

# ARHITECTURI HARDWARE/SOFTWARE PENTRU SISTEME DE COMUNICAȚIE WIRELESS

Conf. dr. ing. Daniela Saru  
Drd. ing. Ștefan Mocanu

Universitatea Politehnica București  
saru@aii.pub.ro, smocanu@rdslink.ro

**Rezumat:** Dezvoltarea sistemelor de calcul mobile a determinat o extindere fără precedent a utilizării rețelelor de comunicație de tip *wireless* și, implicit, a componentelor hardware/software, dedicate operării în cadrul acestui domeniu. În acest context, atât activitatea de standardizare, cât și efortul de alegere a unei variante adecvate de implementare au devenit extrem de importante. Acest articol prezintă în sinteză cele mai importante standarde utilizate, în prezent, pentru arhitecturile destinate comunicațiilor *wireless* și oferă o analiză comparativă a celor mai importante caracteristici, cu exemple concrete de implementare.

**Cuvinte cheie:** comunicații *wireless*, standardizare, IEEE 802.11, Bluetooth, WAP, HiperLan, OpenAir, HomeRF, SWAP.

## 1. Introducere

O dată cu dezvoltarea sistemelor de calcul mobile, necesitatea utilizării rețelelor de tip *wireless* a devenit din ce în ce mai stringentă. Cu toate că, la prima vedere, principala utilitate a WLAN (*Wireless Local Area Network*) constă în posibilitatea interconectării facile a unor echipamente mobile (*laptop*, *palm-top*), practica a demonstrat utilitatea WLAN-urilor și în cazul echipamentelor fixe (*desktop*, imprimantă etc.). Datorită acestui fapt, IEEE a decis crearea unui grup de lucru, dedicat elaborării unui standard pentru comunicații *wireless*, în care să se abordeze atât aspecte legate de nivelul fizic (*Physical Layer*), cât și aspecte legate de nivelul de control al accesului la mediu (*Medium Access Control*). Apărut ca un rezultat notabil al activității acestui grup, standardul IEEE 802.11 reprezintă un instrument deosebit de util pentru proiectanții și utilizatorii echipamentelor folosite în domeniul comunicațiilor *wireless*, motiv pentru care, în cadrul prezentei lucrări, vor fi descrise cele mai importante arhitecturi hardware/software, care i se conformează. Vor fi prezentate, de asemenea, principalele caracteristici ale altor standarde și protocoale utilizate în prezent (variante ale IEEE 802.11, Bluetooth, WAP, HiperLan, OpenAir, HomeRF și SWAP) precum și câteva considerații despre interoperabilitatea echipamentelor *wireless*.

## 2. Arhitecturi conforme standardului IEEE 802.11

### 2.1 Arhitectura de bază

Din punct de vedere al standardului IEEE 802.11, fiecare sistem de calcul fix, portabil sau mobil este o stație de lucru. Diferența dintre o stație portabilă și una mobilă se referă la modul în care acestea pot fi folosite. Stația portabilă poate fi deplasată dintr-un punct în altul, însă nu poate fi utilizată decât în timpul staționării. O stație mobilă poate accesa rețeaua de comunicație în orice moment, chiar și în timpul deplasării sale. Atunci când două stații comunică una cu cealaltă, ele formează un *set de servicii de bază (BSS - Basic Service Set)*. Se spune că un set de servicii de bază trebuie să conțină cel puțin 2 stații de lucru.

Două sau mai multe BSS [4][10] se pot interconecta cu ajutorul unui *sistem de distribuție (Distribution System)*, mărindu-se, astfel, aria de acoperire a rețelei. Intrarea în sistemul de distribuție se realizează efectiv printr-un *punct de acces (Access Point)*, care este de fapt o stație de lucru adresabilă. Datele se deplasează între BSS și DS [4][10] prin intermediul punctelor de acces. Prin interconectarea a cel puțin două BSS, se obține un *set de servicii extins (ESS [4][10] - Extended Service Set)*. Una dintre cerințele impuse de standardul 802.11 este posibilitatea de conectare la o rețea cablată existentă. Pentru o astfel de conectare, se folosesc puncte de acces.

Performanțele comunicației fără fir (*wireless*) sunt influențate, în general, de distanța pe care trebuie să o acopere un echipament WLAN, aceasta fiind o caracteristică a puterii emițător/receptor. Pentru a extinde zona de acoperire a WLAN-ului se folosesc așa-numitele *microcelule* care reprezintă arii de acoperire ale câte unui punct de acces. Principiul utilizat este asemănător cu cel propriu telefoniei celulare. La orice moment de timp, un utilizator care dispune de un sistem de calcul mobil, dotat cu adaptor WLAN, este asociat unei singure microcelule. Deoarece microcelulele se suprapun parțial, la trecerea utilizatorului de la o microcelulă la alta nu se întrerupe comunicația dintre el și rețea. Posibilitatea de a trece dintr-o celulă în alta, fără a pierde conexiunea, poartă denumirea de *roaming* [4].

## 2.2 Componente tipice

Echipamentele de transmisie/recepție *wireless* sunt, de obicei, de două tipuri: stații bază (*Base Stations*) și stații client (*Subscriber Units*).

În mod uzual, *stațiile bază* au o deschidere a antenei de 180 până la 360 de grade și asigură conectivitatea clienților pe o anumită arie geografică. Ele pot fi conectate la o rețea cablată prin fibră optică, prin cabluri sau chiar prin relee radio. *Stațiile client* sunt dotate cu antene cu o deschidere mai mică, antene care trebuie orientate spre stațiile bază pentru a asigura o bună conectivitate a clienților.

Subnivelul MAC (*Medium Access Control*) al standardului IEEE 802.11 [4] asigură pentru cele două categorii de componente menționate anterior următoarele facilități:

- a) Pentru stațiile client [3][5]:
  - autentificare (înregistrare în condiții sigure);
  - de-autentificare (renunțarea la înregistrare în condiții sigure);
  - transmisie în condiții de siguranță;
  - livrare MSDU (*MAC Service Data Units*) [5] între echipamentele *wireless*;
- b) Pentru *stațiile bază* [3][5]:
  - asociere (înregistrare);
  - de-asociere (renunțarea la înregistrare);
  - distribuție cadre MAC;
  - integrare (rețeaua *wireless* poate comunica și cu rețele bazate pe un alt tip de tehnologie *wireless*);
  - reasociere (permite cedarea dinamică a clienților către o altă stație bază, precum și comunicarea cu alte stații bază).

Pentru orice echipament *wireless* (stație bază sau client), dispozitivele care oferă robustețe și flexibilitate sunt *antenele* folosite. Chiar dacă sunt amintite, doar în treacăt, în discuțiile dedicate rețelelor fără fir, antenele sunt cele care optimizează anumite aplicații, cum ar fi realizarea legăturii între mai multe clădiri. Deoarece mediul fără fir este foarte dinamic, prin folosirea unor antene direcționale se poate influența modalitatea de propagare a semnalului radio. Astfel, energia și caracteristica în *radio-frecvență* (RF) a unui semnal pot fi direcționate de-a lungul unui culoar îngust în loc să se lovească de pereți, generând risipă de energie sau cauzând interferențe nedorite.

Antenele omnidirecționale [12] emit undele radio în toate direcțiile (sub formă de sferă), în timp ce antenele unidirecționale [12] concentrează semnalul pe o direcție dată de orientarea antenei. Unghiul de emisie este invers proporțional cu distanța acoperită. Avantajul antenelor omnidirecționale constă în faptul că antena clientului nu trebuie să fie foarte precis orientată, fiind suficient să se afle în aria de acoperire a antenei stației bază. Dezavantajele sunt numeroase: risipă de putere de emisie, securitate scăzută, datorită riscului ridicat de interceptare a undelor radio etc.

Antenele unidirecționale asigură folosirea mai eficientă a puterii de emisie și un risc mai scăzut de interceptare a transmisiei. Principalele dezavantaje sunt legate de dimensiunile semnificative ale acestor echipamente și de faptul că acordarea antenelor bază-client trebuie făcută foarte precis.

Diversitatea tipurilor de antene oferă beneficii substanțiale implementărilor WLAN, cum ar fi "luxul" folosirii mai multor antene sau posibilitatea de a alege cel mai bun tip de antenă pentru o locație dată. Pentru aceasta este, însă, nevoie de o bună cunoaștere a proprietăților RF și a modalităților de amplasare corectă a antenelor radio. În practică, antenele amplasate prea aproape una de alta vor genera degradarea performanței RF. Utilizarea diferitelor tipuri de antenă are impact asupra metodei, dar și a rezultatelor monitorizării unei locații.

În practică, antenele unidirecționale se folosesc numai pentru legături fixe de tipul punct-la-punct, ca în cazul unei punți (*bridge*) *wireless*. O astfel de punte este, de fapt, un dispozitiv care face legătura între două rețele (*wireless* sau cablate).

## 2.3 Topologii

Cele mai importante topologii [3][5] pentru sistemele *wireless*, conforme cu standardul IEEE 802.11, sunt:

- *Configurații independente* (figura 1): echipamentele de tip stație-client comunică între ele direct, fără a avea nevoie de o altă infrastructură. Acest tip de configurație se mai numește și “*configurație ad-hoc*” sau *IBSS* (*Independent Basic System Set*). Este foarte ușor de instalat, dar aria de acoperire este limitată. Este cea mai simplă topologie de rețea, motiv pentru care nici nu necesită o configurare specială sau administrare. De fiecare dată când două sisteme de calcul, conectate la adaptoare WLAN, se află în raza acestora de acțiune, se poate stabili o conexiune. Un punct de acces, adăugat acestei configurații simple, permite, practic, dublarea razei de acțiune, funcționând ca un *hub* [5] dintr-un LAN clasic. Într-o astfel de rețea, stațiile pot comunica numai în raport de 1:1. Întrucât nu există o stație-bază, care să gestioneze modul în care se realizează comunicațiile, pot să apară numeroase probleme legate de coliziuni, pierderi de pachete etc. Rețelele “ad-hoc” se configurează rapid, dar au limitări temporale și spațiale destul de severe.

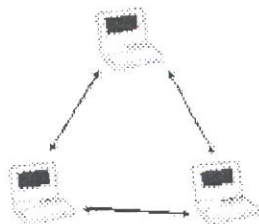


Figura 1. Configurație independentă sau rețea “ad-hoc”

- *Configurații bazate pe infrastructură* (figura 2): în acest model mai multe puncte de acces leagă rețeaua WLAN de rețeaua LAN cablată, permițând utilizatorilor să folosească eficient resursele. Punctele de acces nu fac doar legătura cu rețeaua LAN, ci gestionează și traficul prin WLAN în raza lor de acțiune. Mai multe puncte de acces pot realiza o bună acoperire chiar și pentru o clădire foarte mare.

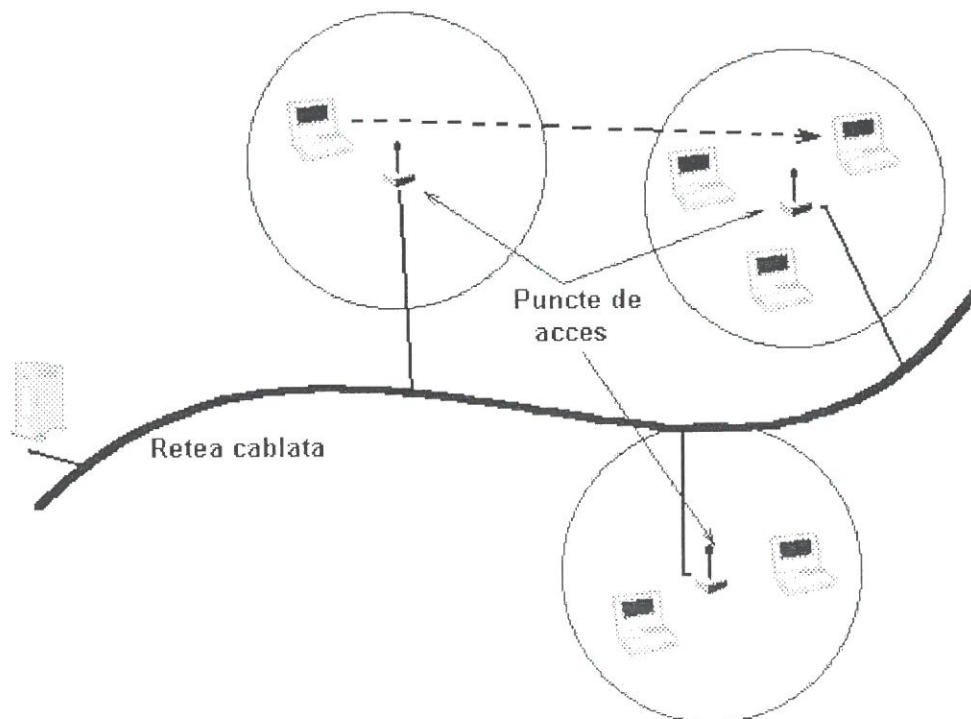


Figura 2. Rețea bazată pe infrastructură

## 3. Alte standarde și protocoale utilizate în comunicațiile *wireless*

### 3.1 Variante ale standardului IEEE 802.11

#### 3.1.1 Standardul IEEE 802.11a (IEEE 802.11 la 5 GHz)

La 7 ani după apariția primelor propuneri de realizare a standardului 802.11, comitetul de standardizare a decis folosirea rețelelor WAN în banda de frecvență de 5GHz și ridicarea valorii vitezei de transmisie, în banda de 2.4GHz. Astfel, în primăvara anului 1999, a fost finalizat standardul 802.11a (802.11 la 5GHz), standard bazat pe OFDM [9][12][13], care, din păcate, folosește numai banda U-NII, deci, nu poate fi folosit în Europa și Japonia. U-NII (*Unlicensed National Information Infrastructure*) este formată din 3 benzi de 100 MHz, după cum urmează: 5.15-5.25 GHz (pentru folosirea în incinte), 5.25-5.35 GHz și 5.725-5.825 GHz. Cele două obiective avute în vedere de către comitetul de standardizare au implicat modificări numai la nivelul fizic, nivelul MAC poate fi reutilizat în totalitate, ceea ce a condus la reducerea costurilor implementării noului standard.

Deoarece aria de acoperire nu reprezintă punctul forte al IEEE 802.11a, sunt necesare mai multe puncte de acces, acest aspect reflectându-se negativ în costul global de operare al rețelei. Totuși, există și un avantaj, acela de a avea trafic mai mare în arii restrânse, printr-o mai bună reutilizare a canalelor.

O problemă semnificativă a standardului 802.11a este incompatibilitatea cu rețele de tip 802.11b sau 802.11g. Acest fapt a generat ideea introducerii unor norme obligatorii, care să reglementeze și să permită conectarea echipamentelor ce fac parte din categoriile menționate anterior.

#### 3.1.2 Standardul IEEE 802.11b (IEEE 802.11 HR)

Cu scopul de a face mai atractive, sistemele ce funcționează în banda de 2.4GHz prin depășirea inconvenientului major, reprezentat de viteza scăzută, comitetul care a elaborat IEEE 802.11 a creat un nou standard, IEEE 802.11b, denumit și IEEE 802.11 HR. Lansat la scurtă vreme după IEEE 802.11a, standardul în cauză se bazează pe un nivel fizic SD modificat, oferind viteze de 5.5 Mb/s și 11 Mb/s. Implementarea acestui standard în soluții *wireless* comerciale este foarte populară. Aria de acoperire este ceva mai bună decât în cazul IEEE 802.11a.

#### 3.1.3 Standardul IEEE 802.11g

Standardul IEEE 802.11g [13] este în plin proces de elaborare, varianta finală fiind așteptată a fi publicată în cursul anului 2003. Standardul 802.11g reprezintă o extensie a standardului 802.11b care stă la baza majorității rețelelor WLAN, existente în prezent. IEEE 802.11g se referă la rate de transfer de până la 54 Mbps în banda de frecvență 2.4 GHz, folosind tehnologia actuală. Din considerente de compatibilitate, un card radio 802.11b va putea comunica direct cu un punct de acces 802.11g (și invers) la 11 Mbps sau mai puțin, în funcție de aria de acoperire. Aria de acoperire pentru un transfer realizat la 54 Mbps va fi, probabil, mai mică decât la punctele de acces 802.11b existente. Pentru a realiza viteze de transfer mari, trebuie să existe suficiente puncte de acces sau să se lucreze cu echipamente suficient de apropiate ca distanță de amplasare (în cazul rețelelor ad-hoc). Marele inconvenient al standardului IEEE 802.11g (valabil și în cazul variantei 802.11b) este interferența RF cu alte dispozitive care funcționează în banda de 2.4 GHz. Această problemă poate fi administrată prin limitarea surselor de interferență RF (noua generație de telefoane fără fir, cuptoare cu microunde etc.), dar nu poate fi întotdeauna eliminată.

#### 3.1.4. Comparatie între variantele standardului IEEE 802.11

Având în vedere calitățile, performanțele și problemele standardelor prezentate anterior, se pot face câteva recomandări [1][13] referitor la situațiile în care pot fi alese astfel încât să se optimizeze performanțele rețelei, costurile de exploatare și să se poată realiza o eventuală modificare ulterioară a rețelei WLAN:

- dacă se dorește implementarea unei rețele WLAN pornind de la zero într-un timp foarte scurt, se va alege soluția 802.11a;
- dacă există deja o rețea implementată pe baza 802.11b, se poate face un *upgrade* simplu la 802.11g;
- dacă aplicația nu solicită o performanță foarte ridicată și se dorește în plus și optimizarea costurilor, se vor folosi puncte de acces 802.11b, care permit un eventual *upgrade* la 802.11g;
- dacă se dorește o performanță ridicată, se poate implementa 802.11a în interiorul unei rețele 802.11b; în această situație, utilizatorii trebuie să dețină carduri radio 802.11 a/b (compatibile cu ambele standarde).

## 3.2. Protocolul/Standardul Bluetooth

Rezultat al colaborării între companii de primă mărime cum ar fi IBM, Intel, Ericsson, Nokia și Toshiba, proiectul "Bluetooth" a fost lansat în luna mai a anului 1998 cu scopul de a implementa noi tehnologii pentru transmisii *wireless* de date și voce. Pe data de 26 iulie 1999 a fost lansată o primă versiune care prezenta modulele și căile de comunicare ale terminalelor celulare mobile, precum și cele de conectare la diverse alte echipamente mai mult sau mai puțin mobile, cum ar fi: laptop-uri, palm-topuri, imprimante. Conectarea la rețelele Internet și Intranet se face la viteze foarte mari. Problemele legate de interferențe și restricțiile privind transmisia în linie dreaptă sau tip con, cu unghi foarte ascuțit, au fost eliminate prin folosirea de semnale radio în bandă scurtă.

Caracteristicile tehnice de bază, ale tehnologiei Bluetooth, sunt:

- legătură radio la mare distanță cu costuri foarte scăzute;
- corecție FEC (*Forward Error Correction*) pentru limitarea efectului zgomotelor;
- mini-transceiver radio integrat, de înaltă performanță;
- funcționare în banda liberă nelicențiată ISM (*Industrial, Stiințific și Medical [1][6]*);
- suport pentru un canal asincron pentru date: până la trei canale simultane sincrone pentru voce sau un canal care suportă simultan date asincrone și voce sincronă;
- viteze de transmisie a datelor de 1 și 2 Mbps (în funcție de generație);
- conexiuni punct-la-punct, ce permit viteze de transfer de date până la 721 Kbps;
- consum de putere redus.

Proiectul "Bluetooth" s-a transformat în mod firesc într-un nou standard, ca urmare a eforturilor depuse în comun de cei cinci giganti în materie de comunicații celulare și transmisii de date, dar și a rezultatelor notabile obținute și a tehnologiei dezvoltate. Acest nou standard permite:

- implementarea de servicii pentru gestiunea vocii și a datelor;
- posibilitatea de a stabili conexiuni ad-hoc;
- utilizarea globală a terminalelor mobile inteligente, la costuri reduse;
- construirea unor terminale cu gabarit și consum de energie redus.

## 3.3 Protocolul WAP

WAP (*Wireless Application Protocol* - protocol pentru aplicații *wireless*) este un protocol global, deschis, dezvoltat pentru a permite utilizatorilor accesul *on-line* la serviciile celulare, permițând transferuri de date de la telefoanele mobile, și înglobând un utilitar de navigare prin rețea (un *browser* mai rudimentar). Protocolul poate fi implementat în majoritatea rețelelor mobile, reprezentând o posibilă rezolvare a problemei creșterii accentuate a cererii în domeniul serviciilor de date mobile.

Faptul că standardul WAP este foarte apropiat de standardele ce guvernează funcționarea rețelei Internetului este extrem de important pentru clienții mobili, care vor accesa Internet-ul de la terminale 3G.

Deși WAP nu a fost conceput pentru navigare pe WWW (*World Wide Web*) sau ca un instrument de parcurgere generală a datelor dintr-un domeniu, el permite utilizatorilor telefoanelor mobile ca, în timp ce vorbesc, să acceseze cantități mici de informație bazată pe Web. Acest protocol constituie, deja, o legătură între rețelele Internet și Intranet mobile, pe de o parte, și industriile de echipamente terminale celulare, pe de altă parte.

Din punct de vedere al localizării, protocolul WAP este implementat la nivelul terminalului mobil propriu-zis, ceea ce lasă firmelor producătoare ale unor astfel de echipamente, posibilitatea de a alege sistemul de operare și de a implementa o interfață grafică cât mai atractivă. Din punct de vedere structural, protocolul WAP se bazează pe standardele Internet. Nivelurile sale sunt derivate din cele de bază ale IP (Internet Protocol) [5], optimizate pentru a ocupa mai puțină memorie, pentru a solicita cât mai puțină putere de calcul etc.

## 3.4 HiperLan

Este un standard foarte simplu, dezvoltat ETSI (*European Telecommunications Standards Institute* - Institutul European pentru Standarde în Telecomunicații), fără influența și presiunea diverșilor producători de echipamente. Standardul a fost adoptat în vara anului 1996.

Principalul său avantaj este că lucrează într-o bandă de frecvență dedicată și alocată numai în Europa (5.1 – 5.3 GHz), motiv pentru care standardul 802.11a nu poate fi folosit pe acest continent. Este definită o viteză de 23.5 Mb/s și se folosesc 5 canale bine precizate. Protocolul folosește o variantă a CSMA/CA [4], bazată pe durata de viață a pachetelor de date, pe priorități și pe retransmisii la nivelul MAC. Protocolul include și opțiuni de criptare (nu este impus un anumit algoritm) și de economisire a energiei.

Un alt avantaj oferit de către standardul HiperLan este posibilitatea de a realiza rutare “ad-hoc”. Dacă o stație destinație nu se află în aria acoperită de stația emițătoare, stațiile intermediare, care le pot “vedea” pe amândouă, se transformă automat în *routere* [5] și intermediază transmiterea de pachete la o viteză optimală (numai în interiorul unei rețele conforme HiperLan). Este de la sine înțeles faptul că o rețea HiperLan este de tip “ad-hoc”, deci, nu necesită configurare și nici un *controller* [8] central.

Principala deficiență a standardului HiperLan este aceea că nu oferă servicii sincronizate reale, nu specifică foarte clar atribuțiile punctelor de acces și nu a fost testat la scară mare. La fel ca și în cazul standardului 802.11, cerințele și limitările sunt foarte severe, ceea ce conduce, în final, la costuri ridicate.

### 3.5 HiperLan II

Este un standard dezvoltat tot de către ETSI și a fost conceput special pentru construirea rețelelor bazate pe infrastructură și a rețelelor de distribuție *wireless*. Singura asemănare cu HiperLan constă în banda de frecvență cu care operează (5.4 - 5.7 GHz) și faptul că banda respectivă este doar europeană.

HiperLan II a fost primul standard bazat pe modulația OFDM [14]. Fiecare sub-purtătoare poate fi modulată prin diferite metode, ceea ce permite obținerea unei game largi de viteze de transmisie: 6, 9, 12, 18, 27, 36 și 54 Mb/s. Lățimea canalului este de 20 Mz și include 48 de purtătoare OFDM pentru transportul de date și 4 purtătoare suplimentare, folosite ca referințe. Nivelul MAC al standardului HiperLan II este de tip TDMA [8][9], oferă fragmentare și reasamblare a pachetelor de date și opțiuni de securitate și de economisire a energiei. Standardul HiperLan II mai oferă și servicii bazate pe IP, dar și servicii de voce digitală (pentru și de la telefoanele celulare).

### 3.6 OpenAir

OpenAir este un protocol de tip proprietar al firmei Proxim. Întrucât Proxim este unul din cei mai mari producători de soluții pentru rețele WLAN, se încearcă impunerea OpenAir ca o alternativă la IEEE 802.11.

OpenAir este un protocol ce se bazează pe tehnica de *Salt în Frecvență* [7][10] și oferă viteze de 0.8 și 1.6 Mb/s (în funcție de modulația folosită: 2FSK și 4 FSK [11]). Nivelul MAC al protocolului OpenAir este de tipul CSMA/CA și se bazează puternic pe tehnica RTS/CTS – cerere/aprobare transmisie care oferă o mare robustețe. OpenAir nu implementează criptarea la nivelul MAC, dar securitatea este asigurată prin generarea unui *identificator de rețea (Network ID)*, pe baza unei parole.

### 3.7 HomeRF și SWAP

HomeRF este un grup de companii format pentru a impune utilizarea rețelelor WLAN în birouri mici, dar și acasă. Acest grup a dezvoltat și promovat un nou standard pentru rețele radio, în banda de frecvență de 2.4 GHz numit *SWAP*.

HomeRF a avut ca principal obiectiv depășirea unui obstacol major în dezvoltarea rețelelor WLAN și anume, costul ridicat. Majoritatea utilizatorilor nu își permit să achiziționeze un set de plăci de rețea radio pentru a-și conecta sistemele de calcul, chiar fără a mai pune problema punctelor de acces. Cea mai costisitoare componentă a unei rețele LAN radio este modemul radio. Întrucât modemul este construit, în cea mai mare parte, din componente analogice și electronice de mare putere, prețul de achiziție nu poate să scadă în mod dramatic. Modemurile de tip *Salt în Frecvență* sunt mai ieftine, dar specificațiile 802.11 impun limitări și restricții de sincronizare și filtrare asupra lor, ceea ce conduce la o ridicare a prețului. Specificația SWAP este mult mai lejeră, în ceea ce privește restricțiile menționate anterior, asigurând o implementare mult mai ieftină, la același nivel de performanță.

Nivelul MAC fost simplificat și combină cele mai bune caracteristici ale DECT (standard ETSI pentru telefonie fără fir) și ale standardului 802.11. A rezultat, astfel, un protocol care integrează telefonie digitală fără fir și rețelele de date ad-hoc. Serviciile de voce se bazează pe un protocol TDMA clasic (cu protecție la interferențe) și folosește arhitectura DECT. Serviciile de date folosesc un mecanism de acces de tipul CSMA/CA similar cu 802.11), oferind un serviciu foarte asemănător cu Ethernet.

Nivelul fizic *Salt în Frecvență* de 1 Mb/s (opțional 2Mb/s, dacă se folosește 4FSK) permite 6 conexiuni de voce simultane și viteze de date, acoperitoare pentru majoritatea aplicațiilor. Calitatea vocii este echivalentă cu DECT în Europa și depășește cu mult calitatea telefoniei digitale din SUA. Performanțele legate de transmisia de date sunt ușor inferioare celor oferite de standardul 802.11.

Specificațiile SWAP sunt de tipul “standard deschis”.

## 5. Concluzii

Echipamentele *wireless*, bazate pe standardul 802.11b, propuse de producători diferiți, oferă utilizatorului performanțe R/F diferite. De multe ori, deși se află în aria de acoperire a aceluiași AP, două stații client pot fi tratate în mod diferit. Performanțele scăzute ale transmițătorului/receptorului radio, încorporat în modemul wireless, pot duce chiar la imposibilitatea de comunicare cu un AP.

Aria de acoperire poate fi mărită prin includerea unor amplificatoare de putere în elementele radio, soluție adoptată de către unii furnizori chiar cu riscul creșterii sensibile a prețului echipamentului. În general, există un echilibru între costul unui echipament performant și numărul de astfel de echipamente necesare pentru a construi un WLAN într-o zonă stabilită. Cu alte cuvinte, fie că se optează pentru un număr redus de echipamente performante, fie că se optează pentru un număr ceva mai mare de echipamente mai puțin performante, costurile totale de implementare vor ajunge la un nivel apropiat.

Există și probleme de interoperabilitate între echipamente care corespund standardului 802.11. Acest lucru se datorează faptului că unele caracteristici suplimentare standardului IEEE 802.11b/802.11a, nu sunt interoperabile între producători de echipamente diferiți. În general, produsele care au obținut certificarea *Wi-Fi (wireless fidelity)* [2] trebuie să ofere un nivel de bază al interoperabilității. Producătorii de echipamente *wireless* respectă standardele prezentate anterior, în sensul că performanțele și facilitățile minimale, prevăzute de standarde, sunt îndeplinite și chiar depășite. Facilitățile suplimentare nu sunt prevăzute în standarde și rămân la latitudinea fiecărui producător, raportul preț/performance și concurența dintre diverși producători fiind cele care stabilesc limitele și care permit utilizatorului final să aleagă echipamentul adecvat pentru aplicația dorită la un preț cât mai competitiv. Iată de ce, deși două echipamente oferite de producători diferiți pot fi conforme cu unul dintre standardele 802.11x, nu este obligatoriu ca ele să fie 100% interoperabile. De aceea, este foarte important să fie cunoscute diferențele dintre standardul IEEE 802.11 și caracteristicile proprietare ale diferiților producători de echipamente, înainte de se trece la implementarea unui WLAN.

## Bibliografie

1. \* \* \* - IEEE 802.11 and 802.11b Technology, documentație Internet
2. \* \* \* - Pagina Web a Wi-Fi Alliance, <http://www.weca.net/OpenSection/index.asp>
3. **ARBAUGH, W.A., N. SHANKAR, Y.C.J. WAN:** Your 802.11 Wireless Network has No Clothes, Univ. Maryland, documentație Internet, [www.cs.umd.edu/~waa/wireless.pdf](http://www.cs.umd.edu/~waa/wireless.pdf)
4. **BRENNER, P.:** A Technical Tutorial on the IEEE 802.11 Protocol, documentație Internet, [www.sss-mag.com/pdf/802\\_11tut.pdf](http://www.sss-mag.com/pdf/802_11tut.pdf)
5. **IRVINE, J., D. Harle:** Data Communications and Networks, Ed. John Wiley & Sons, Anglia, 2002.
6. **LOUGH, D.L., T.K. BLANKENSHIP, K. J. KRIZMAN:** A Short Tutorial on Wireless LANs and IEEE 802.11, Institutul Politehnic Bradley – Virginia.
7. **MEEL, J.:** Spread Spectrum (SS) applications, © Institutul DE NAYER, documentație Internet, [www.denayer.be](http://www.denayer.be)
8. **MILLER, S.L.:** Wireless Communication Systems, note de curs, [ee.tamu.edu/~smiller](http://ee.tamu.edu/~smiller)
9. **MOCANU, ȘT.:** Transmiterea datelor pe canale wireless, referat doctorat 2002, AII-215-03
10. **PREM, E.C.:** Wireless Local Area Networks, documentație Internet, [www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/wireless-lans/index.html](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/wireless-lans/index.html)
11. **SHANMUGAM, K.S.:** Digital and Analog Communication Systems, Ed. John Wiley & Sons, 1979.
12. **TOURRILHES, J.:** Wireless Overview – A bit more about the technologies involved, documentație Internet, [www.hp1.hp.com/personal/Jean\\_Tourrilhes/ /Linux/Linux.Wireless.Overview.html](http://www.hp1.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/Linux/Linux.Wireless.Overview.html)
13. **ZYREN, J. – IEEE 802.11g Explained,** Intersil Corporation, documentație de firmă, 2001.