

10. Prezentarea proiectului in limba romana:

10.1. Importanta si relevanta continutului stiintific

Scopul proiectului: În societatea informațională în curs de formare rețelele fără fir (wireless) și serviciile aferente vor deveni cel puțin la fel de răspândite cum este în prezent telefonia mobilă celulară. Ca urmare este de așteptat ca cererea de astfel de servicii să crească în viitorul apropiat ceea ce înseamnă că va fi necesară capacitate de trafic mult mai mare și o presiune sporită la nivelul alocării spectrului. Deși utilizarea de tehnici avansate de prelucrare a semnalului va conduce la o utilizare mai eficientă a spectrului chiar și în mediile tradiționaliste cu privire la controlul și administrarea spectrului, se acceptă faptul că *metodele de gestionare a spectrului folosite în prezent și-au atins limitele și nu mai sunt optime*. Studiile referitoare la utilizarea spectrului au arătat că majoritatea benzilor alocate sunt utilizate sub limită. *O rezervă considerabilă de spectru RF ar putea fi obținută atunci când ambele dimensiuni de utilizare a frecvențelor: timpul și spațiul, vor fi luate în considerare. Realizând o analiză În aceste condiții s e constată că* problema insuficienței spectrului, așa cum este percepută astăzi, reprezintă în majoritatea cazurilor un caz de management ineficient al spectrului și nu o problemă de spectru insuficient.

Urmare a unor astfel de observații organismele de reglementare au decis să analizeze cu atenție modele de acces mai flexibile. De exemplu, parlamentul european a adoptat în februarie 2007 o rezoluție [EUR1] care încurajează liberalizarea spectrului acceptând neutralitatea față de tehnologii și servicii, flexibilitatea și crearea unei piețe secundare iar, în SUA, Comisia Federală de Comunicații (FCC) și-a manifestat interesul pentru a permite accesul fără licență în spațiile libere din benzile TV.

Un rol important în studierea contextului electromagnetic și în decizia cu privire la frecvențele care pot fi utilizate la un anumit moment de timp îl are receptorul. Pentru construirea unui receptor capabil să-și asume astfel de sarcini vor trebui utilizate noi concepte și arhitecturi. **Sistemul radio cognitiv (CR)**[INT1][HXX1][FCC1], construit pe baza tehnologiei **echipamentelor radio definite prin software (SDR)** [SDR1][DXX1], este conceput ca un sistem inteligent de comunicații wireless (fără fir) conștient de mediul de lucru și care utilizează metoda de învățare constructivă pentru a învăța de la mediu și pentru a se adapta la variațiile statistice ale stimulilor de intrare. Aici pot fi identificate două obiective principale: *realizarea de comunicații de înaltă fidelitate oricând și oriunde și utilizarea eficientă a spectrului radio*. Mulți dintre specialiști sunt de părere că o astfel de tehnologie reprezintă un răspuns promițător la problema formulată.

Deoarece evoluția tehnologiei **Radio Cognitiv** este relativ scurtă (mai puțin de 10 ani) și activitatea de standardizare are ca prim reper anul 2010 există multe aspecte care trebuie studiate și dezvoltate. Se are în vedere conceptul **Radio Cognitiv** însuși și continuând cu algoritmi folosiți pentru prelucrarea semnalului în vederea sesizării activității RF, pentru adaptarea la noi medii geografice și politici de decizie până la specificarea tehnologiilor utilizabile la realizarea blocurilor de înaltă frecvență ale receptorului (secțiunea terminală analogică, antene etc.). Considerăm că evoluția și studiul **tehnologiei CR** oferă o bună ocazie pentru membri Catedrei de Telecomunicații și din Centrul de Cercetare și Prelucrare a Semnalului din UBP care au preocupări în domeniu de a fi implicați în activități de vârf de cercetare/dezvoltare la nivel atât național, cât și internațional.

1. Starea actuală în comunicațiile care se bazează pe folosirea spectrului RF: Se anticipează că viitorul telecomunicațiilor va consta în convergența sistemelor de comunicații mobile actuale către rețelele bazate pe IP conducând la asigurarea unei mari varietăți de servicii inovative prin folosirea unei multitudini de **Tehnologii Radio de Acces (RAT)**. Pentru a se materializa această viziune este strict necesar să se accepte ideea de eterogenitate în tehnologiile de acces wireless care includ diverse servicii, diverse modele de mobilitate, diverse performanțe ale dispozitivelor etc. Mai mult este la fel de important să se inițieze cercetări semnificative în tehnologiile de funcționare a rețelilor complexe. Un exemplu din acest punct de vedere poate fi considerat proiectul European ENTHRONE [ENT1], în care colectivul nostru a fost implicat care studiază posibilitatea livrării datelor cu garanții de calitate, de la cap la cap peste rețele eterogene. Comunicațiile wireless actuale, care sunt în fruntea evoluției tehnologice, cuprind o multitudine de standarde RAT. Dintre acestea cele mai des utilizate sunt: GSM, GPRS, UMTS, BRAN, WLAN, DVB, WiMAX etc. Mai mult setul complet de tehnici wireless este în curs de a fi transformat într-o infrastructură globală de acces wireless numită *Dincolo de generația a 3a (Beyond 3rd Generation, B3G)*. Aceasta are ca scop crearea posibilității de a oferi servicii noi bazate pe cererile utilizatorului, eficiente din punctul de vedere al costurilor. Concepte majore care contribuie la această evoluție sunt *rețelele colaborative* [DPS1] și *reconfigurabilitatea* [DVK1].

Conceptul de rețele *colaborative* presupune că diversele tehnologii, precum sistemele 2.5G/3G celulare,

BRAN/WLAN, DVB etc. pot fi componente ale unei infrastructuri eterogene de acces wireless. Aceasta permite ca un Distribuitor de Rețea (Network Provider, NP) să se bazeze pe una (sau chiar pe mai multe) dintre câteva tehnologii radio de acces în funcție de condițiile specifice întâlnite (de ex.: cerințe pentru locații suprasolicitate, modificarea cerințelor de trafic etc.) la diverse momente și în locații diferite. Acest distribuitor poate coopera cu alți distribuitori pentru a găsi soluții alternative viabile în scopul maximizării QoS pentru serviciile oferite utilizatorilor. Pentru a implementa conceptul de rețea **colaborativă** este necesară o administrare (management) avansată a rețelelor aspect care a fost abordat în ultimii ani au fost realizate numeroase studii [DPS1][DKK1]. Modul de funcționare **colaborativ** presupune realocarea traficului către diverse tehnologii de acces radio și diverse rețele, precum și punerea în corespondență a aplicațiilor cu nivelele QoS. Trecerea către **conceptul de reconfigurare** a fost inițiată ca o evoluție a conceptului **Sistem Radio definit Software [SDR1]**. S-a urmărit crearea mecanismelor esențiale necesare terminalelor și rețelelor pentru ca acestea să se poată adapta dinamic, transparent și sigur celei mai potrivite tehnici radio de acces în funcție de situația curentă. Prin reconfigurare, anumite segmente ale unei rețele sunt capabile să-și modifice tehnica de acces într-un mod organizat, permițând o mai bună gestionare a cererilor de servicii. În acest context **reconfigurabilitatea** permite **alocarea dinamică a resurselor** (de exemplu spectrul) către tehnicile de acces.

Având în vedere cele prezentate mai sus precum și cea mai utilizată definiție a **tehnologiei radio cognitiv** [HXX1][MXX1] se poate afirma că un rol semnificativ în rezolvarea cerințelor de administrare eficientă a spectrului, în acest context, îl va juca această tehnologie care a apărut în ultimii zece ani. Într-adevăr, **echipamentele radio cognitiv** au la bază un echipament radio definit software, și reprezintă un sistem inteligent de comunicații wireless capabil să recunoască mediul și să folosească metoda de învățare constructivă pentru a învăța de la mediul electromagnetic și a se adapta la variațiile stimulilor de intrare. Mai mult se pot identifica două scopuri pentru această acțiune: a) *asigurarea unei comunicații de înaltă fidelitate oricând și oriunde;* b) *utilizarea eficientă a spectrului radio.*

Având în vedere considerațiile de mai sus **Grupul de Reconfigurare WG6** din cadrului **Forumului Mondial de Cercetare pentru Comunicații fără Fir (Wireless World Research Forum)** a realizat o lucrare (White Paper)[DDG1] cu scopul de a prezenta principiile la care trebuie să se adere pentru a obține **rețele reconfigurabile** cu succes din punct de vedere comercial. Aceste principii se referă la administrarea resurselor, cum ar fi: utilizarea mai eficientă a spectrului disponibil, administrarea resurselor radio aparținând unor tehnici radio de acces diverse cu alocare fixă a spectrului și procesul de planificare inteligentă a rețelei.

În primul rând autorii iau în considerare caracteristicile generale pentru **Managementul Resurselor Radio (RRM)** oferind o analiză a acestui proces precum și cerințele pentru o administrare eficientă asociate cu o serie de considerații tehnice. Lucrarea pune la dispoziție o trecere în revistă a soluțiilor preconizate și o posibilă variantă de administrare a spectrului. Deoarece în prezent spectrul este o resursă limitată este necesar să fie utilizat eficient; colaborarea între rețele poate oferi o cale în utilizarea eficientă a spectrului pentru viitoarele sisteme de comunicații. În analiza soluției de administrare impusă sub denumirea de **Managementul în Comun al Resurselor Radio (Joint Radio Resource Management, JRRM)** se merge de la un studiu de fezabilitate, la o vedere de ansamblu a schemei funcționale propuse și la evidențierea câtorva teme importante de cercetare legate de JRRM. O secțiune specială abordează aspecte privind **Planificarea Dinamică a Rețelelor** care permite utilizarea de noi tehnologii care să permită Administrarea Flexibilă a Spectrului și JRRM într-un context de reconfigurabilitate implementat pe baza **tehnologiei radio cognitiv**.

Având în vedere importanța selecției dinamice a frecvențelor pentru administrarea eficientă a spectrului vom analiza pe scurt o schemă funcțională (Figura 1) care pune în evidență principalele funcții necesare pentru a o implementa. Folosind tehnologia **radio cognitiv** soluția realizată poate sta la baza echipamentelor radio care țin cont de politicile de alocare a spectrului (policy based radio).

Cerințele funcționale pentru blocul 1:

- *Funcționarea în timp real, bandă largă, putere mică, detectarea spectrului și*
- *Politici de reglementare și informații de utilizare a spectrului care pot fi descărcate și citite automat, ambele fiind sensibile la timp și la localizarea în spațiu,*

sunt cerințele critice pentru soluțiile tehnologice alese. Selecția dinamică a frecvențelor necesită capacitatea de lucru în timp real, pe o bandă largă de frecvențe și cu detectarea spectrului utilizat. Acesta este procesul de eșantionare a canalului prin care se determină gradul de ocupare. Trebuie remarcat că nu există o definiție pe baza căreia să se definească faptul ca un canalul este ocupat; sunt implicați câțiva factori inclusiv sensibilitatea receptorului, momentele și intervalul de eșantionare, pragurile folosite pentru a separa zgomotul de bandă largă de semnal etc.

Totodată trebuie precizat că pe lângă capacitatea de detecție a unor semnale mici mai este necesară capacitatea de a răspunde în mod dinamic la schimbarea reglementărilor, adică a regulilor care controlează funcționarea sistemului radio. Această capacitate permite adaptarea la politicile care se schimbă în timp și spațiu.

Situația reală a reglementărilor poate fi descărcată de pe internet într-un format adecvat citirii de către echipament.

Cerințele funcționale pentru blocul 2: *evaluarea în timp real a datelor despre spectru și determinarea rapidă a formelor de undă* include o analiză a datelor disponibile pentru a stabili dacă un anumit canal este adecvat pentru a fi utilizat. Acest proces de identificare include o caracterizare a datelor și folosește această informație pentru a stabili dacă un anumit canal este utilizat de un alt serviciu sau sistem de comunicație. Procesul de identificare include de asemenea comunicarea cu o parte din vecini deoarece ceea ce poate părea liber la un anumit capăt al canalului poate să nu pară la fel din capătul celălalt. Pentru unele subsisteme mobile wireless acest mod de lucru poate necesita un canal pilot de bandă îngustă. Blocul 3 din Figura 1 corespunde sintezei formei de undă dinamice și frecvenței care sunt potrivite pentru utilizare la un moment dat și într-o locație dată. Acest lucru conduce la necesitatea ca rețeaua să se adapteze la noile condiții de lucru (blocul 4).

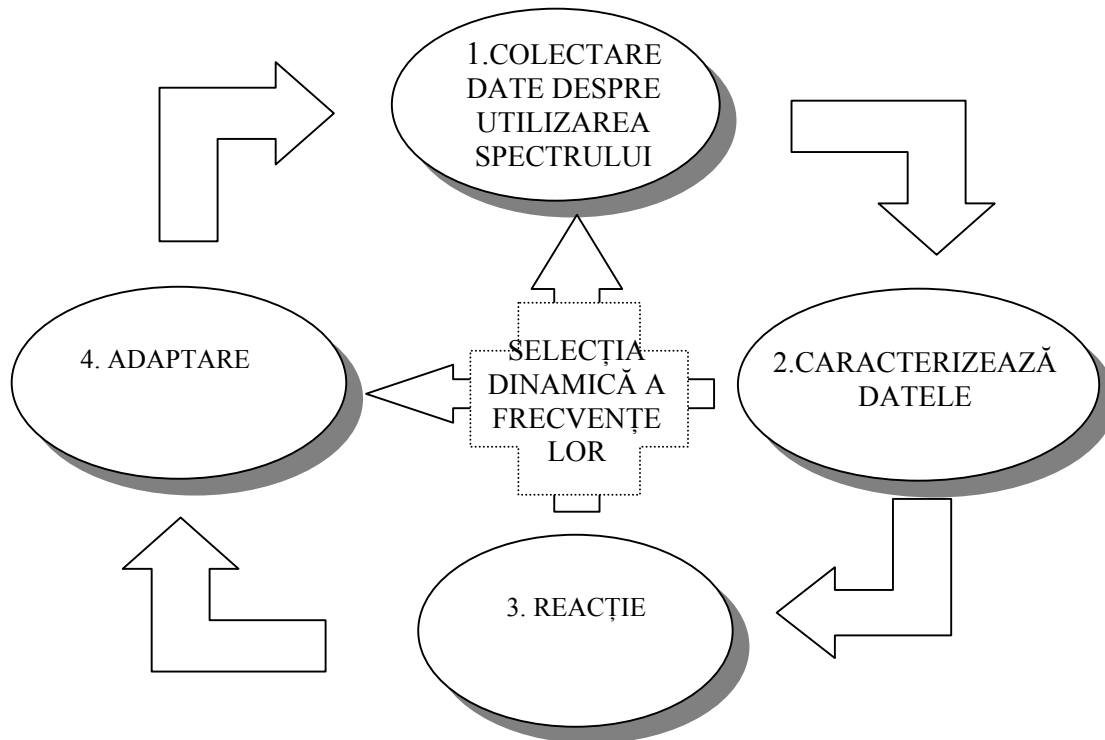


Figura 1. Selecția Dinamică a Frecvențelor bazată pe tehnologia radio cognitiv

2. Tehnologia radio cognitiv și utilizarea eficientă a spectrului: Majoritatea autorilor lucrărilor consultate sunt de acord cu faptul că cele mai multe dintre funcțiile menționate anterior pot fi implementate cu ajutorul noii tehnologii: **tehnologia radio cognitiv (CR)** [DGA1][CLX1][ALV1][HDH2]. CR a fost propusă recent pentru a implementa un anumit tip de inteligență care permite unui terminal radio să detecteze automat, să recunoască și să utilizeze la scară largă orice spectru sau frecvență radio disponibile la un anumit moment. Tehnologia CR scoasă la lumină de Mittola [MXX1] în teza sa de doctorat este recunoscută de întreaga comunitate a cercetătorilor din domeniul comunicațiilor wireless ca fiind extrem de promițătoare. În acest an va fi organizată o conferință pe tema CR în Orlando, Florida (**CrownCom2007**) și un simpozion la Las Vegas în ianuarie 2008 (ediția a 2-a pentru fiecare). Sute de articole au fost scrise pe această temă. Pentru a înțelege rolul tehnologiei CR trebuie remarcat că utilizarea oricărei benzi de frecvențe disponibile se va face curând pe baze pur **oportuniste**, mulți cercetători afirmând că era alocării fixe a benzilor de frecvențe este la sfârșit. Cu alte cuvinte un utilizator va putea folosi orice sector liber din spectru pentru schimbul de informații și va înceta să-l folosească atunci când un utilizator de bază al aceluia sector va iniția o comunicație. Astfel tehnologia CR stă la baza a ceea ce se mai numește *radio inteligent*, *radio agil în frecvență* sau *radio adaptabil prin software* etc. Din aceleași motive tehnicile CR pot, în multe cazuri, permite evitarea folosirii cu licență a spectrului care nu este utilizat sau este utilizat foarte puțin; acest lucru se poate realiza fără a interfera negativ activitățile realizate sub licență. Evident utilizatorii de bază încă nu sunt convingși că asemenea interferențe pot fi evitate. Ca

atare susținătorii proiectului CR trebuie să facă eforturi considerabile pentru a implementa algoritmi și terminale adecvate cu rezultate convingătoare.

Folosind tehnologia CR pot fi concepute **rețele radio cognitive**: rețele inteligente care pot detecta automat mediul și își pot adapta corespunzător parametrii de comunicație. Acest tip de rețele au aplicații legate de accesul dinamic la spectru, co-existența diverselor rețele wireless, managementul interferențelor etc.

Ele sunt concepute pentru a sta la baza generațiilor viitoare de dispozitive, protocoale și aplicații. În mod evident modelul **rețelelor radio cognitive** prezintă numeroase probleme tehnice legate de proiectarea protocoalelor, de eficiența d.p.d.v. al puterii, de managementul spectrului, de detecția spectrului, de garanțiile QoS și de securitate. Depășirea acestor inconveniente devine și mai dificilă datorită altor aspecte cum ar fi: politicile neuniforme de alocare a spectrului și altor resurse radio, considerentele economice, efectele negative ale propagării în legăturile wireless și mobilității utilizatorilor.

Cercetările legate de tehnologia radio cognitivă au un istoric foarte scurt, mai puțin de 10 ani. Va fi necesar să se depășească multe probleme tehnice înainte ca acest tip de echipamente să fie realizate la scară largă din p.d.v. comercial. Din punctul de vedere al folosirii tehnicilor radio cognitiv pentru utilizarea eficientă a spectrului RF se disting două situații:

- *Echipamente radio cognitiv fără licență care operează în benzi fără licență*
- *Echipamente radio cognitiv fără licență ce operează în benzi cu licență.*

Fiecare categorie are probleme specifice pentru a asigura funcționarea cu succes. În mod particular, implementarea celei de-a doua categorii pune probleme deoarece există multe zone din spectrul radio utilizate de receptoare pasive precum cele din radioastronomie în care sunt observate semnale foarte slabe provenite de la mare distanță. Puterea uzuală a unui semnal în radioastronomie este de mai puțin de a trilion-a parte dintr-un watt. Detectarea și evitarea acestor receptoare pasive este o problemă extrem de dificilă și ar putea fi rezolvată numai dacă se impune ca orice dispozitiv care lucrează în această bandă să fie capabil să-și determine poziția și să evite utilizarea zonei de spectru corespunzătoare atunci când se află în apropierea unor receptoare așa de sensibile.

Trebuie admis faptul că există o diferență uriașă între ceea ce se așteaptă să facă un sistem radio cognitiv și ce se poate realiza prin implementarea unui prototip de sistem radio cognitiv în momentul de față. Nu există dubii, însă, că dezvoltarea cu succes a tehnologiilor radio cognitiv va conduce la îmbunătățiri legate de eficiența spectrală, de performanțe și de interoperabilitate între diverse rețele wireless funcționând ca un întreg, dar trebuie așteptată evoluția tehnologiilor asociate. O aplicare largă a acestor tehnici va aduce schimbări fundamentale în mentalitățile legate de alocarea și specificarea spectrului radio în diferite benzi de frecvență.

Înainte de a analiza pe scurt câteva aspecte referitoare la utilizarea tehnicii CR în contextul câtorva **Tehnologii Radio de Acces** iată câteva probleme care trebuie rezolvate prin activități de cercetare dezvoltare în următorii ani și dintre care am selectat și noi obiectivele acestui proiect:

1. Noi concepte și algoritmi pentru sisteme radio agile în frecvență și pentru protocoalele de etichetare a spectrului;
2. Arhitectura și proiectarea unor rețele adaptive wireless bazate pe tehnologia radio cognitiv;
3. Evaluarea detaliată a sistemelor radio cognitive de scară largă utilizând metode alternative;
4. Măsurători de spectru și validarea experimentală a metodelor propuse;
5. Platforme hardware și software pentru tehnicile radio cognitiv.

Aplicații radio cognitiv pentru WLAN. Este larg răspândită părerea conform căreia aspectele tehnice care stau la baza WLAN reprezintă o rampă de lansare pentru tehnica radio cognitiv. WLAN încorporează deja trăsături esențiale ale acestei tehnici cum ar fi **DFS (Selecția Dinamică a Frecvențelor)** și **TPC (Controlul Puterii de Emisie)** [IEE4][XXX1]. De asemenea, în timp ce secțiunea terminală RF poate necesita receptoare/emitoare de bandă largă, secțiunea hardware a acestor echipamente există iar secțiunea software implică doar apariția unei generații de inginerie soft care să pună la dispoziție funcții de filtrare, selecția benzii și evitarea interferențelor sub forma unor module software care pot fi incluse în echipamentul radio. Ne propunem să facem o scurtă trecere în revistă a elementelor Radio Cognitiv, încorporate în standardul IEEE 802.11h (care este o versiune modificată a standardului IEEE 802.11a). Acestea au fost introduse în efortul de a reduce posibilele interferențe cu utilizatori deja existenți în aceleași benzi RF, cum ar fi aplicațiile radar și altele. Rețeaua wireless IEEE 802.11h operează în banda de 5-GHz RF și poate susține până la 24 de canale care nu se suprapun, și care nu mai sunt atât de susceptibile la interferențe precum în cazul rețelelor corespunzătoare IEEE 802.11b sau IEEE 802.11g. În ciuda acestui fapt, deoarece legislația care reglementează folosirea benzii de 5 Ghz diferă de la țară la țară dezvoltarea altfel rapidă a lui rețelelor 802.11a a fost încetinită în unele zone. Din dorința de a înlătura această problemă ITU a recomandat un set de reguli armonizat care reglementează WLAN-urile IEEE 802.11a astfel încât acestea să împartă banda de 5 GHz cu

celelalte echipamente. Standardul IEEE 802.11h, publicat pe data de 14 Octombrie 2003 [IEE4] definește mecanismele pe care echipamentele WLAN 802.11a le pot folosi pentru a fi în concordanță cu recomandările ITU. Aceste mecanisme sunt DFS și TPC. DFS detectează alte echipamente care folosesc același canal RF, și transferă activitatea WLAN-ului pe un alt canal, de fiecare dată când este nevoie evitând astfel interferențele cu acele echipamente. TPC permite un control eficient al puterii emise cu obiectivul reducerii interferențelor.

2.1. **Aplicații radio cognitive pentru WMAN:** așa cum se cunoaște un WMAN poate acoperi o arie mult mai largă decât un WLAN. Raza unui WMAN poate ajunge la câțiva kilometri. Standardul de referință cel mai des întâlnit pentru un WMAN este IEEE 802.16, adesea numit standard WiMAX sau tehnica de acces wireless de bandă largă (BWA). Ultimele versiuni de tehnologii WMAN acceptă terminale mobile. De exemplu standardul IEEE 802.16e [IEE6][XXX1] poate accepta un terminal care se deplasează cu viteza unui automobil. Ca și WLAN, un WMAN poate utiliza tehnica radio cognitiv pentru a face posibilă coexistența în acele sectoare de spectru care au fost deja ocupate de alți utilizatori.

Trebuie remarcat că WiMAX este flexibil din punctul de vedere al mărimii canalului și poate utiliza canale TV de 6 MHz utilizate sub limită. Pentru un sistem WiMAX care lucrează sub 900 MHz acoperirea poate să fie de 3 ori mai mare decât cea din 2.4 GHz, reducând astfel numărul stațiilor de bază necesare, făcând ca varianta **mobilă** WiMAX să aibă un argument puternic în competiția cu modurile de comunicare celular atât cu licență, cât și fără licență. Interesant de observat este că multe tehnologii ar dori să poată utiliza spectrul TV, deși comunitatea WiMAX îl revendică doar pentru ea. În martie 2004, s-a format grupul IEEE 802.22, pentru studiul aplicațiilor tehnicii radio cognitiv. Grupul de lucru 802.16 ar fi dorit ca pentru WMAN sarcina să le revină lor. Acest conflict dintre grupurile 802.16 și 802.22 subliniază importanța tehnicii radio cognitiv și a aplicațiilor în WMAN sau WRAN (așa numite tehnici Wi-TV)[IEE2] care operează în benzile TV VHF/UHF. Grupul de lucru IEEE 802.22 a insistat în momentul în care și-a început activitatea ca Wi-TV să lucreze cu arhitectura IEEE 802, servind drept „**rețea de arie regională**” luând astfel în considerare atât Wi-Fi LAN, cât și WiMAX. Grupul 802.22 a încercat să argumenteze cum că standardul WiMAX nu este potrivit pentru spectrul TV deoarece nu include funcții radio cognitiv. Pe de altă parte, grupul IEEE 802.16 a denunțat acea obiecție, menționând că de fapt și tehnologia WiMAX are o soluție pentru **tehnicile radio cognitiv** (IEEE 802.16h, [IEE5]) folosită pentru a evita interferența cu alte dispozitive WiMAX la frecvențe înalte și că aceasta poate fi ușor adaptată pentru frecvențele UHF.

Tot acest conflict pleacă de la faptul ca acea companie care controlează tehnica radio cognitiv va avea mâna pe cărma sistemului de orientare a comunicațiilor viitoare iar companiile de pe lângă grupurile de lucru IEE cunosc acest aspect.

2.2. **Aplicații ale tehnologiei radio cognitiv pentru WPAN:** O aplicație interesantă a tehnologiei radio cognitiv poate fi găsită în cazul rețelelor WPAN care au la bază **standardul UWB (IEEE 802.15.3) [CLX1][XXX1]**. Pentru a prezenta contextul să reamintim că la un moment dat FCC a decis să caute soluții pentru benzi utilizate fără licență. Astfel a fost eliberată o bandă la 5 GHz UNII în 2003, și deschis o bandă de până la 7.5 GHz pentru transmisiuni UWB în domeniul dintre 3.1 și 10.6 GHz. Deși nivelurile de putere permise pentru UWB sunt extrem de scăzute, este pentru prima dată când FCC a permis transmisiuni fără licență peste unele benzi folosite în mod normal cu licență. Folosind **tehnologii radio cognitiv** un terminal UWB poate realiza salturi rapide de la un canal la altul dacă se detectează un utilizator de drept.

O preocupare serioasă legată de interferență în cazul tehnologiilor WPAN se datorează faptului că dispozitivele IEEE 802.11 WLANs și IEEE 802.15.1 Bluetooth lucrează în aceeași bandă de 2.4 GHz ISM. Așadar, există 2 probleme majore legate de fenomenul de interferență care trebuie analizate în mediul de lucru WPAN: unul este interferența cu utilizatorii cu licență din aceeași bandă (precum GPS, etc.) și un altul interferența reciprocă dintre utilizatorii fără licență (precum WLAN, dispozitivele Bluetooth etc). Pentru a preveni problemele legate de interferență descrise este foarte potrivită **tehnologia radio cognitiv**. Pentru a preîntâmpina primul tip de interferență este imposibil de utilizat un mecanism de coordonare pentru împărțirea spectrului de vreme ce aplicațiile non-UWB sunt utilizatorii de bază ai spectrului. Deci nu va exista o colaborare în această situație și numai prin utilizarea tehnicii radio cognitiv în dispozitivele UWB se va putea evita folosirea benzii dacă se constată că aceasta este utilizată de un alt utilizator. Evident în acest caz radio cognitiv este utilizat de echipamentele WPAN pe bază **noncolaborativă** și vor fi folosite doar o parte din funcționalitățile tehnologiei.

Pe de altă parte se poate lua în considerare un mediu WPAN în care pot exista alte dispozitive fără licență, precum Bluetooth și Wi-Fi. Pentru a putea obține performanțe optime pentru toate dispozitivele fără licență, poate fi aplicată **tehnica radio cognitiv** tuturor terminalelor ce formează rețeaua radio cognitiv și care pot colabora. În principiu parametrii pe care rețeaua radio cognitiv încearcă să le optimizeze sunt următorii: *debitul datelor transmise, rata de eroare, calitatea serviciului și costul conexiunii*. Optimizarea acestor parametrii poate fi realizată prin

utilizarea următoarelor procedee: controlul nivelului puterii, orientarea fasciculului antenei, alegerea frecvenței purtătoare, adaptarea codării de canal, alegerea intervalului temporal de transmisiune, adaptarea protocolului MAC și utilizarea tehnicii CDMA pentru gestionarea interferenței. În mod evident setul de protocoale MAC este într-o anumită măsură fix, dar alți parametrii pot fi aleși în mod normal independent dintr-o gamă de valori. Vor exista și abordări pentru includerea protocolului ca parametru de optimizare; de exemplu un utilizator WLAN poate alege să modifice mărimea pachetului și rata de transmisie a datelor așa cum face o rețea Bluetooth. Alegerea optimă a acestor parametrii într-un WPAN utilizând **tehnica radio cognitiv** reprezintă încă un domeniu activ de cercetare.

7. Bibliography

[ALV1]	Ian F. Akyildiz, Won-Yeol Lee, Mehmet C. Vuran, and Shantidev Mohanty, "NeXt
[BRX1]	T. Bates and Y. Rekhter, RFC 2260: Scalable Support for Multi-homed Multi-provider Connectivity.
[CLX1]	Chapin, J.M.; Lehr, W.H., Cognitive Radios for Dynamic Spectrum Access - The Path to Market Success for
[CXX1]	M. Cave, "Review of Radio Spectrum Management," UK Department of Trade and Industry, 2002,
[DDG1]	G. Dimitrakopoulos, P. Demestichas, D. Grandblaise, et al, Cognitive Radio, Spectrum and Radio
[DGA1]	M. Dohler, S.A. Ghorashi, M. Ghazzi, M. Arndt, F. Said, A.H. Aghvami, "Opportunistic Scheduling
[DKK1]	P. Demestichas, N. Koutsouris, G. Koundourakis, K. Tsagkaris, A. Oikonomou, V. Stavroulaki, L.
[DMT1]	Devroye, N.; Mitran, P.; Tarokh, V., Achievable rates in cognitive radio channels, <i>IEEE Trans. on Information</i>
[DVB1]	Digital Video Broadcasting (DVB) Web site, www.dvb.org, Jan. 2002
[DVK1]	P. Demestichas, G. Vivier, K.El-Khazen, M. Theologou, "Evolution in wireless systems management
[DXX1]	M. Dillinger, etc, Software Defined Radio Architecture, Systems and Functions, ISBN: 0-470-85164-
[ENT1]	WWW.IST-ENTHRONE.ORG
[EUR1]	http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?Type=TA&Reference=P6-TA-2007-
[FCC1]	Federal Communications Commission, Cognitive Radio Technologies Proceeding (CRTP),
[HDH1]	M. Haddad, M. Debbah and A.M. Hayar, "Spectral efficiency of Cognitive Radio systems," <i>submitted</i>
[HFA1]	O. Holland, Q. Fan, A. H. Aghvami, "A Dynamic Hierarchical Radio Resource Allocation Scheme for
[HKM1]	Harada, H., Kuroda, M., Morikawa, H., Wakana, H., and Adachi, F., (2003). The Overview of the New
[HWA1]	Hu, W.; Willkomm, D.; Abusubaih, M.; Gross, J.; Vlantis, G.; Gerla, M.; Wolisz, A., COGNITIVE RADIOS FOR
[HXX1]	S. Haykin, Cognitive radio: brain-empowered wireless communications, <i>IEEE Journal on Selected</i>
[IEE1]	IEEE 802.22-04/0002r13, "WRAN Reference Model," <i>IEEE P802.22 [5] Doc. A/54A, Recommended</i>
[IEE2]	IEEE 802.22-05/0007r48, "Functional Requirements for the 802.22 WRAN Standard," <i>IEEE P802.22</i>
[IEE3]	IEEE 802.22-06/0252r1, "OFDMA Parameters," <i>IEEE P802.22 Wireless RANs</i> , Nov. 2006.

[IEE3]	IEEE 802.22-06/0252r1, "OFDMA Parameters," <i>IEEE P802.22 Wireless RANs</i> , Nov. 2006.
[IEE4]	IEEE 802.11h standard, http://www.ieee802.org
[IEE5]	Detailed scope of IEEE 802.16h standard, http://www.wirelessman.org
[IEE6]	www.ieee802.org
[INT1]	Cognitive Radio, www.Radio-Electronics.com
[ITU1]	ITU-R Report BS.1203-1, <i>Digital Sound Broadcasting to Vehicular, Portable, and Fixed Receivers Using Terrestrial Transmitter in the UHF/VHF Bands</i> , 1994.
[ITU2]	ITU-R Recommendation BT.1368-1, <i>Planning Criteria for Digital Terrestrial Television Services in the VHF/UHF Bands</i> , 1998.
[KWD1]	Krenik, W.; Wyglinski, A.M.; Doyle, L.E.; Guest Editorial - Cognitive Radios for Dynamic Spectrum Access, <i>IEEE Comm. Magazine</i> , Volume 45, Issue 5, May 2007 Page(s):64 – 65
[KXX1]	Rajesh Krishnan "Towards Policy Defined Cognitive Radios," <i>NSF Workshop on Programmable Wireless Networking Information Meeting</i> , 5 February 2004; available at: www.cra.org/Activities/workshops/sf.wireless/BBN_Krishnan2.pdf
[MES1]	Minden, G.J.; Evans, J.B.; Searl, L.S.; Depardo, D.; Rajbanshi, R.; Guffey, J.; Chen, Q.; Newman, T.R.; Petty, V.R.; Weidling, F.; Peck, M.; Cordill, B.; Datla, D.; Barker, B.; Agah, A.; Cognitive Radios for Dynamic Spectrum Access - An Agile Radio for Wireless Innovation, <i>IEEE Comm. Magazine</i> , Volume 45, Issue 5, May 2007 pp. :113 – 121
[MXX1]	J. Mitola, "Cognitive radio: An integrated agent architecture for software defined radio", Doctor of Technology, Royal Inst. Technol. (KTH), Stockholm, Sweden, 2000.
[MXX2]	J. Mitola, Software Radio Architecture—Object Oriented Approaches to Wireless Systems Engineering, Wiley, 2000
[PXX1]	Poole, I, ; What exactly is... cognitive radio? , <i>Communications Engineer</i> , Volume 3, Issue 5, Oct.-Nov. 2005 Pp.42 - 43
[SDR1]	Software Defined Radio forum: www.sdrforum.org
[SXX1]	Suzuki, Y. (2002). Interoperability and Regulatory Issues around Software Defined Radio (SDR) Implementation, <i>IEICE Trans. Commun.</i> , Vol. E85-B, No. 12, pp. 2564-2572, December
[VXX1]	S. Verdu, "Spectral Efficiency in the Wideband Regime", <i>IEEE Trans. Information Theory, Special Issue on Shannon Theory: Perspectives, Trends and Applications</i> , vol. 48, pp. 1319–1343, June 2002.
[VXX2]	U.Varshney, "The status and future of 802.11-based WLANs", <i>IEEE Computer</i> , Vol. 36, No. 6, June 2003
[WXX1]	Walko, J.; Cognitive radio, <i>IEE Review</i> , Volume 51, Issue 5, May 2005 Page(s):34 - 37
[XXX1]	<i>Wireless Center</i> , All Wireless Artcles, posted on the 10 th of January 2007, available at http://www.wireless-center.net .
[YHC1]	Young-Keun Yoon, Heon-Jin Hong, and Ik-Guen Choi Young-Keun Yoon et al. Protection of Digital TV from Cognitive Radio Interference, <i>ETRI Journal</i> , Volume 29, Number 3, pp.394..397, June 2007
[ZSP1]	Xiaorong Zhu; Lianfeng Shen; Tak-Shing Peter Yum, Analysis of Cognitive Radio Spectrum Access with Optimal Channel Reservation, <i>Comm. Letters</i> , Volume 11, Issue 4, April 2007 Pp:304 – 306