

PARTENERIATE ÎN DOMENII PRIORITARE
Proiect Colaborativ de Cercetare Aplicativ (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 TIINȚIFIC ȘI TEHNIC
(RST)

“ Specificarea transceiverului și a rețelei de senzori fără fir ”

Termen:	Decembrie 2012
Autori:	Simona Halunga, Octavian Fratu, Alexandru Vulpe, Răzvan Crișciunescu, Gabriel Toma, George Suciuc, Marius Enache
Participanți:	UPB, IFIN-HH, BEIA
Etapă:	I. Specificarea transceiverului și a rețelei de senzori fără fir
Activitatea:	1. Analiza tipurilor de aplicații specifice rețelelor de senzori. Definirea cerințelor și constrângerilor radio și de tip QoS ale transceiverului; 2. Analiza structurii modelului experimental. Specificarea transceiverului radio și definirea resurselor necesare dezvoltării acestuia; 3. Dezvoltarea paginii web a proiectului și diseminarea rezultatelor
Natura:	Raport de etapă

Cuprins

1	INTRODUCERE	3
1.1	Obiectivele etapei curente	3
1.2	Rezumat.....	3
2	ANALIZA TIPURILOR DE APLICA II SPECIFICE RE ELELOR DE SENZORI. DEFINIREA CERIN ELOR I CONSTRÂNGERILOR RADIO I DE TIP QOS ALE TRANSCEIVERULUI.	4
2.1	APLICA IA DE COMUNICA IE PENTRU DETEC IA RADIOASTRONOMIC	4
2.1.1	Radia ia cosmic primar i importan a studiului ei	4
2.1.2	Radia ia cosmic secundar – fenomenul EAS.....	5
2.1.3	Detec ia EAS cu implica iile sale pentru studiul descris.....	5
2.2	APLICA II ALTERNATIVE DE COMUNICAŢIE IN TIMP REAL	6
3	ANALIZA STRUCTURII MODELULUI EXPERIMENTAL. SPECIFICAREA TRANSCEIVERULUI RADIO SI DEFINIREA RESURSELOR NECESARE DEZVOLT RII ACESTUIA	8
3.1	Descriere platforme Universal Software Radio Peripheral (USRP)	8
3.2	GNU Radio.....	8
4	RAPORT DISEMINARE 2012.....	10
4.1	Structura site/Site-ul proiectului.....	10
4.2	Publica ii dezvoltate i/sau prezentate în cadrul proiectului	10
5	CONCLUZII.....	12
	REFERIN E	13

1 **INTRODUCERE**

1.1 **Obiectivele etapei curente**

În această etapă, având titlul „Specificarea transceiverului și a rețelei de senzori în timp real” și termenul de 15 decembrie 2011, s-a urmări:

- identificarea principalelor cerințe și constrângeri pentru transceiver din punct de vedere al resurselor implicate și a calității serviciilor (QoS) impuse de aplicație;
- identificarea cerințelor impuse de aplicația de radiodetecție;
- definirea unei arhitecturi posibile;
- specificarea resurselor radio și cerințelor QoS pentru aplicația rețelei de senzori în timp real propusă;
- specificarea structurii și parametrilor transceiverului radio;
- evaluarea necesarului de resurse pentru dezvoltarea modelului experimental;
- implementarea paginii de web a proiectului pentru diseminarea rezultatelor.

1.2 **Rezumat**

Tabelul 1.1 Activitățile derulate în Etapa 1 a proiectului

Activități	Responsabil activitate
A I.1.1a. Analiza tipurilor de aplicații specifice rețelelor de senzori. Definirea cerințelor și constrângerilor radio și de tip QoS ale transceiverului. Aplicația de comunicație pentru detecția radioastronomică	P1 (IFIN-HH)
A I.1.1b. Analiza tipurilor de aplicații specifice rețelelor de senzori. Definirea cerințelor și constrângerilor radio și de tip QoS ale transceiverului. Aplicația de comunicație pentru detecția radioastronomică	CO (UPB-3CPS)
A I.1.2a. Analiza tipurilor de aplicații specifice rețelelor de senzori. Definirea cerințelor și constrângerilor radio și de tip QoS ale transceiverului. Aplicații alternative de comunicație în timp real	P2 (BEIA)
A I.1.2b. Analiza tipurilor de aplicații specifice rețelelor de senzori. Definirea cerințelor și constrângerilor radio și de tip QoS ale transceiverului. Aplicații alternative de comunicație în timp real	CO (UPB-3CPS)
A I.2a. Analiza structurii modelului experimental. Specificarea transceiverului radio și definirea resurselor necesare dezvoltării acestuia	CO (UPB-3CPS)
A I.2b. Analiza structurii modelului experimental. Specificarea transceiverului radio și definirea resurselor necesare dezvoltării acestuia	P2 (BEIA)
A I.3a. Dezvoltarea paginii web a proiectului și diseminarea rezultatelor	CO (UPB-3CPS)
A I.3b. Dezvoltarea paginii web a proiectului și diseminarea rezultatelor	P1 (IFIN-HH)
A I.3c. Dezvoltarea paginii web a proiectului și diseminarea rezultatelor	P2 (BEIA)

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 doilea an de desfășurare a proiectului. Astfel, s-au realizat mai multe achiziții de echipamente și accesorii pentru asigurarea bunei desfășurări a proiectului.

2 ANALIZA TIPURILOR DE APLICA II SPECIFICE RE ELELOR DE SENZORI. DEFINIREA CERINTELOR I CONSTRÂNGERILOR RADIO I DE TIP OOS ALE TRANSCIVERULUI.

2.1 APLICA IA DE COMUNICATIE PENTRU DETECTIA RADIOASTRONOMIC

2.1.1 Radia ia cosmic primar i important a studiului ei

De-a lungul timpului, numeroase investigații ale razelor cosmice au contribuit la crearea unei imagini de ansamblu complexe a fenomenului, o imagine care abundă însă în întrebări care îi așteaptă un răspuns privind originea și propagarea razelor cosmice. În conformitate cu caracteristicile spectrului de radiație primară (o dependență foarte abruptă cu energia, de tip power-law cu indice spectral variabil între -2 și -3 –Figura 2.1), au fost construite modele teoretice ce încearcă să explice mecanismele de producere, accelerare și interacțiune a particulelor cosmice de mare energie. În momentul de față se consideră că particulele cu energii până la 10^{16} eV provin din galaxia noastră și ajung la Pământ după ce difuzează în diferite câmpuri magnetice sau electrice (datorită acestei difuzii particulele pierd informația privind sursele de proveniență). La energii mai mari este posibil ca particulele să părăsească galaxia noastră. Aceste sarcini corelate cu pierderile de energie prin coliziuni, dezintegrări și ionizări anticipează o schimbare a indicelui spectral de la o valoare de -2 până la -2.7 (*J. Hörandel, Astropart. Phys. 21 (2004) 241*). Această caracteristică spectrală este numită ”genunchi” datorită asemănării cu un picior îndoit și a fost evidențiat experimental în numeroase experimente de raze cosmice.

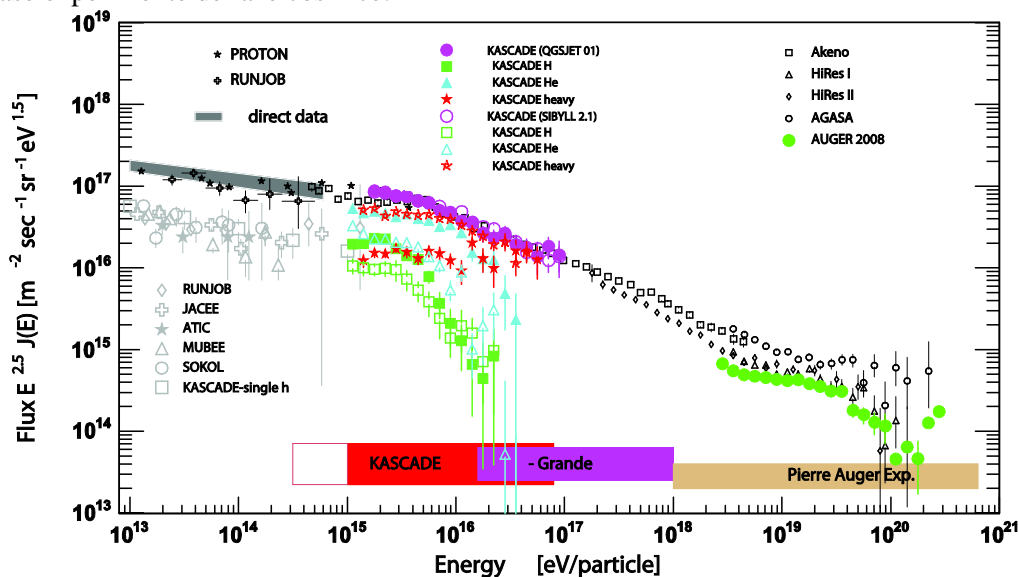


Figura 2.1 Spectrul de energie înregistrat de diferite experimente de raze cosmice.

În aceste condiții, studiul radiației cosmice constituie o oportunitate pentru a îmbogăți cunoașterea cu privire la sursele de particule de energie ultra-înaltă, a mecanismelor de accelerare și propagare precum și cunoașterea mecanismelor de interacțiune la astfel de energii (în condițiile în care din motive tehnice nu se prefigurează construirea în viitorul previzibil de acceleratoare de particule care să producă accelerații până la astfel de valori energetice).

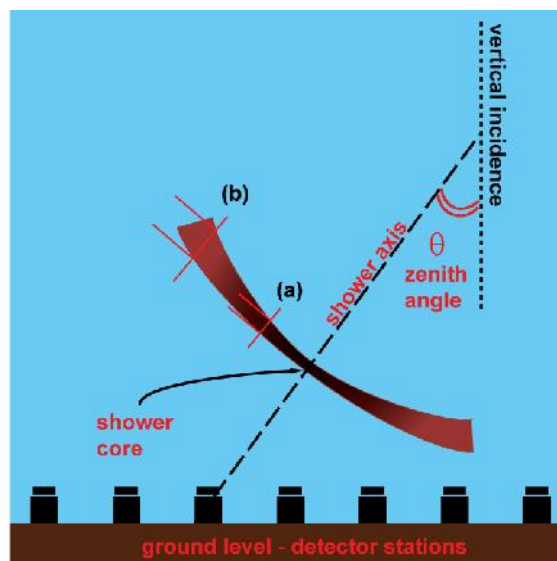


Figura 2.2 Reprezentare schematică a unei cascade atmosferice înclinate văzute din lateral la un moment dat de timp în timpul propagării spre suprafața de detecție (G. Toma, *KIT Scientific Publishing, KIT scientific report (2010) 7563*).

2.1.2 Radiația cosmică secundară – fenomenul EAS

Studiul radiației cosmice primare se face prin observație directă prin plasarea de detectori pe baloane de mare altitudine sau pe sateliți. Totuși astfel de observații directe nu sunt posibile decât pentru particule primare cu energie până la 10^{14} eV. Pentru energii mai mari fluxul de particule primare scade prea mult pentru a mai face posibilă o înregistrare a unui număr semnificativ de particule într-un timp rezonabil. Astfel, la cele mai mari energii, fluxul poate fi de doar o particulă pe kilometru pătrat pe secol. În aceste condiții se recurge la un studiu indirect al radiației cosmice, prin studierea efectelor pe care le produce prin interacția cu medii de volum mare, de exemplu atmosfera terestră, volume mari de roca (munți, sau chiar planeta Pământ) sau volume mari de apă în stare lichidă (mari) sau solidă (gheață precum calota polară de la Polul Sud). Pentru studiul de față este imediat relevantă interacția particulelor primare cu atmosfera terestră (dar după cum se va vedea nu sunt lipsite de interes și celelalte cazuri). Astfel, la interacția cu atmosfera terestră, particulele primare generează în atmosferă cascade de particule care se propagă cu viteze comparabile cu viteza luminii și pe o direcție care coincide practic cu traiectoria particulei primare. Aceste avalanșe de particule se numesc cascade atmosferice extinse (eng. Extensive Air Showers - EAS). Fenomenul a fost descoperit în 1938 de P. Auger et al. (*P. Auger, R. Maze and T. Grivet Mayer, Compt.Rend.Acad.Sci. 206 (1938) 1721*) și independent de W. Kohlhoerster et al. (*W. Kohlhoerster, I. Matthes and E. Weber, Naturwissenschaften 26 (1938) 576*). La un moment dat în timp aceste cascade iau forma unui disc ușor curbat, cu o grosime de câțiva metri spre centru, care crește pe măsură ce te depărtezi de centru radială mai mare față de centru - Figura 2.2. Detecția EAS se poate efectua mult mai ușor pentru particule primare de mare energie decât detecția particulei primare în sine. Aceasta datorită faptului că o cascada atmosferică include milioane de particule (sau chiar mai mult) și se poate extinde în timpul propagării prin atmosferă astfel încât să acopere suprafețe de mulți kilometri pătrați (pentru cascade uriașe chiar zeci de kilometri pătrați).

2.1.3 Detecția EAS cu implicațiile sale pentru studiul descris

O cascadă EAS începe cu o primă interacție între o particulă primară și un nucleu din atmosfera terestră. Particulele secundare rezultate din această interacție preiau o parte din energia primară și încep să se propage la rândul lor ciocnind alte nuclee din atmosfera terestră. Fenomenul se repetă

pentru un număr mereu tot mai mare de particule secundare, proces prin care energia primară este împărțită treptat la milioane de particule secundare. Inițial numărul de particule din EAS va crește progresiv până când va atinge un maxim în atmosferă. Maximul coincide cu momentul când particulele secundare au deja energie prea mică și nu mai pot genera la rândul lor alte secundare, ele termalizându-se în atmosferă. Începe astfel un proces de stingere al cascadei în care particulele secundare sunt atenuate în număr din ce în ce mai mare în atmosferă până când practic fenomenul EAS încetează.

2.2 APLICA II ALTERNATIVE DE COMUNICAȚIE ÎN TIMP REAL

Utilitatea soluțiilor realizate (respectiv rețeaua de trancivere) rezidă în posibilitatea de a monitoriza, analiza și gestiona în timp real procese rapide care au loc pe suprafețe relativ extinse (nu procese tehnologice punctuale), proces care se analizează în corelație, sau care se gestionează în corelație, cu aplicații precum:

- Aplicația IFIN-HH pentru detecția particulelor;
- Analize de interferență a undelor sonore și generarea unor unde sonore de atenuare (în antifază) pentru combaterea zgomotelor în orașe (sau în proximitatea unor surse de zgomote cum ar fi aeroporturile sau garile);
- Analize de interferență a undelor longitudinale și verticale care se propagă la cutremure și transmiterea semnalelor de alarmare a populației și de “shut down” a unor procese industriale (rețele de gaze, rețele de electricitate, activități nucleare);
- Analize de interferență a undelor longitudinale și verticale care se propagă la cutremure prin sol și clădiri (analize de seismicitate, analiza fenomenului de rezonanță între teren și clădire în caz de cutremure);
- Analize de interferență a undelor sonore în cazul unor aplicații de sonicitate (transmiterea energiei prin sunete), aplicații de eco-localizare sau pentru aplicații de tip “sonar” pentru prospectarea suprafețelor acoperite de ape, analiza comportamentului construcțiilor de mari dimensiuni (zgârie-nori, poduri) la vânt și cutremure;
- Aplicații de teleasistență și telemedicină:
- ✓ Comunicații punct la punct – între locații fixe predefinite:
 - Servicii de intervenții chirurgicale cu posibilitatea asistenței la distanță de către o echipă de specialiști, în completarea echipei care operează in-situ [transmisie la distanță de date (EKG, puls, ...etc), imagini microscop electronic, voce];
 - Act medical asistat la distanță desfășurat în zone izolate sau zone cu personal specializat și dotări medicale insuficiente (Delta Dunării, etc)
- ✓ Comunicații punct la punct – între locații fixe definite ad-hoc:
 - Rețedină a unui bolnav – spital (monitorizare funcțiilor vitale și aplicarea unui tratament, în special în zone izolate, ex. dializa la domiciliu cu monitorizare la distanță);
 - Intervenție în caz de necesitate (accidente, calamități, conflicte armate, etc): act medical / intervenție chirurgicală, asistarea actelor medicale în spitale de campanie sau la locul unor accidente;
- ✓ Comunicații punct – multipunct – între locații fixe predefinite (act medical cu posibilitatea asistenței la distanță de către specialiști aflați în locații diferite, în completarea echipei care activează in-situ);

- Monitorizarea unor procese / fenomene critice (pentru via și securitatea populației) și alarmarea populației sau luarea unor măsuri:
 - Explozii la centrale nucleare, reactoare chimice
 - Explozii solare, furtuni electro-magnetice (shut-down pentru echipamente electronice)
 - Avertizare de tsunamii
 - Monitorizarea traficului pe autostrăzi și alarmare în caz de accidente;
 - Asistență la distanță în cazul unor intervenții: descarcerare, antitero, monitorizarea granițelor;
 - Incendii de vegetație în zone populatate;

- Dezvoltarea unor industrii / domenii de activitate noi:
 - Robotic telepresence
 - Capacitate computațională distribuită (future cloud)
 - În industria jocurilor electronice (multiparty on-line game with voice communication, volumele de date în timp scurt cresc atractivitatea);
 - Dezvoltarea abilităților fizice și psihice prin simulări în mediul virtual;
 - Infrastructuri inteligente + automobile inteligente = Managementul traficului

Concurență: Achiziția datelor se realizează cu marca de timp (GPS), indiferent de întârziere sau poate reface și analiza derularea unui proces. Cel puțin pentru domeniile / aplicațiile (mai sus menționate) în care factorul uman este implicat în derularea fenomenului, abordarea „marca de timp și analiza ulterioară” în mod cert nu se poate aplica.

3 ANALIZA STRUCTURII MODELULUI EXPERIMENTAL. SPECIFICAREA TRANSCEIVERULUI RADIO SI DEFINIREA RESURSELOR NECESARE DEZVOLTarii ACESTUIA

3.1 *Descriere platforme Universal Software Radio Peripheral (USRP)*

În ziua de azi când vorbim despre prelucrarea semnalelor utile pentru implementarea echipamentelor radio definite prin software (Software Define Radio, SDR), platformele USRP au devenit o platformă hardware indispensabilă. Toate eforturile pentru a împinge implementările digitale către antenă (wireless) sau pe cablu (bazate pe fir) pot fi rezumate în SDR, Software Defined Radio. Împreună cu convertoare de mare viteză analog-digital și digital-analogice, având sau nu ieșire RF, diverse formate de transmisii (de exemplu Bluetooth, WLAN, DECT, ZigBee) pot furniza pe același hardware. Singurul lucru care se schimbă este software-ul, care implementează stiva de protocol și funcțiile nivelului fizic. Prelucrarea semnalelor va fi realizată în software și nu în hardware așa cum se întâmplă în varianta clasică. Acest lucru economisește bani și timp pentru dezvoltarea de noi platforme hardware.

În Figura 3.1. este ilustrat acest concept, observându-se cum procesul de conversie analog-numeric este efectuat imediat după antenă. Semnalul electromagnetic recepționat de către antenă este digitalizat, după care este trimis mai departe către blocurile de procesare în banda de bază care vor efectua prelucrările ulterioare (ex. demodulare, codare, etc). În SDR, puterea de procesare necesară pentru procesarea semnalului provine de la calculatorul universal (PC).

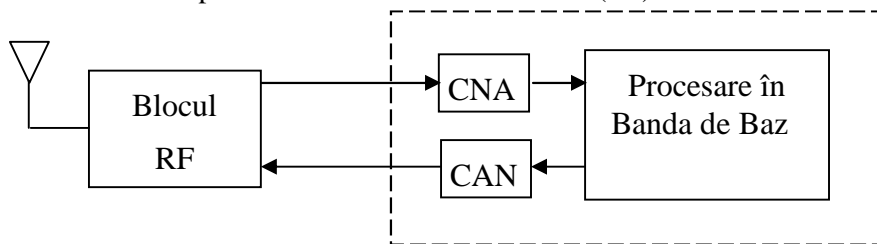


Figura 3.1 Structura unei Platforme SDR

USRP-urile sunt platforme integrate care încorporează convertoare Analog-Numeric/Numeric-Analog (CAN/CNA), circuite de tipul RF front end și FPGA-uri (Field-programmable gate array). USRP servește pe post de interfață între domeniul digital (calculator) și analogic (RF). În mai 2009, USRP-ul a fost extins cu un nou produs mai performant numit USRP2. USRP2 folosește un FPGA diferit, convertoare CAN și CNA cu domeniu dinamic mai mare și conexiune Gbit-Ethernet. Toate plăcuțele *daughterboard* USRP pot fi folosite în continuare.

3.2 *GNU Radio*

GNU Radio este un program gratuit și open-source ce conține o colecție de instrumente pentru dezvoltare software, care oferă blocuri de prelucrare a semnalului utile pentru implementarea radiourilor definite prin software. Acesta poate fi utilizat împreună cu diverse platforme hardware RF externe pentru a crea echipamente SDR, sau fără hardware pentru realizarea de simulări. GNU Radio este utilizat pe scară largă în comunitățile radio-amatoare, academice și comerciale pentru a sprijini atât activitățile de cercetare în domeniul comunicațiilor wireless cât și studiul sistemelor radio din lumea reală. [12]

Aplicațiile GNU Radio sunt în primul rând scrise folosind limbajul de programare Python, în timp ce funcțiile critice pentru performanță, de procesare a semnalului, sunt implementate în C++, folosind procesare cu extensie în virgulă mobilă, atunci când este disponibil.

Astfel, utilizatorul este în măsură să creeze sisteme radio în timp real și cu un debit util ridicat într-un mediu de dezvoltare a aplicațiilor rapid și simplu de utilizat. Programatorul va construi sistemul radio prin crearea unui graf de semnal în care nodurile reprezintă blocurile de procesare a

semnalului, iar legăturile reprezintă fluxul de date dintre aceste blocuri. Blocurile de procesare sunt scrise în C++, iar conectarea blocurilor între ele este realizată prin crearea de scripturi în limbaj Python ce vor forma graful final. Integrarea interfețelor C++ și Python se face cu ajutorul compilatorului SWIG.

În Figura 3.2 este prezentată structura unei aplicații GNU Radio. Conceptual, blocurile procesează fluxuri infinite de date ce le tranzitează de la porturile de intrare la porturile de ieșire. Printre atributele ce caracterizează un bloc se numără tipul de date ce îl parcurge, precum și numărul de porturi de intrare și ieșire. Cele mai folosite tipuri de date sunt `complex`, `float` și `short`. În pachetul GNU Radio sunt incluse aproximativ 100 de blocuri. Având în vedere faptul că în prezent informațiile sub formă grafică sunt mai ușor de folosite, GNU Radio oferă cu aplicația ei, GNU Radio Companion (GRC), posibilitatea de a forma un grafic cu ajutorul blocurilor elementare. Această aplicație oferă numeroase blocuri predefinite, organizate în diferite grupuri, ca de exemplu surse de semnal, cititoare de semnal, precum și funcții de modulare și demulare. Proprietățile unui bloc GRC sunt numite “parametri”. Aceștia pot fi setați static prin scrierea unui număr fix în cod sau a corespunzătoare sau cu valori variabile, care pot fi folosite pentru anumite calcule dependente (precum frecvența de eantionare), sau care pot fi schimbate în timpul rului proiectului. O variabilă, cunoscută în orice limbaj de programare, poate fi definită de către blocul GRC numit “Variable”. O posibilitate de a modifica valoarea unei variabile, în timp ce rulează proiectul, este să folosim *sliders*. În blocurile GRC slider sunt setate valoarea minimă, valoarea maximă și valoarea curentă. Valoarea curentă definește valoarea pe care o ia sliderul în momentul rului proiectului, valorile minimă și maximă definesc domeniul de valori posibile. Parametrii pot fi exprimați prin variabile. GRC recunoaște dacă o variabilă este setată pentru un parametru și dacă are tipul de date necesar. Dacă nu, GRC marchează această culoare și proiectul nu poate fi rulat. Beneficiul este că prin modificarea valorii unei variabile celelalte sunt calculate automat

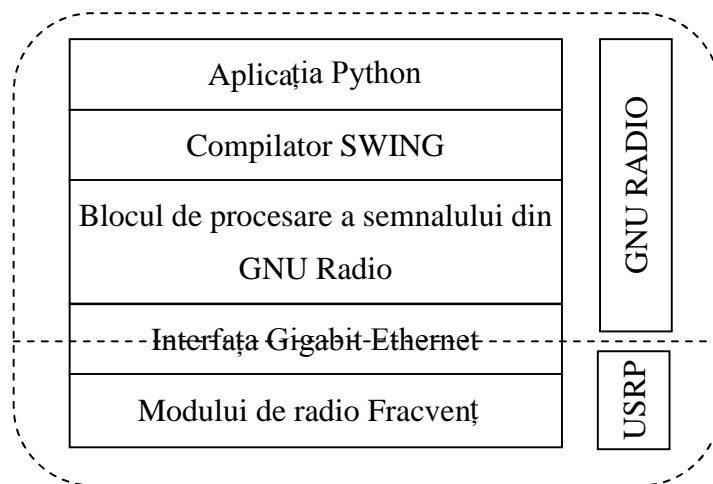
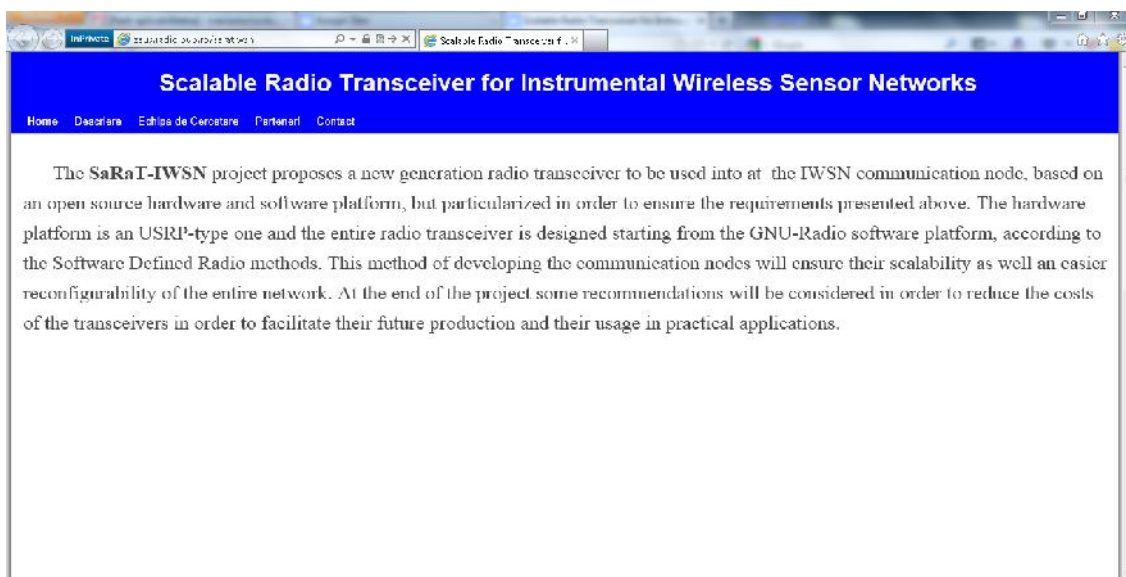


Figura 3.2 Structura unei aplicații GNU Radio

4 Raport diseminare 2012

4.1 Structura site/Site-ul proiectului



Site-ul proiectului are cinci pagini grupate în cele cinci pagini orizontale de sub titlul proiectului. În pagina principal (Home) avem o scurtă introducere a proiectului. În cea de-a doua pagină (Descriere) se găsește descrierea proiectului, scopul proiectului, și etapele acestuia. În cea de-a treia și în cea de-a patra tab se găsește atât membrii echipei de cercetare, respectiv partenerii proiectului. În ultimul tab, există un formular de contact prin care vizitatorii site-ului pot pune întrebări sau pot adresa sugestii echipei de cercetare.

4.2 Publicații dezvoltate și/sau prezentate în cadrul proiectului

Datorită faptului că prezentul proiect a început în a doua jumătate a anului curent (august 2011), nu au fost elaborate și prezentate încă articole dedicate integral proiectului. Pe de altă parte, o parte din articolele pe care participanții la proiect le-au avut în lucru în această perioadă, chiar dacă au fost inițiate sub egida altor proiecte, au avut în comun cu subiectul proiectului curent, drept care le amintim mai jos:

1. Craciunescu Razvan, Halunga Simona, Fratu Octavian, "Guard Interval Effects on OFDM /BPSK Transmissions over Fading Channels", *Proceedings of TELFOR 2012 Conference*, Belgrad, Serbia, 20-22 November 2012, pp. 471-474, ISBN 978-1-4673-2982-8. (IEEEExplore)
2. Vulpe Alexandru, Fratu Octavian, Craciunescu Razvan, "Performance evaluation of heterogeneous interworking using IEEE 802.21", *Proceedings of TELFOR 2012 Conference*, Belgrad, Serbia, 20-22 November 2012, pp. 498-501, ISBN 978-1-4673-2982-8. (IEEEExplore)
3. George Suci, Elena G. Ularu, Razvan Craciunescu, "Public versus Private Cloud Adoption – a Case Study based on Open Source Cloud Platforms", *Proceedings of TELFOR 2012 Conference*, Belgrad, Serbia, 20-22 November 2012, pp. 494-497, ISBN 978-1-4673-2982-8. (IEEEExplore)
4. Carmen Voicu, Simona Halunga, "MMSE detector using space-time diversity coding over Rayleigh fading channels", *Proceedings of ISETC 2012 Conference*, Timișoara, România, 14-17 Noiembrie 2012, pp. 209-212, ISBN 978-1-4673-1175-5. (IEEEExplore)
5. Emilia Zainea, Alexandru Marian, Octavian Fratu, Ioana Marcu, "Transition from Analog to Digital Broadcasting. A spectral efficiency review", *Proceedings of ICSETC 2012 Conference*, Timișoara, România, 14-17 Noiembrie 2012, pp. 171-174, ISBN 978-1-4673-1175-5. (IEEEExplore)

6. Alexandru Vulpe, Octavian Fratu, Razvan Craciunescu, Alexandra Munteanu ” Parameters that Influence the Transmission in DVB-T2 Mode”, acceptat pentru publicare – Analele Universit ii maritime din Constan a

5 **Concluzii**

În etapa I s-au analizat tipurile de aplicații specifice rețelelor de senzori și s-au definit cerințele și constrângerile radio ale transceiverului și aplicației de comunicație pentru detecția radioastronomică. S-a specificat că **utilitatea soluției** realizate (respectiv rețeaua de transceivere) rezidă în posibilitatea de a monitoriza, analiza și gestiona în timp real procese rapide care au loc pe suprafețe relativ extinse (nu procese tehnologice punctuale), procese care se analizează în corelație, sau care se gestionează în corelație, cu o serie de aplicații.

De asemenea, s-au **definit resursele necesare** dezvoltării transceiverului radio. Acesta va fi implementat pe o platformă de tip SDR prin intermediul unor plăcuțe USRP și a unui mediu de dezvoltare software a funcționalităților SDR de pe aceste plăcuțe.

În final, s-a **implementat site-ul proiectului**, o primă versiune fiind disponibilă la sfârșitul acestui an, urmând să fie îmbunătățit pe parcursul etapei a II-a. O serie de publicații ce abordează tematici asociate proiectului au fost publicate pe parcursul acestui an și sunt menționate în raport.

În concluzie, se poate afirma că toate obiectivele etapei I pe anul 2012 au fost îndeplinite.

Referin e

1. J. Mitola, "**Cognitive radio: An integrated agent architecture for software defined radio**" PhD Dissertation, Royal Inst. Technol. (KTH), Stockholm, Suedia, 2000.
2. Markus Dillinger , Kambiz Madani , Nancy Alonistioti „**Software Defined Radio: Architectures, Systems and Functions**”, Editura John Wiley & Sons, 2003
3. Hsiao-Hwa Chen, Mohsen Guizani, “**Next Generation Wireless Systems and Networks**”, Editura John Wiley & Sons, 2006.
4. Peter Kenington, „**RF and Baseband Techniques for Software Defined Radio**”, Editura ARTECH HOUSE, 2005
5. Mohamed Ibnkahla , “**Wireless Sensor Networks: A Cognitive Perspective (Adaptation in Wireless Communications)**”, Editura CRC PRESS, 2012
6. Di Palma, D.; Chiti, F.; Manes, G.; Bencini, L.; Collodi, G.; Fantacci, R.; Manes, A.; , "**Virtual macro site analysis using wireless sensor networks**" *Intelligent Solutions in Embedded Systems, 2008 International Workshop on* , pp.1-10, 10-11 July 2008
7. Bapat, S.; Leal, W.; Taewoo Kwon; Pihui Wei; Arora, A.; , "**Chowkidar: A Health Monitor for Wireless Sensor Network Testbeds**" *Testbeds and Research Infrastructure for the Development of Networks and Communities, 2007. TridentCom 2007. 3rd International Conference on* , pp.1-10, 21-23 May 2007