic [5].

2.3.1 **Elementele de bază**

Algoritmul de sincronizare în timp descris în cele ce urmează este numit **Gossiping Time Protocol** (GTP). Se urmărește explicarea algoritmilor dezvoltați în scopul sincronizării și a proprietăților acestora [1].

Toți algoritmi implică două căi de execuție separate, activă și pasivă. În scopul descrierii GTP, se folosesc următoarele simboluri: CEAS, PSS, ÎNTÂRZIRE_GOSSIP, SURSA_TIMP

1. CEAS-ul reprezintă un modul care oferă acces la ceasul local cu una dintre interfețele:
 - a) Interfața pentru modelul de ceas cu ajustare imediată a frecvenței
 - b) Interfața pentru modelul de ceas cu ajustare treptată a frecvenței
 - c) Interfața de bază pentru serviciile de eșantionare de la egal la egal
 - d) Interfața pentru serviciile extinse de eșantionare de la egal la egal
2. PSS reprezintă un modul de implementare de servicii extinse de eșantionare de la egal la egal.

3. ÎNTÂRZIRE_GOSSIP reprezintă o variabilă ce stochează întârzierea curentă (în unități de timp) între consecutivile încercări de comunicare GTP.
4. SURSA_TIMP reprezintă o valoare logică, ce este adevărată dacă și numai dacă nodul dat este sursă de timp.

2.3.2 Versiunile de GTP

Pe scurt, toate versiunile GTP urmăresc cadrul prezentat mai sus. Pentru a descrie complet un algoritm dat, trebuie specificate următoarele:

1. Reglarea generatorului de timp
2. Cunoașterea datelor specifice aplicației respective
3. Descrierea variabilelor și obiectelor adiționale
4. Câmpuri adiționale în funcție de tipul mesajului
5. Descrierea procedurilor PrepareRequest, PrepareResponse și PrepareFeedback
6. Descrierea funcției ExamineSample

În cele ce urmează vom analiza versiunea GTP de bază.

2.3.3 GTP de bază

Abordarea numită și versiunea de bază a GTP este bazată pe modelul ‘*immediate clock adjustment*’. Vecinul cu care trebuie să comunice, este întotdeauna ales aleatoriu din setul de vecini furnizat de protocolul de management, ceea ce corespunde cu definiția clasică a ‘bârfei’ (*gossip*).

2.3.4 Îmbunătățirile aduse de GTP de bază.

Abordarea de a face față întârzierilor diferențiale de rețea, introdusă în GTP de bază, folosește filtrarea eşantioanelor. Mai exact, fiecare nod are în componență un amortizor ciclic (numit filtru) de mărime N care reține decalaje ale ultimelor N eşantioane care ar fi putut fi folosite pentru sincronizare.

În ciuda simplității sale, metoda de filtrare a eşantioanelor rezolvă două probleme importante. În primul rând, este capabilă de a respinge eşantioanele cu decalaje mai mari decât de obicei, lucru care nu echivalează cu respingerea eşantioanelor cu întârzieri cu diferență mare între ele. Cu toate acestea, fără sincronizarea corespunzătoare nu este posibil să se măsoare întârzierile în timpul schimbului de marcaj temporal (atunci când se schimbă momentul de timp). Pe de altă parte, întârzierile cu diferențe mari ar putea fi cauzate de un pachet care este încetinit pe ruta sa (într-o direcție), lucru care duce la o întârziere ciclică mai mare. În plus, filtrul este adaptiv [5].

Mai putem aminti protocoalele GTP de tipul gradual sau treptat sau selectiv.

2.3.5 Concluziile referitoare la protocoalele Gossip

Multe aplicații necesită siguranță și precizie pentru a funcționa corespunzător. Algoritmii de sincronizare temporală utilizați momentan sunt capabili să îndeplinească această sarcină, deși le lipsește durabilitatea și scalabilitatea. Prin urmare, dezvoltatorii de sisteme distribuite sunt nevoiți să caute soluții alternative. Algoritmii funcționează într-un stil epidemic, ceea ce îi face ușor de pus în aplicare, de extins și de menținut.

Pentru a concluziona despre protocoalele epidemice sau Gossip, vom aminti doar cele mai importante performanțe ale acestora. Aceste protocoale, deși se bazează pe o comunicare aleatoare, furnizează scalabilitate, robustețe, rezistență, toleranță la erori, stabilitate mare la întreruperi și nu în ultimul rând capacitate de calcul și comunicare eficientă.

3 Simularea rețelei de senzori la nivel de aplicație

3.1 *Introducere*

Datorită faptului că o rețea de senzori pe scară largă, din punct de vedere fizic, este dificil de obținut și având în vedere că aplicațiile trebuie totuși testate, s-a avut în vedere o implementare a diferitelor protocoale într-o serie de simulatoare cu scopul de a pune în evidență comportarea rețelei în funcție de diferitele aplicații.

3.2 *Implementarea unui protocol GOSSIP în simulatorul RapidNET*

Mai departe se va considera implementarea unui protocol Gossip sau Epidemic cu ajutorul soft-ului RapidNet Visualizer. Simularea a urmărit timpul de propagare a mesajelor, folosind un protocol de tip Gossip. Rețeaua este una de mici dimensiuni, pentru că în cazul radiațiilor cosmice este de ajuns ca trei noduri adiacente să constate că radiația este una purtătoare de informație relevantă. De aceea s-au ales un număr de 30 de noduri pe o suprafața de 1100m x 1100m.

3.2.1 Rezultatele simulării

În cadrul simulării, la început există un nod destinație și un nod sursă. După ce mesajul este transmis, toate nodurile devin default. Apoi se alege aleator alt nod sursă și alt nod destinație după care se repetă algoritmul.

Simularea ne-a ajutat să analizăm următoarele performanțe: Banda alocată pentru fiecare nod ; Rata de pierderi; Numărul de legături pe secundă; În ce mod se propagă mesajele (rata de propagare a mesajelor)

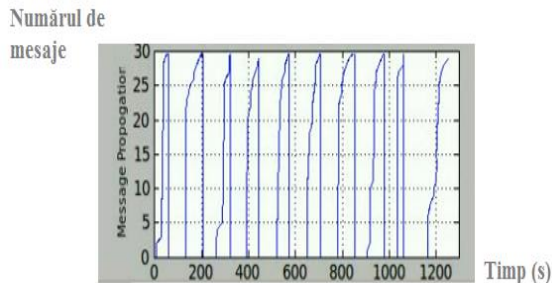


Figura 3.1 Numărul de mesaje transmise în raport cu timpul

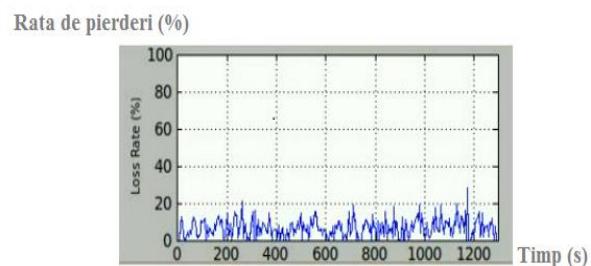


Figura 3.2 Rata de pierderi

Din Figura 3.1 se observă că numărul mesajelor transmise este inițial mic, după care există o creștere semnificativă, specifică protocolului Gossip ce are un caracter epidemic, după care o scădere bruscă, moment în care nu se mai transmit mesaje și se așteaptă începerea unui alt ciclu. Începerea unui alt ciclu înseamnă alegerea unui alt nod sursă și alt nod destinație și apoi reluarea procesului. Din Figura 3.2 se observă că există o rată destul de mare de pierderi, cu o medie de 10%, deci unul din zece mesaje este pierdut. Cu toate acestea mesajele pot fi transmise cu fiabilitate ridicată și cu o rată de transfer constantă, în ciuda unor rate ridicate de pierderi de pachete și unei rate mari de eșec a procesului.

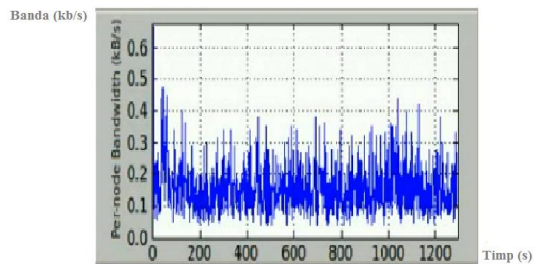


Figura 3.3 Banda alocată nodurilor

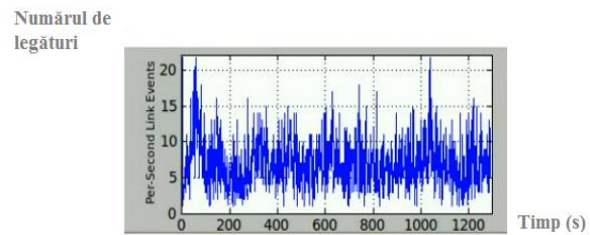


Figura 3.4 Numărul de legături pe secundă

Din Figura 3.3 se observă faptul că, această caracteristică este asemănătoare cu cea reprezentată în Figura 3.4 unde avem numărul de legături pe secunda, ceea ce ne face să înțelegem că banda se alocă tot pe baza desfășurării ciclurilor de transmitere a mesajelor. Din Figura 3.4 se observă că numărul cel mai mare de legături se înregistrează imediat înainte de terminarea unui ciclu, iar numărul minim de legături la începerea fiecărui ciclu. Ca o medie a legăturilor se observă ca avem aproximativ 5 legături pe secundă.

3.3 Implementarea unui protocol GOSSIP în simulatorul de rețea EXata

Modelul implementat în EXata constă într-un protocol GOSSIP simplu. Un nod implicit difuzează un pachet de date către fiecare din vecinii săi. Fiecare nod vecin care primește pachetul devine, la rândul său, nod implicit, care se comportă în aceeași manieră. Atunci când trebuie trimisă o actualizare, *nodul implicit* (denumit și *nod sursă*) pornește un *client Gossip*, care programează difuzarea unui pachet Gossip către nodurile vecine. La primirea mesajului Gossip, fiecare din *nodurile destinație* pornește un *server Gossip* care procesează mesajul. Dacă mesajul nu a fost deja recepționat (de către *nodul destinație*), atunci acesta, la rândul său, va porni un *client Gossip* care va programa trimiterea unui pachet Gossip către nodurile vecine. Acest lucru se repetă până când întreaga rețea este *infectată*.

Topologia rețelei simulate constă din 100 de noduri de rețea, pe o grilă dreptunghiulară de 100 m x 100 m. Nodul central este nodul implicit și, la un moment de timp predefinit, începe să difuzeze informațiile Gossip către nodurile vecine. În urma simulării rețelei s-a putut observa că, în medie, un mesaj este primit cu o întârziere de **6,2 ms**. Aceasta este măsurată ca diferența de timp dintre momentul transmisiei unui mesaj de către nodul sursă și momentul recepției sale de către nodul destinație. Totodată s-a obținut rezultatul că întreaga rețea a fost infectată în **46,4 ms**. În final, Figura 3.5 arată variația în timp a gradului de infectare a rețelei.

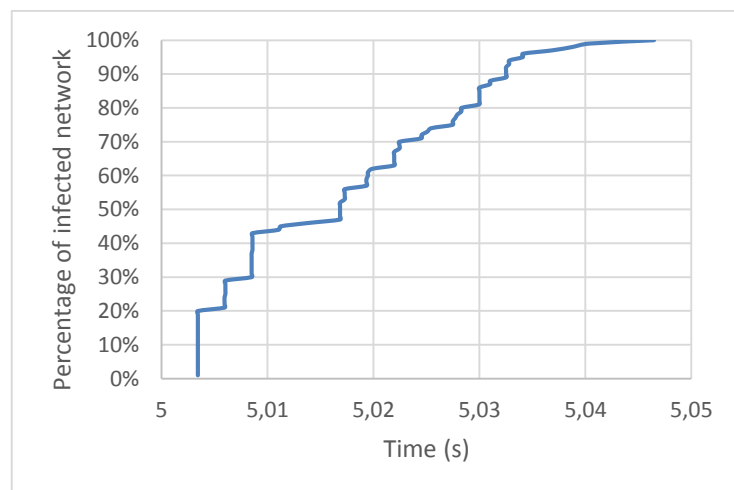


Figura 3.5 Gradul de infectare a rețelei vs. timp

4 Dezvoltarea protocoalelor de comunicații pentru modelul experimental

4.1 Introducere

Așa cum s-a menționat în raportul precedent, pentru realizarea modelului experimental, în special a nivelului fizic al acestuia s-a căutat o structură care poate asigura o viteză de transfer ridicată, și un volum mare de date în timp relativ scurt. Astfel, s-a reușit implementarea nivelului fizic al sistemului de comunicații se propune ca tehnică de transmitere a datelor tehnica de Multiplexare prin Diviziune în Frecvențe Ortogonale (OFDM) folosind mediul de dezvoltare GNU Radio și echipamente radio definite prin radio (module USRP2 N210 de la Ettus Research)

4.2 Implementarea protocolului de comunicații

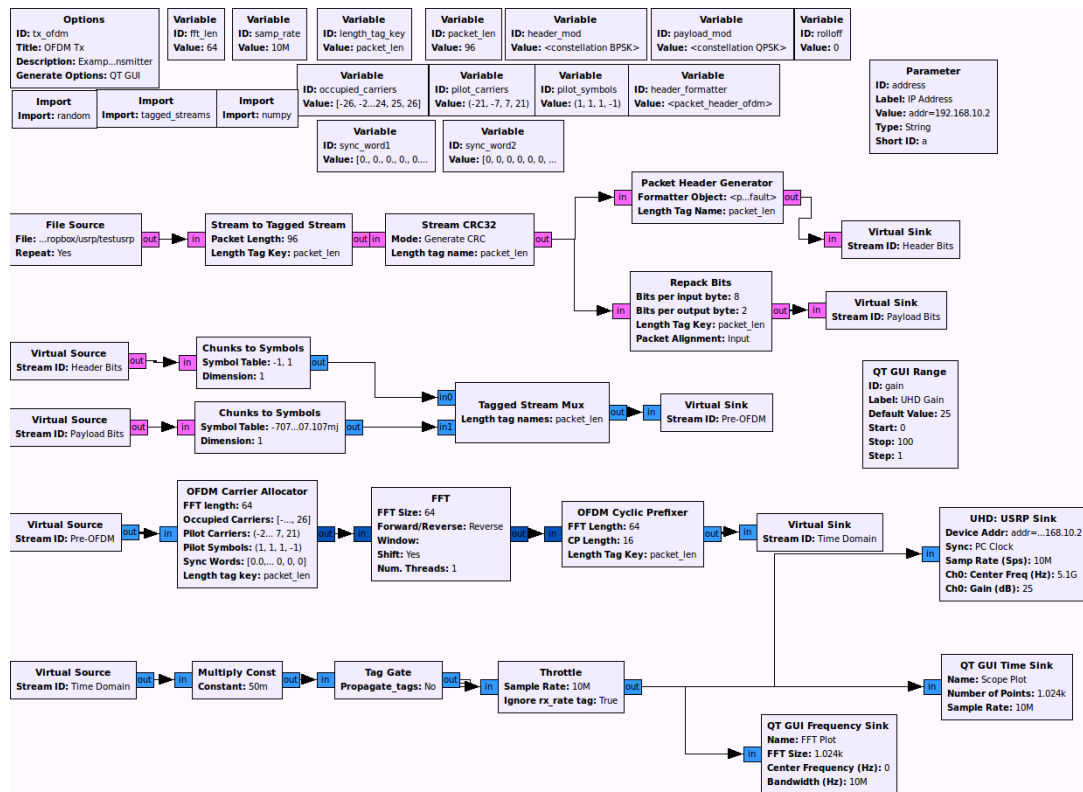


Figura 4.1 Emițător OFDM implementat folosind mediul de dezvoltare GNU Radio

Fluxul de date care urmează să fie transmis este preluat dintr-un fișier sursă și este într-o primă fază prelucrat prin intermediul blocului *Stream to Tagged Stream*, care realizează o conversie serie-paralel a datelor, formând pachete de lungime egală cu 96 de bytes. Pachetelor astfel formate le este adăugat un număr de 4 bytes corespunzători unui câmp de paritate de tip CRC prin intermediul blocului *Stream CRC32*, pentru sesizarea eventualelor erori. Pachetului astfel obținut îi este adăugat un antet folosind blocul *Packet Header Generator*, iar datele propriu-zise sunt pregătite pentru operația de modulație prin intermediul blocului *Repack Bits*. Fluxurile de biți corespunzătoare antetului și pachetului propriu-zis de date sunt puse în corespondență cu simbolurile care urmează a fi transmise prin intermediul celor două blocuri *Chunks to Symbols*. De remarcat că pentru antet este folosită o modulație de tip BPSK, în timp ce pentru fluxul propriu-zis de date este folosită o modulație de tip QPSK. Simbolurile corespunzătoare antetului și fluxului propriu-zis de date sunt ulterior multiplexate folosind blocul *Tagged Stream Mux* și sunt alocate pe diferitele frecvențe sub-purtătoare prin intermediul blocului *OFDM Carrier Allocator*. Acest bloc realizează distribuția simbolurilor în domeniile

timp și frecvență, tot în acest loc fiind adăugate simbolurile pilot. Prin intermediul blocului *OFDM Cyclic Prefixer* este adăugat prefixul ciclic necesar pentru combaterea interferenței inter-simbol. Transmiterea datelor astfel prelucrate către platforma USRP pentru transferul prin interfața radio este realizată prin intermediul blocului *UHD:USRP Sink*. De menționat că în cadrul testelor care au fost realizate, platforma USRP N210 a fost echipată cu un modul de radiofrecvență XCVR2450, care permite accesul la benzile de frecvență ISM 2.4 și 5 GHz. Pentru testare a fost preferată banda de frecvență de 5 GHz (frecvența centrală aleasă a fost de 5.1 GHz) din cauza faptului că în banda de 2.4 GHz există riscuri de interferență cu echipamentele WIFI care operează în aceeași bandă de frecvență.

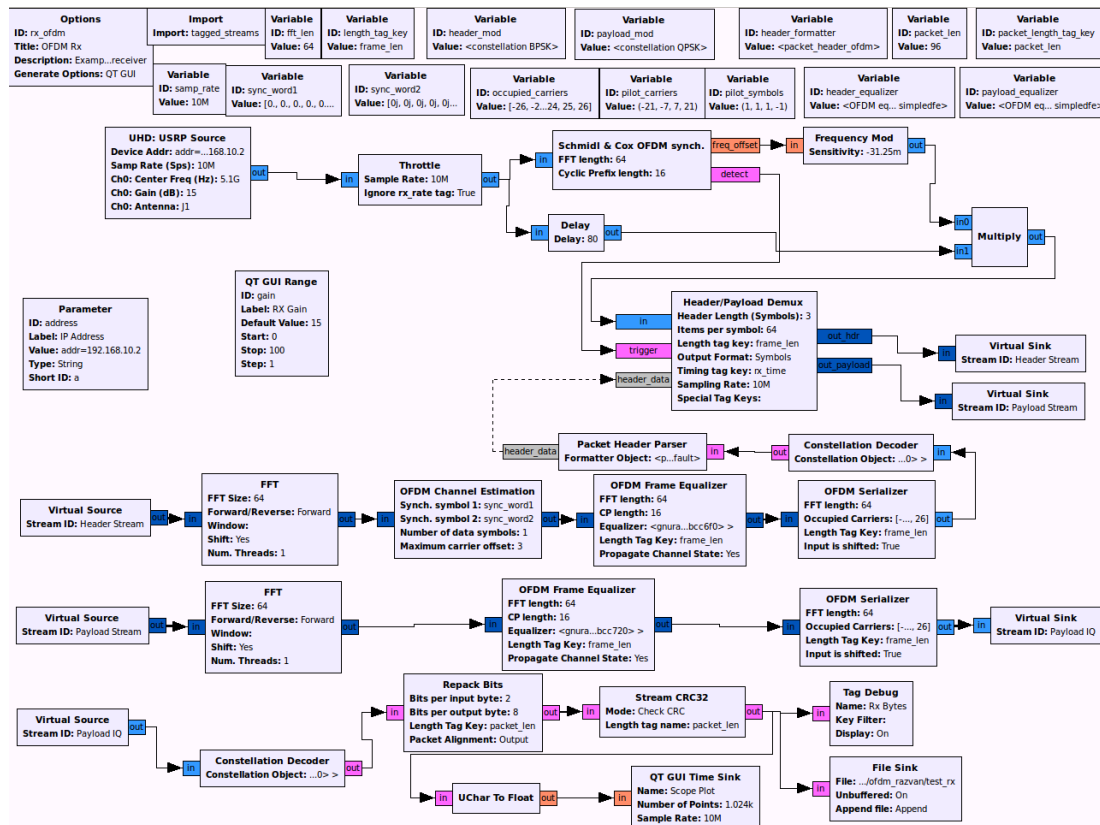


Figura 4.2 Receptor OFDM implementat folosind mediul de dezvoltare GNU Radio

Fluxul de date recepționat prin interfața radio de către platforma USRP este transmis către PC folosind blocul *UHD:USRP Source*. Sincronizarea în domeniul timp a simbolurilor OFDM recepționate este efectuată folosind algoritmul Schmidl-Cox prin intermediul blocului *Schmidl & Cocs OFDM synch.* Cu ajutorul blocului *Header/Payload Demux* se realizează separarea antetului de fluxul propriu-zis de date, folosind informația conținută în antet pentru a determina lungimea pachetului propriu-zis de date. Blocurile *OFDM Channel Estimation* și *OFDM Frame Equalizer* sunt folosite pentru a combate efectele suferite de semnalul transmis odată cu propagarea prin interfața radio. Operațiile inverse celor care au fost aplicate la emisie vor fi obținut în final un flux de simboluri care va fi decodat prin intermediul blocului *Constellation Decoder*. Din cadrul fluxului de bytes astfel obținut va fi verificat câmpul de paritate CRC prin intermediul blocului *Stream CRC32*, care va funcționa în cadrul receptorului în modul *Check CRC*. Datele sunt în final salvate într-un fișier destinație prin intermediul blocului *File Sink*.

Prin intermediul lanțului de emisie-recepție descris anterior au fost realizate cu succes transmisiuni între două platforme USRP de tip N210, echipate cu module de radiofrecvență XCVR2450 și operând pe o frecvență centrală de 5.1 GHz.

5 Specificația și procedurile preliminare de monitorizare în timp real a funcționării transceiverului (model experimental)

5.1 Introducere

Toate componentele unui sistem de detecție pot la un moment dat suferi defecțiuni sau influențe din partea unor factori externi care să afecteze funcționarea unei componente a sistemului sau a sistemului în general. Din această cauză este necesară o monitorizare a stării de funcționare a tuturor componentelor sistemului. Pentru cazul de față, obiectivul a fost punerea la punct a unui sistem de monitorizare în funcționare care să permită descrierea în timp real a funcționării unui transceiver wireless și posibilitatea semnalării unei probleme tehnice. Monitorizarea în timp real are avantajul că permite detectarea rapidă a problemelor tehnice apărute în timpul funcționării. Pe de alta parte, în cazul unui experiment care funcționează neîntrerupt perioade îndelungate de timp este necesară o automatizare a procesului de monitorizare. Automatizarea și proiectarea sistemului de monitorizare în ansamblu trebuie să țină seama nu doar de durata de funcționare a dispozitivului ci și de faptul ca accesul la dispozitivul de monitorizat (i.e. transceiver wireless) este dificilă și ca acesta va fi plasat la distanțe foarte mari de laboratorul de unde se efectuează monitorizarea. În cazul de față dispozitivul poate funcționa pe alt continent (i.e. Observatorul Pierre Auger este situat în Argentina), iar monitorizarea trebuie să poată fi făcută din orice punct de pe glob. Pe lângă funcția de alarmare, procedura de monitorizare trebuie să permită și o stocare a datelor de monitorizare astfel încât să se poată urmări evoluția în timp a funcționării transceiverului wireless. Este de asemenea binevenită și posibilitatea stocării de date care nu au legătură directă cu dispozitivul, dar care prin corelație pot fi relevante – spre exemplu este utila stocarea de informații privind fenomene meteo.

5.2 Proceduri de monitorizare

Ținând cont de experiența acumulată de IFIN-HH la Observatorul Pierre Auger, de infrastructura disponibilă în IFIN-HH și la Pierre Auger, de arhitectura modelului experimental și de modalitățile de trigger-are într-un experiment de raze cosmice, procedurile de monitorizare se pot baza pe următoarele soluții:

- Datele de interes pentru monitorizare se pot stoca într-o bază de date de tip relațional MySQL [6] pentru a facilita accesul rapid, un format de stocare larg răspândit și posibilitatea de efectua rapid corelații complexe între parametri;
- Datele stocate în baza de date se pot analiza cu programe dedicate sau prin intermediul unei pagini web;
- Programele de analiză a bazei de date vor conține elemente de alarmare în cazul în care sunt detectate situații anormale în funcționare

Avantajele strategiei prezentate sunt următoarele: monitorizarea este în mare parte automată; accesul la datele de monitorizare este rapid; datele sunt stocate într-un format cu adopție largă; sunt permise corelații complexe între parametri; monitorizarea este flexibilă (permite și investigații speciale ne-automatizate); monitorizarea se poate efectua din orice loc de pe glob; monitorizarea se poate efectua cu un minim de dotări tehnice (sunt necesare doar un PC, tableta sau smartphone cu conexiune la internet și un browser uzual; nu necesită software specializat); în mare măsură nu necesită cunoștințe tehnice special; spre exemplu de programare (în special partea de monitorizare automată).

Se vor folosi două baze de date, o baza de date locală în apropierea experimentului care poate salva rapid datele de interes și o baza de date europeană pentru acces rapid la date. Baza de date europeană este sincronizată cu baza de date locală (i.e. sunt practic identice). Avantajul

folosirii a două baze de date (una locală și o bază de date în Europa) este că astfel se permite accesul rapid la date și în același timp nu se riscă pierderea datelor într-un proces de transmisie pe distanțe lungi.

În ceea ce privește structura bazelor de date, aceasta este flexibilă și poate fi ajustată în funcție de necesități. Prezintăm în continuare o variantă preliminară de structură de baze de date. Ne propunem să colectăm datele în tabele cu informații precum: rata de transfer de informație dinspre și spre transceiver (IncomingRate, OutgoingRate); rata de pachete de date pierdute (PacketLoss); tensiunea de alimentare (CommsVoltage); curentul de alimentare (CommsCurrent). În alt tabel se pot colecta erorile survenite în funcționare (ErrorMsg).

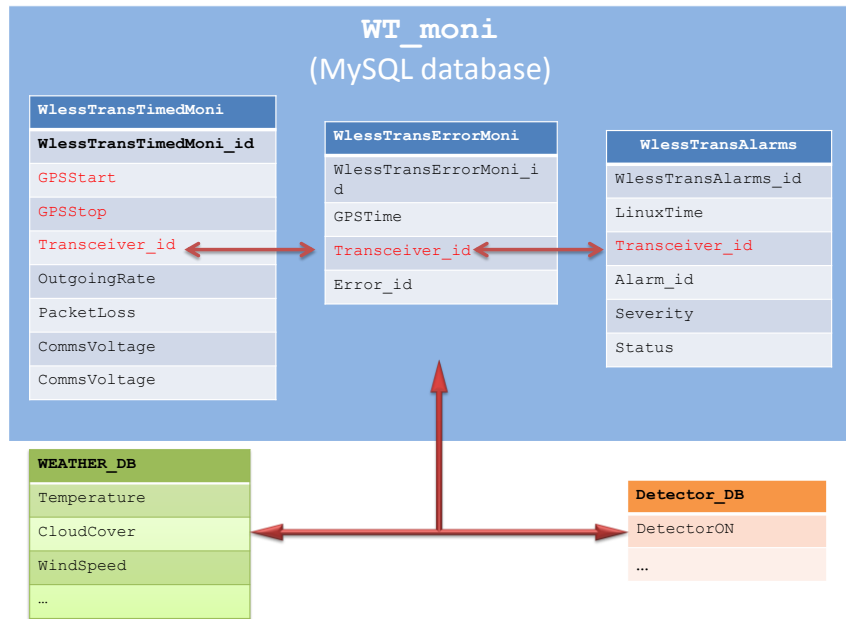


Figura 5.1 În această figură este reprezentată structura logică a bazei de date pentru monitorizare WT_moni (tabelele constituente WlessTransTimedMoni, WlessTransErrorMoni și WlessTransAlarms relația dintre ele, precum și posibilitatea stabilirii de relații cu alte baze de date

Desigur astfel de date pot fi corelate într-o bază de date relațională cu alți parametri stocați în alte tabele: condițiile meteo (temperatura Temperature, nebulozitate CloudCover, viteza vântului WindSpeed); starea funcționării detectorului DetectorON (informație utilă pentru a decide dacă lipsa comunicației este datorată unei probleme a transceiverului wireless sau detectorului care nu funcționează – nu generează date); etc.

Au fost realizate următoarele proceduri care deservește procesul de monitorizare: crearea unei baze de date MySQL; crearea de tabele MySQL; script pentru scrierea de date într-un tabel MySQL; script pentru citirea de date dintr-o bază de date MySQL și transferarea datelor în fișiere root [7]; script PHP [5] care efectuează selecții de date și reprezentări grafice în sprijinul unei paginii web/html de monitorizare; trigger MySQL. Teste preliminare au arătat că strategia de monitorizare descrisă funcționează eficient pentru monitorizarea în timp real din orice locație de pe glob a unui detector plasat în Argentina.

6 Referințe

- [1] K. Iwanicki, Gossip based dissemination of time, Warsaw: Warsaw University, 2005.
- [2] The Pierre Auger Collaboration, „The Pierre Auger Project: Technical Design Report,” 2004.
- [3] B. Vulpescu și et al., *Nucl. Inst. Meth. A*, pp. 205-217, 1998.
- [4] B. Mitrica și et al., „The Measurement of cosmic muons with the WILLI-EAS detection system,” în *33rd International Cosmic Ray Conference*, Rio de Janeiro, 2013.
- [5] D. Shan, „Gossip Algorithms,” în *Foundation and trends in Networking*, 2008.
- [6] Oracle Corporation and/or its affiliates, „MySQL Documentation: MySQL Reference Manuals,” [Interactiv]. Available: <http://dev.mysql.com/doc/>. [Accesat 26 Septembrie 2014].
- [7] CERN/The ROOT Development Team, „ROOT | A Data Analysis Framework - CERN,” [Interactiv]. Available: <http://root.cern.ch/drupal/>. [Accesat 26 Septembrie 2014].
- [8] W. S. Y. S. E. C. I.F. Akyildiz, „Wireless sensor networks: a survey”.
- [9] M. FaHnle, „Software-Defined Radio with GNU Radio and USRP/2 Hardware Frontend: Setup and FM/GSM Applications”.
- [10] B. Vulpescu, pp. 205-217, 1998.
- [11] B. Mitrica et al., „The measurement of cosmic muons with the WILLI-EAS detection system,” Rio de Janeiro, 2013.
- [12] T. Antoni - the KASCADE-Grande Collaboration, vol. 513, p. 429, 2003.
- [13] W.D. Apel - the KASCADE-Grande Collaboration, vol. 620, pp. 202-216, 2010.
- [14] H. Falcke et al. - the LOPES Collaboration, vol. 435, p. 313, 2005.
- [15] A. Haungs - the LOPES Collaboration, vol. 21 Suppl. 1, p. 182, 2006.
- [16] G. Toma - the KASCADE-Grande Collaboration, „Studies of the charged particle Density Distributions in Extensive Air showers Observed with KASCADE-Grande (KIT Scientific Reports ; 7563),” pp. 1-152, 2010.
- [17] D. Allard - the Pierre Auger Collaboration, „The trigger system of the Pierre Auger Surface Detector: operation,” Pune, 2005.
- [18] The Pierre Auger Collaboration, „The Pierre Auger Project: Technical Design Report,” 2004.
- [19] F. Schroeder și colaborarea Pierre Auger, „Radio Detection of Air Showers with the Auger Engineering Radio Array,” în *33rd International Cosmic Ray Conference*, Rio de Janeiro, 2013.
- [20] ETR 178, „Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); A high level guide to the DECT standardization,” European Telecommunications Standards Institute, 1997.
- [21] E. Tews, „DECT Security Analysis,” Technische Universitat Darmstadt, 2012.