

1. Aspecte introductive

Majoritatea autorilor sunt de acord că **evoluția** telecomunicațiilor va consta într-o convergență între sistemele de comunicații mobile și rețelele IP, tinzându-se către asigurarea unei varietăți largi de servicii noi prin intermediul diverselor Tehnologii de Access Radio (RAT). Pentru a ajunge aici este obligatorie adoptarea unor cerințe pentru suportul neomogenității tehnicilor de acces wireless din punctul de vedere al serviciilor, modelor de mobilitate, capabilităților dispozitivelor etc.

Comunicațiile wireless actuale, aflate într-un puternic avans tehnologic, cuprind o multitudine de standarde pentru RAT. Dintre aceste, cele mai dese utilizate sunt Sistemul Global pentru comunicații Mobile (GSM), GPRS, UMTS, BRAN, diverse tipuri de Rețele de Wireless de Access Local (WLAN), WiMAX, DVB etc. Setul complet de tehnologii wireless tinde spre un concept de infrastructură globală, numită infrastructură de access wireless de după Generația a treia (***Beyond 3G Generation*** -B3G),. Aceasta tinde să ofere servicii inovatoare, bazate pe cerințele utilizatorilor, într-un mod eficient din punctul de vedere al costului. Pentru îndeplinirea acestui țel se folosesc noi concepte cum sunt *rețele cooperative* și *reconfigurabilitate*.

Conceptul de rețele cooperative presupune că diverse tehnologii, precum sistemele 2.5G/3G, BRAN/WLAN, WiMAX și DVB pot fi componente asociate unei infrastructuri neomogene de access wireless. Acest lucru permite furnizorului de servicii de rețea (NP) să se bazeze pe mai mult de o tehnologie RAT la diferite momente de timp și în diferite locații, în funcție de condițiile specifice întâlnite (spre exemplu, necesitățile din punctele cheie ale rețelei, modificarea cerințelor de trafic etc.). NP poate, de asemenea, conlucra cu alți furnizori pentru a găsi soluții alternative disponibile pentru maximizarea nivelelor QoS oferite utilizatorilor. Sunt necesare funcții de management avansat pentru a putea sprijini conceptul de rețea cooperativă. Această funcționalitate se referă la realocarea traficului către diverse RAT și rețele, precum și la punerea în corespondență a aplicațiilor cu nivelele QoS.

Trecerea către conceptul de *reconfigurabilitate* a fost inițiată ca o evoluție a tehnicii Radio Definită Software. Acesta tinde să ofere noi mecanisme terminalelor și rețelelor conferindu-le, în acest fel, posibilitatea de a se adapta în mod dinamic, transparent și securizat la cea mai potrivită tehnică RAT, în funcție de situația respectivă. Prin reconfigurare, segmentele rețelei devin capabile să schimbe RAT într-o manieră automată, astfel încât să gestioneze mai bine cererile apărute. Reconfigurabilitatea permite, de asemenea, alocarea dinamică a resurselor (precum spectrul) la nivelul RAT; de asemenea, este posibilă utilizarea unor procedee noi în legătură cu managementul eficient al întregului proces de reconfigurare. Acest management implică resursele disponibile, în special spectrul, precum și managementul asociat cerințelor aferente tehnologiilor RAT cooperative. Procesul de configurare și managementul corespunzător sunt detaliate în Secțiunea 2.

În concordanță cu observațiile anterioare, am remarcat o lucrare elaborată în cadrul grupului de reconfigurabilitate WWRP WG6 care are ca scop studiul principiilor care trebuie

avute în vedere pentru a face ca rețelele cooperative reconfigurabile să reprezinte o soluție de succes din punct de vedere comercial. Aceste principii se referă la managementul efectiv al resurselor disponibile, utilizarea cât mai eficientă a spectrului disponibil, managementul resurselor radio aparținând unor RAT diferite cu alocare fixă a spectrului și procesului de planificare inteligentă a rețelei.

2. Managementul Resurselor Radio prin prisma reconfigurării

Această secțiune prezintă principiile de bază ale Managementului Resurselor Radio în contextul reconfigurabilității. Sunt enumerate cerințele, aspectele tehnice și soluțiile.

2.1. Analiza Managementului Resurselor Radio

Reconfigurabilitatea capăt-la-capăt are un puternic impact asupra tuturor aspectelor sistemului, începând de la terminal, interfața radio și până la partea de rețea. Viitoarele arhitecturi de rețea trebuie să fie suficient de flexibile pentru a suporta scalabilitatea, precum și elementele de rețea reconfigurabile, cu scopul de a oferi cele mai bune soluții de management al resurselor corelate cu o dezvoltare eficientă a rețelei din punctul de vedere al costurilor. Scopul final al acestor noi soluții este de a crește eficiența spectrală prin utilizarea unor scheme de alocare a spectrului și de management al resurselor radio mult mai flexibile, deși se dorește și crearea unor mecanisme necesare pentru echilibrarea încărcării rețelei în vederea maximizării capacității sistemului, pentru optimizarea calității serviciului și de creștere a eficienței spectrului. Astfel, utilizatorii mobili vor beneficia de acestea prin posibilitatea de a accesa serviciile cerute când și unde au nevoie la un cost convenabil.

Dintr-un punct de vedere ingineresc cea mai bună soluție posibilă poate fi obținută doar când elementele rețelei radio sunt configurate în mod corespunzător și când sunt aplicate/aplicați metodele/algoritmii potriviți de management al resurselor radio. Cu alte cuvinte, managementul eficient al întregului proces de decizie de reconfigurare este necesar pentru a exploata avantajele oferite de reconfigurabilitate. În acest sens viitoarele rețele radio mobile trebuie să se confrunte cu provocarea de a oferi o calitate a serviciului ridicată prin suportarea serviciilor multimedia cu mobilitate și eficiență ridicate, luând în considerare chiar și reducerea resurselor de spectru. Deși mărimea spectrului de frecvențe limitează fizic capacitatea rețelelor radio, *soluțiile efective* de creștere a eficienței spectrale pot optimiza capacitatea disponibilă.

Analizând nevoile participanților importanți într-un sistem de comunicații mobile, de exemplu *Terminalul, utilizatorul, serviciul și rețeaua*, *soluțiile efective* pot fi utilizate pentru a defini configurația comunicației între *Terminal* și *Rețea*, în funcție de cerințele *Serviciilor* cerute de către *Utilizator*. Cu alte cuvinte, este necesar să fie identificate mecanismele potrivite de comunicație între echipamente, având la bază caracteristicile utilizatorilor și serviciile aferente lor. Acest lucru ridică întrebări legate de modul de gestionare în mod eficient a traficului în rețelele neomogene.

Terminalele mobile sunt caracterizate de o gamă largă de capacități influențate de capacitatea de prelucrare a RAT, de exemplu: compatibilitatea cu mai multe sisteme, puterea de prelucrare, mărimea afișajului, etc. Tehnologiile SDR care se dezvoltă rapid permit terminalelor mobile să fie adaptabile la diverse tehnologii RAT prin intermediul procedurilor de *descărcare de soft* (SD). Reconfigurabilitatea, ca și extindere a SDR, tinde să optimizeze

mecanismul de comunicație dintre terminal și rețea, cuprinzând protocoale definite pentru toate nivelele OSI (*Open System Interaction*).

Din punctul de vedere al utilizatorului, se așteaptă ca serviciile să depindă nu numai de un singur tip de trafic (soluția tradițională), ci de o multitudine de tipuri de trafic de la una sau mai multe rețele radio. Aplicațiile multimedia sunt destul de răspândite și au început să solicite transportul wireless. Ele acoperă tipuri de informație gen voce, date de control sau audio, video sau orice combinație a acestora. Un aspect important al sistemelor viitoare de comunicații radio îl constituie suportarea unui trafic multimedia cu rate de date de ordinul Mbps. Un utilizator mobil ar putea folosi serviciile de voce normale de acces de la terminalul mobil în medii cu mobilitate ridicată; s-ar putea utiliza un laptop pentru a accesa serviciile de date cu rate foarte ridicate în medii cu mobilitate scăzută. De exemplu, ratele de date oferite de sistemele UMTS FDD pot ajunge la 384 kbps pentru o acoperire de arie largă și la câțiva Mbps pentru acoperirea de arie locală, chiar și prin utilizarea unei singure benzi de frecvență. Cu un terminal multimod utilizatorul nu este limitat la o singură tehnologie RAT. Oricine este capabil să acceseze mai multe RAT, alternativ sau simultan. Rețeaua radio este responsabilă de selectarea celei mai accesibile și potrivite tehnici RAT sau a unei combinații de tehnici, având în vedere informațiile legate de rețea și de serviciul utilizatorului.

În concluzie, managementul resurselor radio (RRM) este un proces complex, dar necesar în dezvoltarea rețelelor 4G. El este alcătuit din resurse gestionate în mod dinamic, așa cum este spectrul, precum și din alocarea dinamică a traficului în rețelele RAT dintr-o infrastructură de acces fără fir neomogenă. De asemenea RRM poate fi văzut ca un o extindere a Managementului al Spectrului și Management Asociat Resurselor Radio (JRRM).

2.2. Managementul Spectrului Radio

Configurarea resurselor este mai nou un domeniu potrivit de cercetare în pictograma tehnologiilor de telecomunicații. Abordările actuale de alocare a spectrului, de natură fixă, nu permit ca benzile de frecvență să fie alocate în mod dinamic diverselor RAT. Coexistența și cooperarea diverselor tehnologii, care fac parte din infrastructura neomogenă, au condus la posibilitatea gestionării flexibile a spectrului într-o manieră dinamică. Nu mai sunt necesare benzi de frecvență fixe, garantate pentru fiecare tehnologie în parte, ci dimpotrivă, prin mecanisme inteligente de management benzile pot fi alocate dinamic tehnologiilor RAT astfel încât capacitatea fiecărei RAT este maximizată și interferența este minimizată.

În contextul lucrării, lucrul la managementul spectrului implică o scurtă prezentare a cerințelor de ordin tehnic pentru managementul flexibil al spectrului, unele activități actuale de cercetare și o viziune asupra spectrului în viitor, precum și probleme de reglementare.

2.3. Managementul Interdependent al Resurselor Radio (JRRM)

Au fost propuse și studiate o serie de mecanisme de control din schemele de comunicații dintre terminalele mobile și rețelele radio alcătuite dintr-un număr de tehnologii RAT care coexistă și cooperează una cu cealaltă, dar cu alocare fixă a spectrului. Asemenea mecanisme sunt definite de JRRM pentru rețelele neomogene. Prin procesul de reconfigurare este posibilă folosirea unor soluții multimod.

În proiectarea sistemelor wireless se întâlnesc probleme precum atenuarea semnalului, zgomotul terminalului, fading rapid datorat fenomenului de propagare pe căi

multiple, umbrire, interferență de access multiplu (MAI) și alte probleme legate de sistem, ca de exemplu relația reciprocă dintre puterea interferenței și durată, ambele date de adaptarea legăturii. Toate aceste probleme împiedică utilizarea eficientă a spectrului. Pe de altă parte resursele radio nu se referă doar la spectrul radio, dar și la drepturile de acces pentru utilizatorul individual mobil, perioada de timp în care utilizatorul este activ, codurile de separare a canalelor, puterea de transmisiune, modul de conectare, etc., aspecte care necesită ca funcțiile managementului să fie proiectate la momente de timp diferite. Mai mult de atât, resursele radio de la diverse rețele pot fi gestionate în mod asociat cu scopul de a rezolva problemele apărute în mod eficient. Termenul de JRRM este generalizat astfel: un set de mecanisme de control al rețelei care suportă proceduri inteligente de admisie a apelurilor și sesiunilor, distribuția traficului, a puterii și variații ale acestora, tinzând astfel la utilizarea optimă a resurselor radio și la maximizarea capacității sistemului. Aceste mecanisme lucrează simultan peste rețele RAT multiple având sprijinul necesar de la terminalele multimod/reconfigurabile.

În contextul JRRM se propune soluția Managementului Ierarhic al Resurselor Radio (HRRM). Deoarece specificațiile pentru HRRM diferă oarecum în funcție de scenariul pentru care este utilizat, se prezintă aici o generalizare a sa. HRRM poate fi implementat în totalitate sau, ca și concept general care poate fi utilizat pentru controlul eficienței radio, permițând componentelor RAT să fie partiționate în mod automat și dinamic. HRRM constituie ideea de bază care se bazează pe faptul că blocurile uzuale de nucleu ale funcționalității sunt adesea prezente în RAT, ceea ce permite specificarea tehnologiilor RAT complete printr-o formă de bază de *blocuri componente*. Acestea constituie, în esență, elemente într-o ierarhie, elemente ce sunt introduse secvențial pentru a genera o RAT completă.

3. Implementarea funcțiilor la nivelul fizic

În acest paragraf vom sintetiza modul în care funcțiile implicate în procesul de reconfigurare pot fi proiectate și implementate ținând seama de tehnologiile existente. Se va pune accentul pe tehnologiile Radio definite prin Software (SDR) actuale, care permit suportul funcțiilor de prelucrare la nivelul fizic. În același timp sunt prezentate posibilele viitoare tehnologii care să permită depășirea limitelor pe care actualele tehnologii le impun.

Un rezumat al tehnologiilor actuale și al celor de perspectivă care permit suportul modulelor reconfigurabile pentru Conversia Analog-Digitală (ADC), pentru antene, pentru blocul de RF și pentru prelucrarea a digitală a semnalului este prezentat în tabelele următoare.

Curren

† Tabelul 1. Tehnologii actuale și de perspectivă pentru Conversia Analog-Digitală (ADC)

	Tehnologii actuale	Tehnologii de perspectivă
ADC	- Pe bază de siliciu – cea mai buna rată de eșantionare Nyquist în jur de 10 Gigașantioane/s	- Pe bază de superconductivitate - Pe baze optice

Current Enabling Te Tabelul 2. Tehnologii actuale și de perspectivă pentru antene

	Tehnologii actuale	Tehnologii de perspectivă
Miniaturizare	Antene de tip PIFA (Planar Inverted F Antenna)	- Stabilirea lungimilor antenelor având la bază căile actuale (Antene bazate pe fractali) - Antene de tip capacitiv sau selfic charging based (PIFA)
Multi-bandă	Asocierea mai multor rezonatori cu introducerea de fante	- Asocierea mai multor rezonatori cu folosirea unei anumite geometrii pentru antena (de ex. Antenele bazate pe fractali) - Adaptarea lungimii de undă prin comutarea componentelor variabile (de ex. Sistemele Micro-Electro-Mecanice (MEMS) sau bazate pe diode PIN)
De bandă largă	Antene planare	- Rezonator dielectric - Asocierea mai multor rezonatori de frecvențe diferite - Antene independente de frecvență (de ex. Antene biconice sau spirala) - Sistemele Micro-Electro-Mecanice (MEMS)

Current Enabli Tabelul 3. Tehnologii actuale și de perspectivă pentru modulele RF

	Tehnologii actuale	Tehnologii de perspectivă
Filtre	- Ordinul filtrului astfel încât sa acopere o gamă largă de frecvență - Filtre ajustabile electronic pe bază de varactoare	- Filtre trece bandă bazate pe superconductivitate – de tip analogic - Filtre trece bandă bazate pe comutatoare MEMS – de tip analogic
Amplificatoare	- Specifice fiecărei benzi de frecvență – bazate pe tehnologii RF analogice (până la 2 GHz) - Comutarea amplificatoarelor pentru diferitele benzi pe bază de software	- Tranzistori pe bază de siliciu-germaniu (ar permite operarea până la 40 GHz) - Amplificatoare ultra liniare
Oscilatoare	- Oscilatoare de frecvență fixă - Oscilatoare controlate în tensiune de tip analogic de fază fixă: <ul style="list-style-type: none"> • De bandă îngustă (factor de calitate mare); • De bandă largă (sistem liber) - Oscilatoare controlate în tensiune de tip digital de fază fixă: <ul style="list-style-type: none"> • Oscilatoare controlate numeric (NCO) 	- Oscilatoare controlate în tensiune de bandă largă bazate pe Sisteme Micro-Electro-Mecanice (MEMS) - Oscilatoare precise echilibrate în cuadratura pentru realizarea arhitecturilor de tip conversie directă la joasă frecvență (direct down conversion) - Joncțiuni multiport bazate pe Circuite Integrate Monolitice de Microunde (MMIC)
Mixere	- Mixere analogice - bazate pe Circuite Integrate Monolitice de Microunde (MMIC). Sunt necesare mai multe mixere pentru acoperirea unei benzi mai largi de frecvență (prin comutarea lor)	- Joncțiuni multiport bazate pe Circuite Integrate Monolitice de Microunde (MMIC)

	- Mixere digitale – bazate pe ASIC, FPGA, DSP, DDS	
--	--	--

Tabelul 4. Tehnologii actuale și de perspectivă pentru prelucrarea digitală a semnalelor

	Tehnologii actuale	Tehnologii de perspectivă
Configurabile	- Circuite integrate pentru aplicații specifice (ASIC)	
Reconfigurabile	- Procesoare digitale de semnal (DSP) - Circuite programabile de tip FPGA	- Mașini de calcul reconfigurabile (la nivel de algoritm și operațional) - Procesoare de uz general (GPP) folosind cod portabil - Abordări de tip ASIP (Procesoare cu set de instrucțiuni configurabil pentru o anumită aplicație)
Reconfigurabile Dinamic		- Convergența tehnologiilor (arhitecturi hibride DSP/ASIC/FPGA) - Circuite FPGA avansate - Circuite analogice programabile (FPAA) - Mașini de calcul reconfigurabile (la nivel de algoritm și operațional) – doar ACM asigură reconfigurabilitate dinamică - Procesoare de uz general (GPP) folosind cod portabil - Abordări de tip ASIP (Procesoare cu set de instrucțiuni configurabil pentru o anumită aplicație)

4. Concluzii

Aplicațiile tehnologiei radio cognitiv în gestionarea inteligentă a resurselor radio poate contribui în mod esențial la accelerarea evoluției tehnologiilor de acces radio prin reducerea stresului generat de limitarea spectrului radio disponibil. Pentru aceasta este necesară o abordare pe multiple planuri a problematicii din domeniu începând cu tehnologiile implicate la nivelul fizic continuând cu tehnicile de prelucrare a semnalelor corespunzătoare sondării mediului electromagnetic și cu algoritmi implicați în decizia cu privire la disponibilitatea unor anumite canale radio. De asemenea trebuie concepuți algoritmi capabili să ia decizii dependente de locație pentru a ține cont de politicile locale de gestionare a spectrului. Echipa de cercetare a identificat un set de procesoare de semnal bazate pe tehnologia FPGA care urmează a fi procurate în cursul primului semestru al anului 2008 și care vor fi utilizate pentru a implementa echipamente capabile să studieze mediul electromagnetic și să ia decizii cu privire la oportunitatea utilizării unor anumite resurse la un anumit moment. Sperăm că procedurile de licitație, modul de aplicare a acestora în UPB, ne vor permite procurarea în timp util a acestor echipamente.

Bibliografie

- [ALV1] Ian F. Akyildiz, Won-Yeol Lee, Mehmet C. Vuran, and Shantidev Mohanty, "NeXt generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey," *Computer Networks Journal* (Elsevier), Vol. 50, pp. 2127-2159, September 2006.
- [CMWB] Čabrić D., Mishra S. M., Willkomm D., Brodersen R, *A Cognitive Radio Approach for Usage of Virtual Unlicensed Spectrum*, Proc. of 14th IST Mobile Wireless Communications Summit 2005, Dresden, Germany, June 2005
- [DKK1] P. Demestichas, N. Koutsouris, G. Koundourakis, et al, "Management of networks and services in a composite radio context", *IEEE Wireless Commun. Mag.*, Vol. 10, No. 4, Aug. 2003, pp. 44-51
- [DDG1] G. Dimitrakopoulos, P. Demestichas, D. Grandblaise, et al, Cognitive Radio, Spectrum and Radio Resource Management, *White paper of Wireless World Research Forum*, Working Group 6, 2004
- [FCC1] Federal Communications Commission, *Cognitive Radio Technologies Proceeding (CRTP)*, <http://www.fcc.gov/oet/cognitiveradio/>.
- [HFA1] O. Holland, Q. Fan, A. H. Aghvami, "A Dynamic Hierarchical Radio Resource Allocation Scheme for Mobile Ad-Hoc Networks," *IEEE PIMRC 2004*, Barcelona, Spain, September 2004
- [HTS1] Hoven N., Tandra R., Sahai A., *Some Fundamental Limits on Cognitive Radio*, *Wireless Foundations*, EECS, University of California at Berkeley, February 11, 2005
- [JXX1] Jondral F.K., *Cognitive Radio – A Necessity for Spectrum Pooling*, Paris, March 28, 2006
- [MES1] Minden, G.J.; Evans, J.B.; Searl, L.S.; et al. "A.;Cognitive Radios for Dynamic Spectrum Access - An Agile Radio for Wireless Innovation", *IEEE Comm. Magazine*, Volume 45, Issue 5, May 2007 pp. 113 – 121
- [PXX1] Poole, I, ;What exactly is... cognitive radio?, *Communications Engineer*, Volume 3, Issue 5, Oct.-Nov. 2005 Pp.42 - 43
- [STMH] Sahai A., Tandra R., Mishra S. M., Hoven N., *Fundamental Design Tradeoffs in Cognitive Radio Systems*, Available at: <http://www.eecs.berkeley.edu/~sahai/Papers/TAPAS06.pdf>
- [SXX1] Suzuki, Y. (2002). *Interoperability and Regulatory Issues around Software Defined Radio (SDR) Implementation*, *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E85-B, No. 12, pp. 2564-2572, December
- [WXX1] Walko, J., *Cognitive radio*, *IEE Review*, Volume 51, Issue 5, May 2005 Page(s):34 – 37
- [CXX1] M. Cave, "Review of Radio Spectrum Management," UK Department of Trade and Industry, 2002, Available at: <http://www.spectrumreview.radio.gov.uk/>
- [XXX1] Wireless Center, *All Wireless Articles*, posted on the 10'th of January 2007, available at <http://www.wireless-center.net>.