

# TEHNOLOGII WIRELESS SI RETELE MOBILE

## CUPRINS

1. Generalitati
2. Standardele IEEE 802.11
  - 2.1 Tehnologia
  - 2.2 Standarde de securitate
  - 2.3 Probleme de compatibilitati
3. Notiuni si configuratii posibile
4. Componentele retelei
  - 4.1 Arhitectura IEEE 802.11
    - 4.1.1 Subnivelul MAC (Medium Acces Control)
    - 4.1.2 Nivelul fizic

# WLAN - 802.11

## 1. Generalitati

Wi-Fi este o marca inregistrata de Wi-Fi Alliance pentru a descrie tehnologia WLAN(wireless local area networks) bazata pe standardul IEEE 802.11.

O retea wireless (**Wi-Fi**) **WLAN** este o retea fara fir, locala, extinsa pe arii limitate, in functie de echipamentele folosite si de puterea acestora, prin care se poate face transfer de date si internet folosind undele radio.

Trebuie stiut ca Wi-Fi, prescurtarea de la "Wireless Fidelity", reprezinta o categorie de produse compatibile cu standardele WLAN (Wireless Local Area Networks) bazate pe protocoale IEEE 802.11. Noile standarde care au precedat specificatiile 802.11, cum ar fi 802.16 (WiMAX), fac parte din retelele actuale si ofera multe imbunatatiri, de la arii mari de acoperire pana la viteze mari de transfer.

Diferentele intre o retea terestra si o retea wireless radio sunt multiple si reprezinta beneficii in favoarea retelelor wireless:

- Spre deosebire de alte sisteme radio, Wi-Fi foloseste un spectru de frecvente radio care nu au nevoie de licenta deci nu necesita aprobare pentru utilizare.
- Se permite dezvoltarea variata a unei retele locale WLAN fara utilizarea cablurilor, reducand costurile necesare dezvoltarii retelei si evitand diferite obstacole in implementarea retelei (locuri inaccesibile, care nu pot fi cablate.).
- Multe retele Wi-Fi suporta roaming, permitand unui client sa se mute dintr-un punct de acces in altul in aceeasi cladire, sau zona geografica.
- Wi-Fi este un standard global, clientii Wi-Fi putand lucra in diferite tari de pe glob.
- Posibilitati variate de conectare a utilizatorului final, prin intermediul placilor Wi-Fi PCMCIA, PCI, USB sau a variatelor sisteme Wi-Fi 802.11b sau 802.11g integrate in majoritatea notebook-urilor moderne.

A fost proiectata pentru a fi folosita pentru diferite dispozitive mobile cum ar fi laptopuri, dar si pentru multe alte servicii incluzand servicii de Internet si voce sau servicii pentru conectarea televizoarelor, camerelor digitale sau DVD playerelor.

O infrastructura wireless poate fi realizata astazi cu cheltuieli mult mai mici decat una traditionala pe cablu. In acest fel, apar premisele realizarii accesului ieftin si usor la Internet membrilor comunitatilor locale, cu toate beneficiile ce rezulta de aici. Accesul la informatia globala constituie o sursa de bogatie la scara locala, prin cresterea productivitatii muncii bazate pe accesul la cvasitotalitatea informatiilor disponibile in lume in legatura cu activitatea prestata. Totodata, reteaua devine mai valoroasa pe masura ce tot mai multi oameni se leaga la ea. Comunitatile legate la Internet au acces la piata mondiala unde au loc tot mai multe tranzactii cu viteza retelei. In acelasi timp, accesul la Internet le da oamenilor posibilitatea de a-si discuta problemele lor, politica si orice altceva ce-i intereseaza in modalitati pe care telefonul sau televizorul nu le putea pune la dispozitie. Chiar si fara accesul la Internet comunitatile legate la retele wireless se bucura de avantaje - pot

colabora la diferite proiecte cu întindere geografică mare folosind comunicații vocale, e-mail-uri și transmisii de date cu costuri foarte mici. În ultima instanță, oamenii înțeleg că aceste rețele sunt realizate pentru a intra mai ușor în legătura unii cu alții.

Wireless LAN, cunoscut și sub denumirile de WLAN, 802.11 sau WiFi, deși este cea mai recentă metodă de conectare, a cunoscut în ultimii ani o creștere fără precedent a popularității. Această popularitate se datorează chiar principalei sale caracteristici: lipsa cablurilor. Calculatorul se află în rețea fără să aibă nevoie de cabluri sau conectori. Este un vis devenit realitate pentru cei care folosesc PC-uri mobile (laptop-uri sau PDA-uri) și care obțin o libertate totală de mișcare în interiorul ariei acoperite de rețeaua wireless.

Rețeaua wireless are drept componentă principală un echipament care se numește **Punct de Acces**. El este un releu care emite și receptează unde radio către, respectiv de la dispozitivele din raza sa de acțiune.

Să luăm ca exemplu o firmă obișnuită, care are cabinetul Directorului la etajul 8 și o Sala de Sedințe la etajul 2 al unei clădiri de birouri.

În exemplul din Fig.1 se consideră că în rețea sunt două puncte de acces. Unul la etajul 8 al clădirii, în biroul directorului și celălalt în Sala de Sedințe de la etajul 2. Directorul poate să meargă la întâlniri luându-și cu el laptop-ul și deși nu este în biroul său, poate să ceară informații secretarei sau poate să își cerceteze poșta electronică pentru a fi la curent cu ultimele noutăți, toate acestea fără să conecteze vreun cablu.

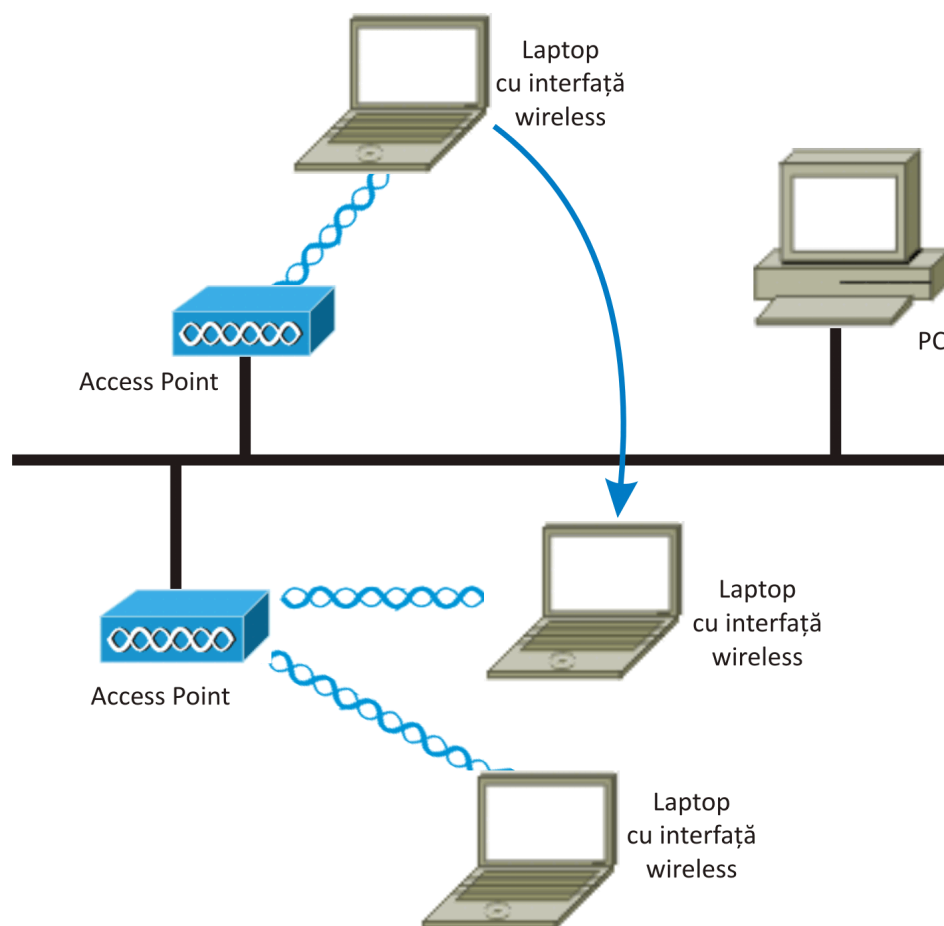


Fig.1 Retea wireless

Exista insa si dezavantaje in cazul retelelor wireless. Pe langa cea mai usoara utilizare si cea mai mare flexibilitate, o retea wireless este totodata si cea mai expusa din punct de vedere al vulnerabilitatii la interceptari neautorizate.

La nivelul fizic, oricine poate sa acceseze o retea wireless. Nu este nevoie sa tai cabluri, pentru ca mediul de propagare al datelor este aerul. Ele pot trece prin ferestre, la fel de bine cum pot trece si prin peretii subtiri din birourile obisnuite. Din fericire, nu este suficient in general sa ai acces la nivelul fizic pentru a obtine si accesul efectiv la retea, deoarece producatorii echipamentelor de comunicatii au conceput modalitati de criptare a informatiilor, care sa le faca inaccesibile intrusilor. Securitatea retelelor wireless este un punct de discutie foarte aprins, deoarece din motive de necunostinta a utilizatorilor sau de neprofesionalism al administratorilor, ori pentru a permite conectarea usoara, aceste caracteristici de protectie nu sunt intotdeauna activate.

Figura urmatoare prezinta regasirea standardul WiFi intr-o asezare globala a standardelor wireless :

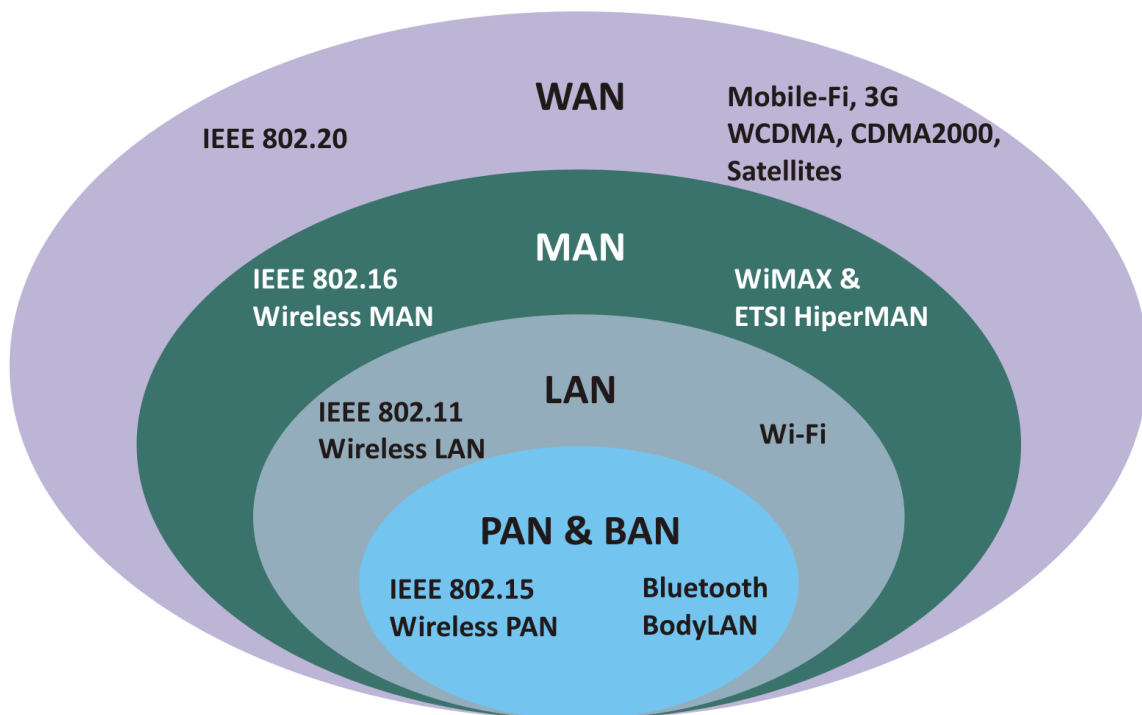


Fig.2 Standarde Wireless

## 2.Standardele IEEE 802.11

Standardul IEEE 802.11 a fost initiat in 1990 si finalizat in 1997 pentru a acoperi retelele care asigura conexiuni wireless intre statii fixe, portabile si in miscare pe arie locala;

În loc de un singur standard (IEEE 802.11b), există un întreg alfabet de variante wireless din care utilizatorii pot alege. 802.11a, 802.11b, 802.11g și 802.11h concurează pentru preferința userului, ca tehnologii de bază, cu 802.11n așteptând la rând. Iar 802.11c, 802.11d, 802.11e, 802.11f și 802.11i adaugă încă puțină culoare acestui amestec.

IEEE 802.11 Prezentare generală	
802.11a	54 Mbps WLAN în banda de 5 GHz
802.11b	11 Mbps WLAN în banda de 2,4 GHz
802.11c	Wireless bridging
802.11d	„World Mode”, adaptare la cerințele regionale
802.11e	QoS și extensii streaming pentru 802.11a/g/h
802.11f	Roaming pentru 802.11 a/g/h (Inter Access Point protocol IAPP)
802.11g	54 Mbps WLAN în banda de 2,4 GHz
802.11h	802.11a cu DFS și TPC, „11a Europe”
802.11i	Autentificare și criptare (AES, 802.1x)
802.11j	802.11a cu canale adiționale peste 4,9 GHz, „11a Japan”
802.11k	Schimb de informații de capabilitate între client și Access Point
802.11l	Nu este utilizat
802.11m	Actualizare - publicarea actualizărilor standardului
802.11n	„Next Generation WLAN” cu cel puțin 100 Mbps

Fig.3 IEEE 802.11

## 2.1 Tehnologia

Rețelele wireless se împart în două clase importante, factorul decisiv fiind frecvența de bandă. Tehnologiile moștenite folosesc banda de 2.4 GHz, în timp ce variantele ulterioare folosesc banda mai largă, de 5 GHz.

➤ Prima clasă include standardul The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) **802.11b** (11 Mbps) și succesorul său, **802.11g** (54 Mbps). Această prima clasă este, în prezent, cea mai frecventă opțiune.

➤ b) Pe de altă parte, **802.11a** și **802.11h**, ambele putând să obțină o rată nominală de 54 Mbps, operează în banda de 5 GHz.

**802.11b** - a fost ratificat de IEEE în 16 septembrie 1999 și este, probabil, cel mai popular protocol de rețea wireless utilizat în prezent. Utilizează tipul de modulație DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Operează în banda de frecvențe ISM (Industria, Știința, Medicina); nu sunt necesare licențe atât timp cât se utilizează aparatura standardizată. Limitările sunt: puterea la ieșire de până la 1 watt iar modulațiile numai de tipul celor care

au dispersia spectrului cuprinsa intre 2,412 si 2,484 GHz. Are o viteza maxima de 11 Mbps cu viteze utilizate in prezent de aproximativ 5 Mbps.

**802.11g** a fost ratificat in iunie 2003. In ciuda startului intarziat, acest protocol este, in prezent, de facto protocolul standard in retelele wireless, deoarece este implementat practic pe toate leptopurile care au placa wireless si pe majoritatea celorlalte dispozitive portabile. Foloseste aceeasi subbanda de frecvente din banda ISM ca si 802.11b, dar foloseste tipul de modulatie OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Viteza maxima de transfer a datelor este de 54 Mbps, cu implementari practice la 25 Mbps. Viteza poate cobori pâna la 11 Mbps sau chiar la valori mai mici, trecând la tipul de modulatie DSSS, pentru a se realiza compatibilitatea cu mult mai popularul protocol 802.11b.

**802.11a** a fost ratificat de IEEE in 16 septembrie 1999. Utilizeaza tipul de modulatie OFDM. Are o viteza maxima de 54 Mbps cu implementari de pâna la 27 Mbps. Opereaza in banda ISM intre 5,745 si 5,805 GHz si in banda UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) intre 5,170 si 5,320 GHz. Aceasta il face incompatibil cu 802.11b sau 802.11g. Frecventei utilizate mai mari ii corespunde o bataie mai mica la aceeasi putere de iesire si, cu toate ca in subgamele utilizate spectrul de frecvente este mai liber in comparatie cu cel din jurul frecventei de 2,4 GHz, in unele zone din lume, folosirea acestor frecvente nu este legala. Utilizarea unui echipament bazat pe acest protocol in exterior se poate face numai dupa consultarea autoritatilor locale. De aceea, echipamentele cu protocolul 802.11a, cu toate ca sunt ieftine, nu sunt nici pe departe la fel de populare ca cele cu 802.11b/g.

**802.11h**, care este numita in SUA o “problema de compatibilitate in Europa”, este varianta europeana a standardului american. Cele mai importante functionalitati ale acesteia sunt selectarea dinamica a frecventei si puterea variabila a transmitatorului, pe care European Telecommunications Standards Institute (ETSI) o mandateaza pentru piata europeana pentru a se asigura ca sistemele au o putere a transmitatorului rezonabila.

**IEEE 802.11c** specifica metode de wireless bridging, adica, metode de conectare a unor tipuri diferite de retele prin mijloace wireless.

**802.11d** este numit si “*World Mode*”: acest lucru se refera la diferentele regionale din tehnologii, de exemplu cât de multe si care canale sunt disponibile pentru utilizare si in care regiuni ale lumii. Ca user, trebuie doar sa numiti tara in care doriti sa folositi placa WLAN si driverul se ocupa de restul.

**IEEE 802.11e** defineste *Quality-of-Service* si extensiile streaming pentru 802.11a/ h si g. Scopul este de a imbunatati retelele de 54 Mbps pentru aplicatii multimedia si Voice over IP, adica, telefonie prin retele IP si internet. Pentru a fi utilizate cu multimedia si voce, reseaua trebuie sa suporte ratele garantate pentru fiecare serviciu, cu intarzieri minime de propagare.

**802.11f** descrie metodele de schimbare a standardului (“Roaming”) intre access point-uri, iar IAPP, Inter Access Point Protocol, se ocupa de detalii.

## 2.2 Standarde de securitate

**802.11i** a fost conceput pentru a soluționa problemele de securitate existente în domeniu până în momentul acela. Integrează tot ce poate oferi lumea securității. Printre principalele funcționalități ale 802.11i se numără autentificarea *IEEE 802.1x*, cu *Extensible Authentication Protocol* (EAP), *RADIUS* și *Kerberos*, precum și criptare bazată pe algoritmul *Rijndael AES*.

Complexitatea standardului 802.11i a făcut ca acesta să fie extrem de greu de finalizat: standardul a fost în cele din urmă lansat de IEEE după un dificil proces de negociere, în vara lui 2004. Durata etapei de standardizare pentru 802.11i arată cât de preocupati de problema securității sunt acum producătorii și organizațiile. Rătiunea acestei griji este dezastrul aproape total care a înconjurat prima tehnică standardizată de criptare pentru WLAN-uri, cunoscut sub numele de standardul *Wireless Equivalent Privacy* (WEP). WEP se bazează pe un cifru RC4, cu chei statice și un *Initialization Vector* (IV), care este modificat pentru fiecare pachet dintr-o transmisie. WEP avea unele puncte slabe foarte importante, în implementarea IV, iar acestea le permiteau atacatorilor care puteau intercepta un număr suficient de mare de pachete de date, să reconstruiască cheia. De fapt, există instrumente de analiză care se ocupă automat de această sarcină.

Anterior introducerii 802.11i, producătorii de WLAN au încercat să compenseze inerentele vulnerabilități ale WEP prin intermediul unei soluții provizorii, cunoscută ca *Wi-Fi Protected Access* (WPA), dezvoltată sub egida Wi-Fi Alliance. Cele mai importante funcționalități ale WPA sunt *Weak Key Avoidance* ("WEPplus"), *autentificare EAP-enabled* și *Temporal Key Integrity Protocol* (TKIP). TKIP este conceput astfel încât să evite principalele deficiențe ale WEP, înlocuind cheia statică cu chei modificate în mod dinamic și implementând o verificare a integrității mult îmbunătățită. Din rațiuni de compatibilitate, TKIP folosește tot cifrul RC4.

WPA2 este termenul pe care Wi-Fi Alliance îl folosește pentru a face referire la implementarea tuturor componentelor obligatorii ale standardului 802.11i.

## 2.3 Probleme de compatibilitate

În cazul în care nu este configurat un WLAN complet nou, va trebui probabil să se acorde atenție compatibilității cu device-urile 802.11b existente.

802.11g are câteva lucruri : device-urile 802.11b și 802.11g folosesc aceeași frecvență, aceeași tehnică de modulație și același domeniu, așadar operațiile mixte nu sunt o problemă. Înșă, compatibilitatea afectează performanța: dacă o singură componentă 11b se asociază cu o rețea 11g, rata sistemului scade imediat de la 54 Mbps la 11 Mbps. Operațiile mixte cu componente 802.11b și g, dar și cu device-uri 11g mai noi și mai vechi, pot cauza unele probleme. Standardul de securitate WLAN 802.11i nu a fost introdus până în vara anului 2004. Rețelele wireless mai vechi suportă, de obicei, doar metoda WEP și necesită o protecție suplimentară a rețelei, cu ajutorul tehnologiilor VPN. Unii producători de device-uri care suportă un subset al 802.11i WPA oferă upgrade-uri firmware la 802.11i/WPA2.

Așa-numitele produse Dual-Band/Triple-Mode ajută la evitarea problemelor de compatibilitate chiar de la început. Aceste sisteme suportă operațiuni în banda de 2.4 și 5 GHz și toate cele trei tehnologii de bază: 802.11a, 802.11b și 802.11g. Din punct de vedere al unei tehnologii radio, nu există obstacole pentru interoperarea cu alta componentă

WLAN. Wi-Fi Alliance a introdus eticheta "Wi-Fi certified" pentru a asigura interoperarea fara probleme intre sisteme LAN de la producatori diferiti. Inainte de a primi aceasta aprobare, produsele trebuie sa-si probeze conformitatea cu standardele curente, prin intermediul unei suite de teste, si sa-si demonstreze interoperabilitatea cu device-uri de la alti producatori. Wi-Fi Alliance acorda aceasta certificare sistemelor 2.4 GHz cu viteze de 11 si 54 Mbps si sistemelor 5 GHz pentru WPA, WPA2 si WMM.

WMM inseamna Wi-Fi Multimedia si indica conformitatea cu 802.11e.

### 3. Notiuni si configuratii posibile

In WLAN unitatea adresabila este o statie (STA), destinatie a mesajului si care, in general, nu este o locatie fixa. Nivelul fizic este diferit fata de cel al retelelor cu fire:

- utilizeaza un mediu de transmisiune care nu are margini absolute, dincolo de care traneivererele n-ar fi capabile sa receptioneze;
- nu este protejat impotriva unor semnale externe;
- comunicatia se desfasoara pe un mediu mult mai putin fiabil decât cel cu fire;
- are topologii dinamice;
- lipsa unei conectivitati totale (nu orice statie poate "auzi" oricare alta statie);
- are proprietati de propagare variabile in timp si asimetrice.

Standardul IEEE 802.11 permite interoperabilitatea sistemelor WLAN, acestea putand fi interconectate cu retele de tipul IEEE 802.3 (Ethernet) sau IEEE 802.5 (token-ring).

Elementul de baza este celula acoperita de un echipament similar statiei de baza din comunicatiile mobile numita, aici, Punct de Acces (**AP – Acces Point**).

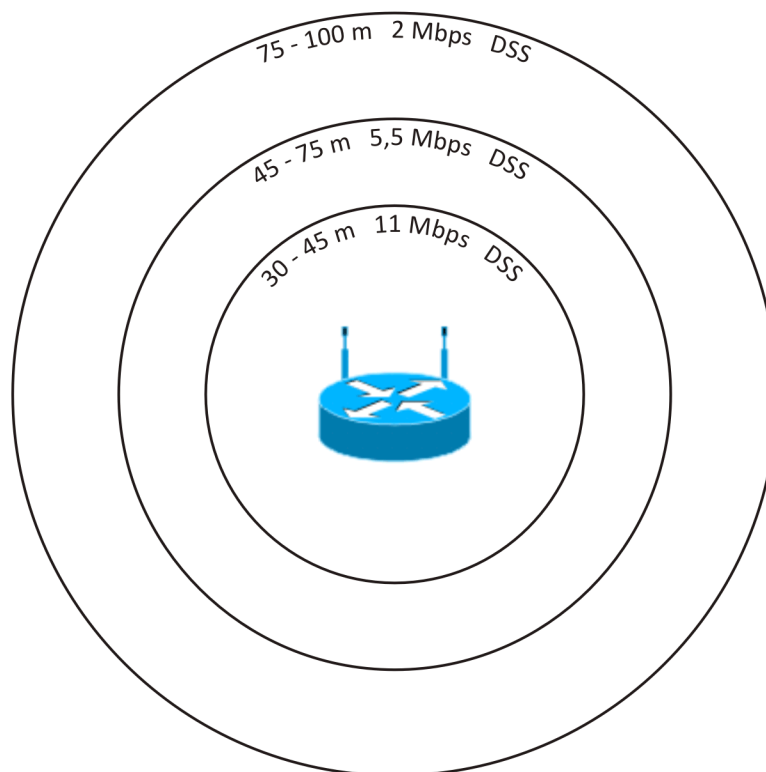


Fig. 3: Acoperirea cu semnal de la un Access Point  
DSS = Digital Spread Spectrum



Raza de actiune a fiecarui punct de acces radio determina o **celula** sau in termenii IEEE 802.11 un **BSS** (Basic Service Set).

Mai multe celule sunt conectate intre ele, printr-o retea de distributie, realizata de obicei prin cablu, formând un **ESS** (Extended Service Set) sau un **domeniu**.

In acest domeniu un calculator mobil (un client) se poate deplasa de la o celula la alta fara a pierde conexiunea cu rețeaua. Aceasta este semnificatia termenului de **roaming**.

In acest scop statia mobila:

- va monitoriza permanent calitatea legaturii cu celula folosita.
- va incepe cautarea de noi celule atunci când calitatea comunicatiei scade sub un prag prestabilit
- va folosi un ID diferit in fiecare celula, acesta fiind impus de catre sistem.

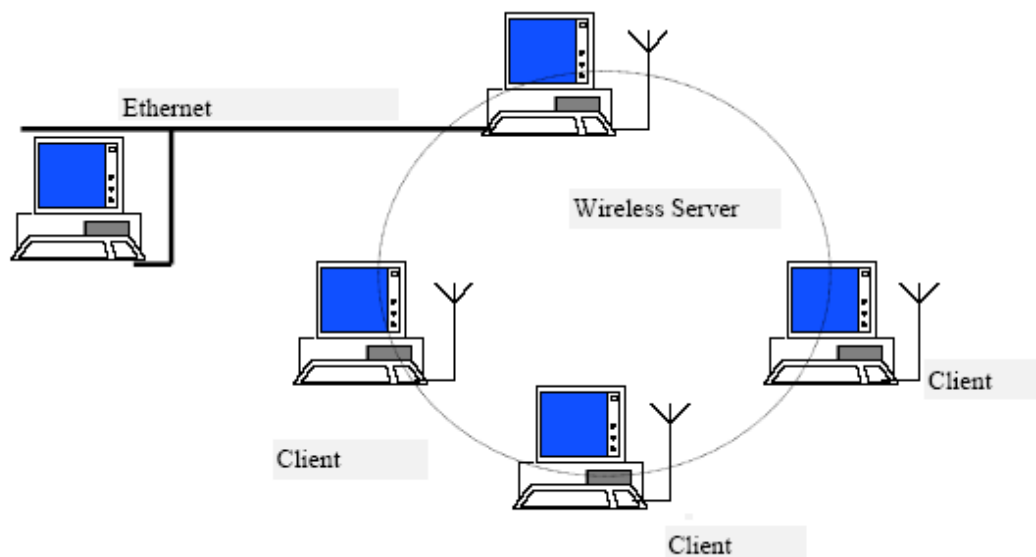


Fig.4

Statii client si server wireless

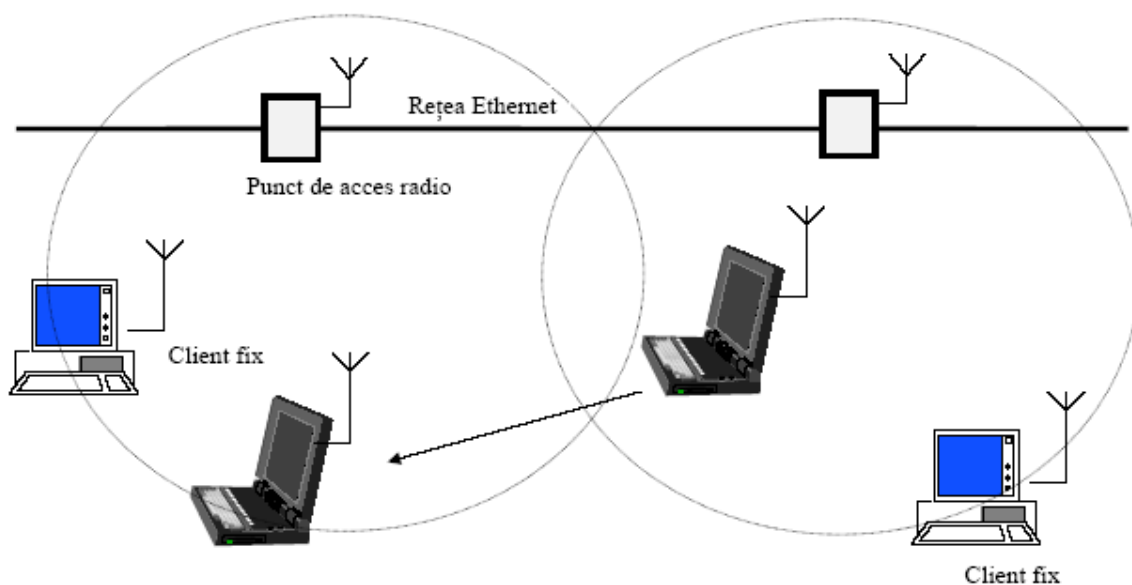


Fig.5 Rețea cu mai multe celule

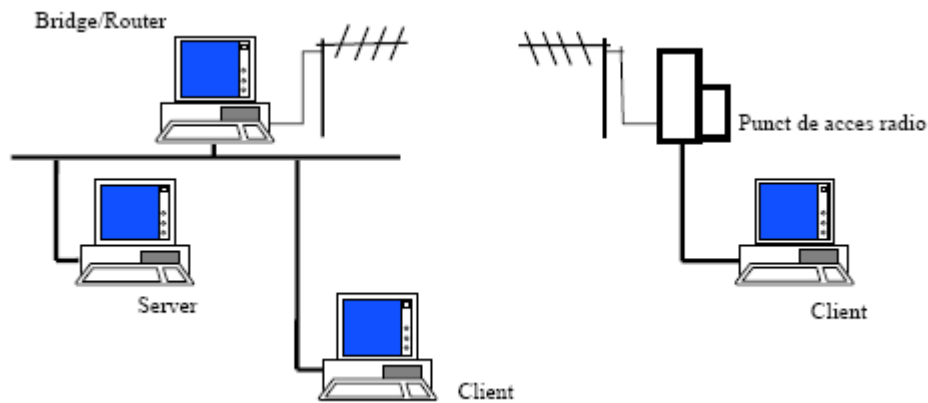


Fig.6 Retea locala folosind un ruter wireless

## 4.Componentele rețelei

### a) Setul serviciului de baza (BSS - Basic Service Set)

Din cauza limitărilor privind nivelul fizic (acoperire radio), rețelele wireless care trebuie să acopere distanțe geografice rezonabile pot fi compuse din blocuri de baza. Blocul de baza este numit setul serviciului de baza (BSS). În figura de mai jos sunt prezentate două BSS, compuse fiecare din două stații, forma ovală indicând, simbolic, aria acoperită, în care stațiile membre ale BSS pot rămâne în comunicare. Dacă o stație iese din această arie, ea nu mai poate comunica cu celelalte stații membre ale aceluiași BSS.



Fig.7 Seturile serviciului de baza

Conform standardului 802.11 se disting două tipuri de rețele locale:

- rețele ad-hoc;
- rețele infrastructurale

Un **BSS independent** (IBSS - Independent BSS) reprezintă cel mai semnificativ tip de baza al rețelei IEEE 802.11. O rețea IEEE 802.11 minimă poate fi formată din numai două stații. În figura de mai sus sunt prezentate două IBSS. Deoarece acest tip de rețea IEEE 802.11 se formează adesea fără o planificare, numai pentru un interval de timp cât este necesară, mai este numită rețea ad hoc.

Asocierea dintre o STA și un BSS este dinamică: stația poate fi alimentată, nealimentată, poate ieși din aria de acoperire BSS sau poate intra în această arie. Pentru ca o stație să devină membru al unei infrastructuri BSS, ea trebuie să devină "asociată".

Aceasta asociere este dinamica si implica utilizarea **serviciului sistemului de distribuire** (DSS - Distribution System Service).

### b) Sistemul de distribuire (DS)

Pentru unele retele comunicatia directa statie - statie nu este posibila din cauza distantei. In aceste cazuri un BSS, in loc sa fie independent, poate fi o componenta a unei retele extinse, formata din mai multe BSS, elementul utilizat pentru a le interconecta fiind numit **sistem de distribuire** (figura 8).

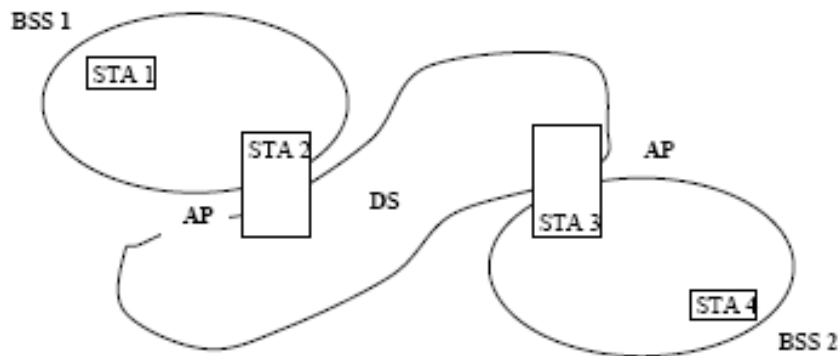


Fig.8 Sisteme de distributie si puncte de acces

Sistemul de distribuire furnizeaza serviciile logice necesare integrarii mai multor BSS. Un punct de acces (AP - Acces point) este o statie care asigura accesul la DS, furnizând serviciile DS si functionând si ca o statie. Datele sunt transferate intre un BSS si un DS prin intermediul unui AP. Toate punctele de acces (AP) sunt, de asemenea, statii (STA), deci ele sunt entitati adresabile. Un DS si mai multe BSS formeaza o retea wireless, de marime si complexitate arbitrare. O astfel de retea este numita **setul serviciului extins (ESS - Extended Service Set)**. Un concept important este ca o retea ESS este vazuta de subnivelul LLC la fel cum este vazuta o retea IBSS. Statiile din cadrul unei retele ESS pot comunica si statiile mobile se pot deplasa de la un BSS la altul (in aceeasi retea ESS) in mod transparent fata de LLC.

In standardul IEEE 802.11 nu se mentioneaza nimic in legatura cu locatiile fizice relative ale BSS - urilor (ele se pot suprapune partial, pot fi disjuncte, distantele intre BSS - uri nu sunt limitate).

### c) Integrarea cu celelalte retele locale (cablate)

Pentru conectarea cu alte tipuri de retele locale (cu fire) este utilizat un **portal**, componenta logica arhitecturala reprezentând punctul logic prin care unitatile de date ale serviciului MAC dintr-o retea locala cu fire sunt transferate in arhitectura IEEE 802.11 (in sistemul de distribuire) si invers (figura 9). Este posibil ca un echipament sa functioneze simultan ca un AP si ca un portal; acesta poate fi cazul când un DS este implementat din

componentele LAN IEEE 802. Portalul interconectează mediul de transmisiune al sistemului de distribuție și cel al LAN cu fir.

În figura 9 se reprezintă un ESS format din două BSS-uri, un DS și acces printr-un portal la o rețea LAN cu fir.

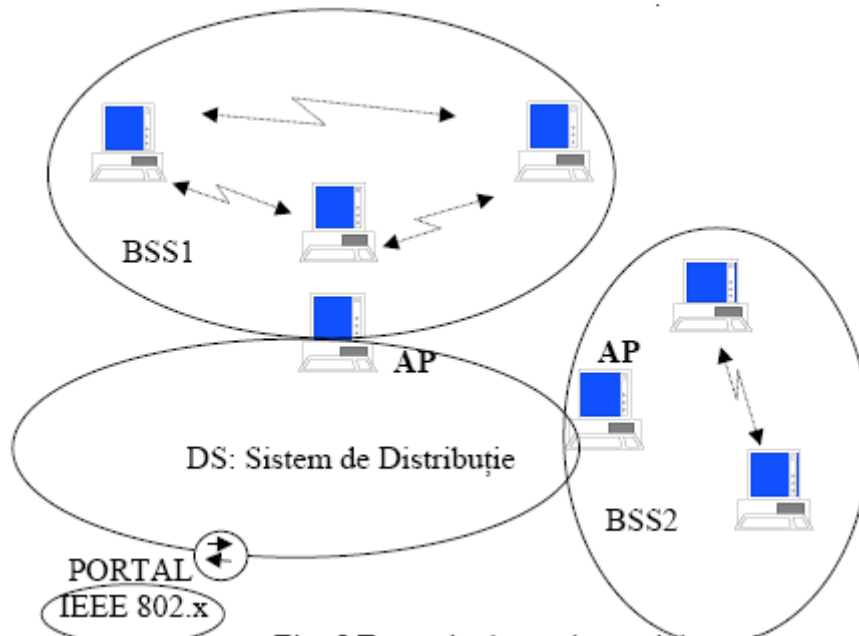


Fig. 9 Conectarea la alte tipuri de rețea LAN

#### 4.1 Arhitectura IEEE 802.11

Arhitectura logică a rețelei IEEE 802.11 este prezentată în figura următoare :

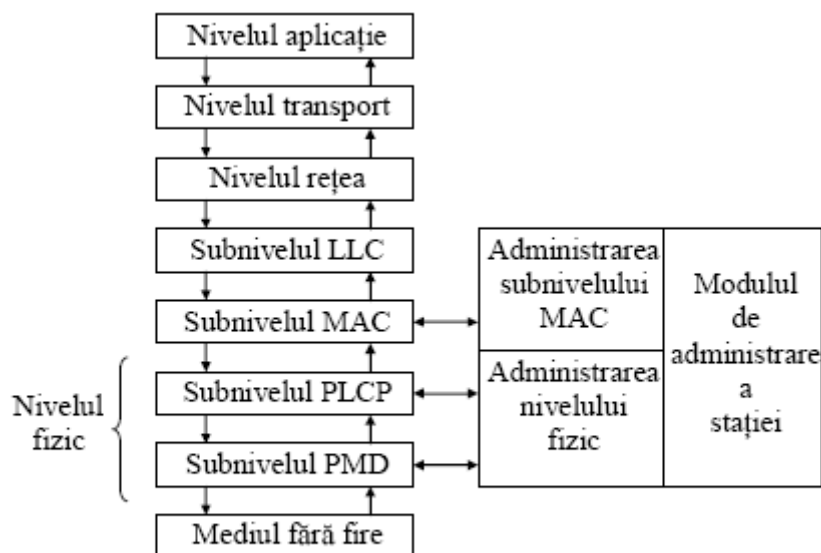


Fig.10 Arhitectura IEEE 802.11

### 4.1.1 Subnivelul MAC (Medium Acces Control)

Subnivelul MAC utilizeaza procedura CSMA (Carrier Sense Multiple Access), ca si în Ethernet, dar, fiind dificil de detectat coliziunile într-un mediu wireless, în rețelele IEEE 802.11 se implementeaza evitarea coliziunilor - collision avoidance (CSMA/CA) si nu detectarea lor. Dat fiind zgomotul mai important în mediul de transmisie wireless si efectele de propagare multicale si de interferenta, în mecanismul de acces de baza se utilizeaza procedeul confirmarii cadrelor transmise. Daca un cadru de confirmare (ACK) nu este receptionat într-un anumit interval de timp, cadrul neconfirmat va fi retransmis.

Pentru controlul accesului statiilor la mediul de transmisiune subnivelul MAC ofera doua tipuri de servicii, unul cu contentie (disputa), celalalt fara contentie, realizate fiecare prin intermediul al câtei unei functii de coordonare :

- **functia de coordonare distribuita (DCF - Distributed coordination function)**
- **functia de coordonare punctuala (PCF - Point coordination function).**

Subnivelul MAC este responsabil pentru:

- procedurile de alocare a canalului,
- adresarea unitatilor de date de protocol (PDU),
- formarea cadrelor, controlul erorilor,
- fragmentarea si reasamblarea.

Mediul de transmisiune poate opera in doua moduri:

- **modul concurential CP** (contend period), când statiile isi disputa accesul la canal pentru fiecare pachet transmis, sau
- **modul neconcurential CFP**, când utilizarea mediului este controlata de AP.

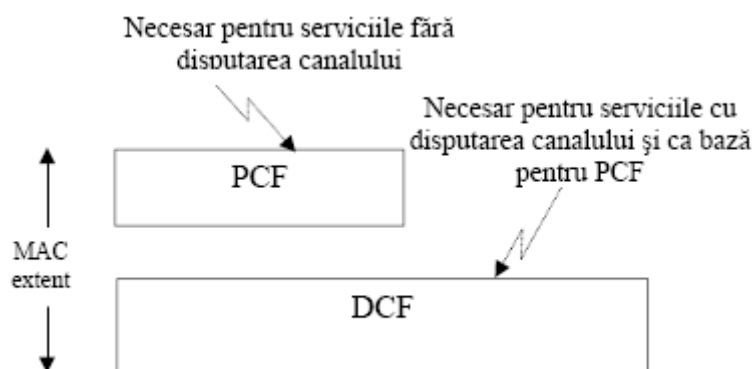


Fig.11 Arhitectura MAC

#### a) Functia de coordonare distribuita (DCF)

Metoda de baza pentru controlul accesului este DCF, care implementeaza un protocol CSMA/CA (Carrier sense multiple access with collision avoidance – Acces multiplu

cu perceptia purtatorului si evitarea coliziunilor), cu revenire dupa o lege binara exponentiala (binary exponential backoff). Aceasta metoda trebuie implementata in toate tipurile de statii, din IBSS sau din reseaua de infrastructura.

O statie care are de transmis cadre MAC trebuie sa asculte mai întâi mediul de transmisiune. Daca mediul este liber poate transmite. Algoritmul distribuit CSMA/CA impune inasa un interval minim, specificat, liber intre secventele de cadre succesive, asa încât statia transmitatoare trebuie sa se asigure ca mediul de transmisiune este liber pentru acest interval de timp inainte de a incerca sa transmita. Daca mediul de transmisiune este ocupat, statia va amâna incercarea de a transmite pâna când mediul devine liber. Dupa ce mediul devine liber sau inainte de a incerca sa transmita imediat dupa o transmisiune reusita, statia trebuie sa aleaga un interval de revenire aleator si trebuie sa decrementeze contorul intervalului de revenire in timp ce mediul este liber.

### Intervale între cadre

Mecanismul CSMA/CA impune un interval liber (pauza) între transmisiunile de cadre succesive. O statie care utilizeaza DCF trebuie sa respecte doua reguli de acces la mediul de transmisiune: (1) statia va putea transmite numai daca mecanismul ei de percepere a purtatorului determina ca mediul a fost liber pentru cel puțin un interval de timp numit **DIFS (Distributed InterFrame Space** - Spatiu între cadre distribuit) si (2), pentru a reduce probabilitatea de coliziune cu alte statii care acceseaza mediul, statia va selecta un **interval de revenire (backoff)** cu care amâna încercarea de transmisiune, dupa ce mediul a fost gasit ocupat sau înainte de a încerca sa transmita un alt cadru dupa o transmisiune reusita.

O caracteristica importanta a subnivelului MAC IEEE 802.11 este aceea ca receptia reusita a unui cadru este confirmata printr-un cadru **ACK**, asa încât o statie va considera transmisiunea unui cadru ca fiind reusita numai dupa ce primeste cadrul ACK. Daca nu primeste cadrul ACK într-un interval de timp limitat transmitatorul va încerca sa retransmita cadrul.

Figura 12 prezinta situatii posibile la încercarea de transmitere a unui cadru. Cadrele receptionate eronat sunt marcate cu linii încrucisate.

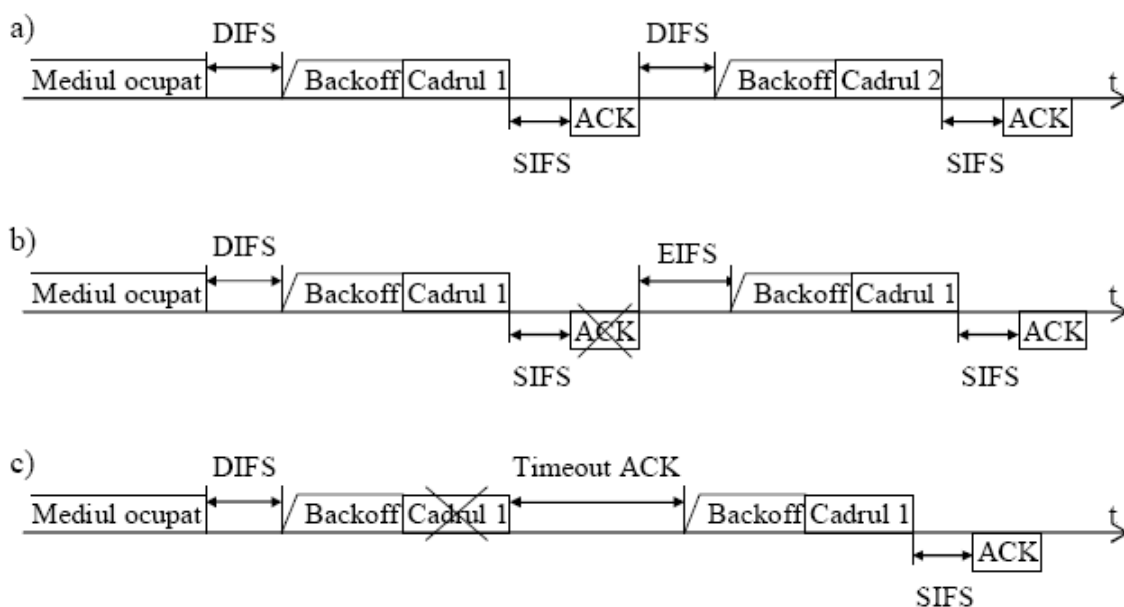


Fig. 12 Transmiterea cadrelor prin DCF

- a) reusita ;
- b) retransmisie datorita eronarii cadrului ACK;
- c) retransmisie datorita receptiei eronate a cadrului.

Intervalul între cadre scurt (**SIFS - Short InterFrame Space**), mai mic decât DIFS, este intervalul de timp între recepția unui cadru de date și transmiterea cadrului ACK corespunzător (Fig. 12 a). Utilizarea acestei pauze mici în schimbul de cadre previne ca alte stații care așteaptă un interval de timp mai mare (DIFS) după eliberarea mediului de transmisie să încerce să transmită, asigurând prioritate pentru încheierea schimbului de cadre în desfășurare.

Dacă un cadru de confirmare este recepționat eronat (cu un CRC incorect), transmitatorul va încerca retransmiterea cadrului de date după un timp **EIFS (Extended InterFrame Space)** - Fig. 12 b).

Dacă nu se recepționează cadrul de confirmare într-un anumit interval de timp (Timeout ACK) se va încerca retransmiterea cadrului (Fig. 12 c).

## b) Funcția de coordonare punctuală (PCF)

Este o metodă de acces opțională, utilizabilă numai în rețeaua de infrastructură, care folosește un **coordonator punctual** (PC - Point coordinator), localizat în punctele de acces ale BSS, pentru a determina care stație are dreptul de a transmite. Coordonatorul punctual controlează transmiterea cadrelor prin metoda polling (interogare), asigurând astfel eliminarea contenziilor. Este utilizat un mecanism virtual de percepție a purtătorului și un mecanism de prioritate pentru acces.

PCF distribuie informația necesară pentru funcționare prin intermediul unui cadru specific de management (cadrul Beacon - far, baliză). Toate transmisiunile de cadre prin PCF utilizează intervale între cadre mai mici decât cele din transmisiunile DCF, asigurând în felul acesta prioritate de acces pentru traficul PCF în raport cu stațiile din BSS funcționând cu metoda de acces DCF.

DCF și PCF trebuie să coexiste concurențial în același BSS. Dacă un coordonator punctual există într-un BSS, cele două metode trebuie să alterneze. Funcția de coordonare punctuală cuantizează timpul cu supercadre.

## c) Fragmentarea și defragmentarea cadrelor la subnivelul MAC

Fragmentarea este procesul de divizare a unităților de date ale serviciului MAC (**MSDU - MAC service data unit**) sau ale protocolului de management MAC (**MMPDU - MAC management protocol data unit**), efectuat cu scopul de a mări probabilitatea de transmisie reușită a MSDU sau MMPDU în cazurile în care starea canalului limitează siguranța recepției pentru cadrele mai lungi. Procesul de recombinare a unităților de date ale protocolului MAC (MPDU - MAC protocol data unit) într-un MSDU sau MMPDU se numește defragmentare. Fragmentarea și defragmentarea se realizează în fiecare transmitator, respectiv receptor. Fiecare fragment este transmis independent și confirmat

separat. Fragmentarea se realizeaza daca lungimea cadrului MSDU sau a cadrului MMPDU este mai mare decât un anumit prag, dar numai cadrele cu destinatie individuala sunt fragmentate, cele care au o destinatie de grup si cadrele de difuzie nu pot fi fragmentate.

Un exemplu de fragmentare este prezentat in figura urmatoare :

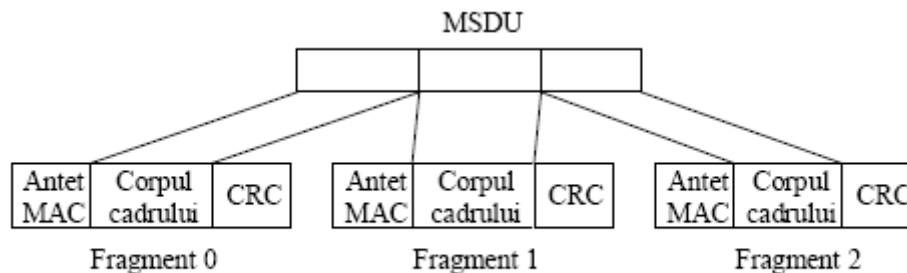


Fig.13 Fragmentarea

#### 4.1.2 Nivelul fizic

Nivelul fizic se compune din doua subnivele:

- subnivelul protocolului de convergenta a nivelului fizic (**PLCP - Physical layer convergence protocol**)
- subnivelul dependent de mediul fizic (**PMD - Physical medium dependent**).

Standardul IEEE 802.11 (1997) si variantele sale, IEEE 802.11b si IEEE 802.11a (1999), specifica debitele, benzile de frecvente si metodele de transmisiune prezentate in tabelul care urmeaza.

Standard	Anul ratificării	Banda de frecvențe	Debit (Mb/s)	Tip transmisiune
IEEE 802.11	1997	2,4 GHz	1; 2	FHSS DSSS IR
IEEE 802.11b	1999	2,4 GHz	1; 2; 5,5; 11	DSSS CCK
IEEE 802.11a	1999	5 GHz	6; 9; 12; 18; 24; 36; 48; 54	BPSK; QPSK; QAM

Specificatiile standardului IEEE 802.11 prevad trei variante de implementare pentru nivelul fizic:

- folosind spectru imprastiat cu salt de frecventa (FHSS),
- folosind spectru imprastiat cu secventa directa (DSSS)
- folosind radiatii in infrarosu (IR).

Standardul IEEE 802.11 prevede transmisiunea cu debite de 1 Mb/s si 2 Mb/s in banda de 2,4 GHz (banda ISM - Industrial, Scientific and Medical band), metodele de transmisiune radio recomandate fiind **FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum - Spectru**

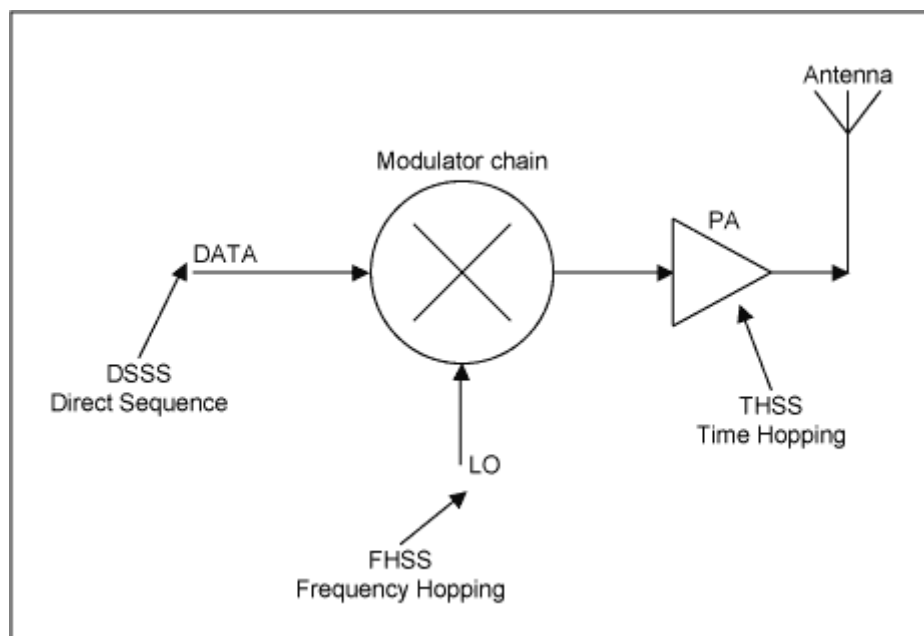


imprastiat cu salt de frecventa) si DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum - Spectru imprastiat cu secventa directa).

### FH-SS

Sistemele care au la baza FH-SS utilizeaza banda ISM (Industrial, Scientific and Medical band) de 2,4GHz. In SUA sunt specificate maxim 79 de canale pentru salturi de frecventa. Primul canal are frecventa centrala de 2,402 GHz iar celelalte canale sunt distantate cu 1 MHz.

Prin împrăștierea spectrală în cadrul comunicatiilor RF se înțelege o diviziune în frecvență, în timp sau pe baza unei scheme de codare, a benzii disponibile. Mesajele ce urmează a fi transmise sunt si ele în mai multe părți numite pachete, care vor fi transmise pe anumite segmente ale spectrului astfel divizat. Metoda numită Frequency division spread spectrum sau Frequency hopping este folosită constă în împărțirea spectrului în diferite frecvențe sau canale. Urmând această metodă mesajul continut într-un singur pachet este transmis pe un anumit canal, apoi dispozitivul radio selectează un alt canal – proces numit salt sau hopping către o altă frecvență – pentru a transmite următorul pachet, si procesul se repetă în acelasi mod până se transmite întregul mesaj, prin aceasta efectuându-se o împrăștiere a mesajului pe întregul spectru disponibil.



Sistemele care folosesc DS-SS lucreaza de asemenea banda ISM de 2,4 GHz. In acest caz pentru transmisiunile cu viteza de baza de 1Mb/s se foloseste modulatie diferentiala binara cu comutarea fazei (DBPSK) . Pentru viteze de 2 Mb/s se foloseste modulatie diferentiala in cuadratura cu comutarea fazei (DQPSK). Imprastierea este realizata prin impartirea benzii disponibile in 11 subcanale, fiecare cu latimea benzii de 11 MHz.

Transmisiunea in infrarosu (IR - Infrared), o alta specificare a standardului, necesita vizibilitatea directa intre transmitator si receptor, prin urmare distantele de transmisiune sunt mici, corespunzatoare unei camere (semnalele IR nu pot trece prin ziduri). Se foloseste modulatia impulsurilor in pozitie (PPM - Pulse Position Modulation). Aceasta metoda de transmisiune n-a prezentat interes pentru fabricantii de produse WLAN.

Standardul IEEE 802.11b utilizeaza metoda de modulatie **CCK (Complementary Code Keying - Comutare cu coduri complementare)**, în care codurile de împrastiere a spectrului sunt coduri complementare, pentru debitele de 5,5 si 11 Mb/s si **DSSS** pentru debitele de 1 si 2 Mb/s.

Standardul IEEE 802.11a prevede utilizarea metodei **OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)**, modularea purtatorilor fiind, în functie de debit, **BPSK (Binary Phase Shift Keying)**, **QPSK (Quaternary PSK)**, **16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation)** si **64-QAM**.

### Modulatia cu diviziune frecventa ortogonala (OFDM)

Este o metoda de transmisie bazata pe ideea multiplexarii cu divizare in frecventa (FDM). In cazul FDM, mai multe semnale sunt transmise in acelasi timp dar pe frecvente diferite. Aceasta este intalnita la transmisiile radio unde fiecare statie face broadcast intr-o anumita banda de frecventa sau canal.

In OFDM, un singur transmitator emite pe mai multe frecvente ortogonale (independente)

Tehnologia OFDM cuplata cu o metoda de modulatie avansata, folosita pe fiecare componenta, conduce la obtinerea unui semnal care prezinta o rezistenta ridicata la interferente.

Tehnica multiplexarii cu diviziune in frecventa evita suprapunerea spectrala a canalelor multiplexate (Fig. 14 a), pentru a elimina interferenta intre canale, avand inasa, drept consecina, o eficienta spectrala scazuta. Pentru a imbunatatii eficienta spectrala, in tehnica multiplexarii cu diviziune in frecventa ortogonala (OFDM) canalele multiplexate se suprapun in frecventa (Fig. 14 b) dar impunand ca aceste canale sa fie distantate in frecventa cu un ecart egal numeric cu viteza de semnalizare, sa evite interferenta intre canale.

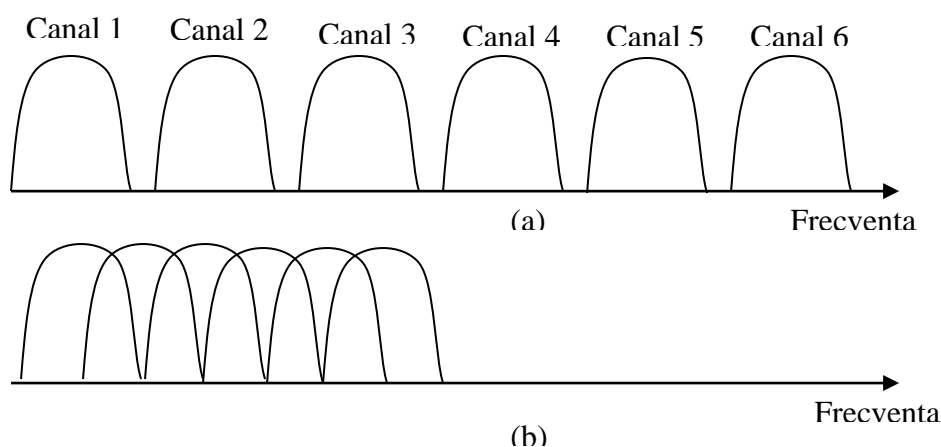


Fig. 14 Tehnica multiplexarii cu diviziune in frecventa  
a) clasica  
b) ortogonala

Caracteristici:

O purtatoare de semnal OFDM este o suma de sub-purtatoare ortogonale, cu banda de baza, pe fiecare sub-purtatoare modulata independent, de obicei prin utilizarea unei

modulatii cuadratura in amplitudine (QAM) sau modulatie cu salt in faza (PSK). Acest semnal compozit in banda de baza, este de obicei folosit pentru a modula o purtatoare RF.

Avantaje OFDM:

- Eficienta mare a spectrului
- Rezistenta la interferenta multicala (in particular intalnita la transmisiile wireless)
- Inlaturare usoara a zgomotului (daca un sir de frecvente sufera interferente, purtatoarele din acel sir, pot fi anulate sau pot fi incetinite)

Dezavantaje OFDM:

- Imperfectiunile de sincronizare in frecventa pot conduce la pierderi in ortogonalitate intre subpurtatoare, rezultand degradari de performanta
- Posibilitatea de aparitie a intermodulatiei intre subpurtatoare

### Structura nivelului fizic

Nivelul fizic este format din doua subnivele (Figura 11): subnivelul protocolului de convergenta a nivelului fizic (PLCP - Physical layer convergence protocol) si subnivelul dependent de mediul fizic (PMD - Physical medium dependent). Subnivelul PLCP este o interfata catre subnivelul MAC, iar subnivelul PMD este echipat cu interfata de transmisiune si de receptie in mediul radio.

Subnivelul PLCP indeplineste functia de adaptare a capabilitatilor subnivelului PMD la serviciul pe care trebuie sa-l ofere nivelului fizic. El defineste o metoda de includere a unitatilor de date ale protocolului MAC (MPDU) intr-un format de cadru adecvat pentru transmiterea si receptia datelor de utilizator si a informatiei de administrare, intre doua sau mai multe statii, utilizând subnivelul PMD. Existenta subnivelului PLCP face ca subnivelul MAC sa functioneze cu o dependenta minima de subnivelul PMD. Modulul pentru administrarea statiei realizeaza functiuni de administrare a nivelului fizic si a subnivelului MAC.

### Subnivelul PLCP în transmisiunile DSSS

În subnivelul PLCP cadrelor MPDU li se ataseaza, pentru transmisiune, un preambul si un antet PLCP (Fig. 15). La receptie, preambulul si antetul cadrelor PLCP sunt prelucrate pentru a extrage informatia necesara procesului de demodulare si de livrare a cadrelor MPDU.

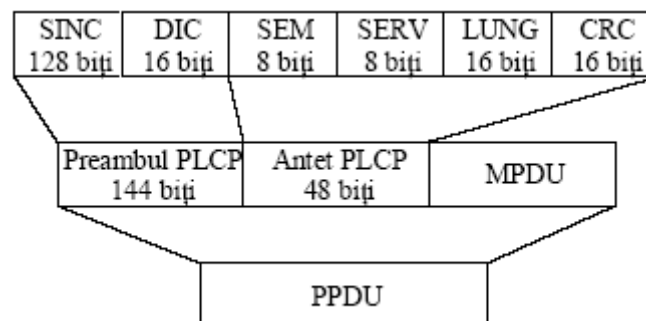


Fig.15 Formatul cadrului PLCP

Preambulul cadrului PLCP contine urmatoarele doua câmpuri: sincronizare (SINC) si delimitatorul de început de cadru (DIC).

Antetul PLCP contine urmatoarele câmpuri:

- semnalizare (SEM),
- serviciu (SERV),
- lungime (LUNG) si
- CRC - 16 (verificarea redundantei ciclice).

Câmpul de sincronizare consta din 128 biti, rezultati în urma operatiei de scrambling aplicate pe o secventa continua de simboluri "1" si serveste receptorului pentru realizarea iferitelor operatii de sincronizare.

Delimitatorul de început de cadru indica începutul câmpului care prezinta parametrii dependenti de nivelul fizic (antetul PLCP). El are structura X"F3A0", cu cel mai semnificativ bit în stânga, bitul cel mai din dreapta transmitându-se primul.

Câmpul SEM, de 8 biti, indica nivelului fizic tipul de modulatie care se va utiliza pentru transmisia (si receptia) cadrelor MPDU. Debitul datelor este egal cu marimea reprezentata de acest câmp înmultita cu 100 Kb/s. Varianta 802.11 asigura doua debite (1 si 2 Mb/s), iar varianta 802.11b asigura patru debite (cele doua din 802.11 si, în plus, 5,5 si 11 Mb/s).

Câmpul LUNG indica timpul în microsecunde, de la 16 la 216-1, necesar pentru transmiterea cadrului MPDU. Numarul continut de acest câmp este determinat pe baza lungimii cadrului MPDU si a debitului utilizat pentru transmisiune.

Câmpul CRC rezulta în urma codarii câmpurilor SEM, SERV si LUNG cu un cod ciclic al carui polinom generator este  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ .

Preambulul si antetul se transmit cu debitul de 1 Mb/s si modulatie DBPSK. Transmisorul si receptorul vor utiliza debitul si metoda de modulatie corespunzatoare debitului începând cu primul simbol (1 bit pentru DBPSK si 2 biti pentru DQPSK) din MPDU. Transmiterea preambului si a antetului necesita 192 microsecunde. Varianta 802.11b prevede, la debitele de 2, 5,5 si 11 Mb/s, un format optional, mai scurt, pentru preambul, de 72 biti (în loc de 144 biti), micșorând astfel numarul bitilor suplimentari. Antetul are aceeasi lungime, 48 biti, dar se transmite cu debitul de 2 Mb/s, în loc de 1 Mb/s.

### **Subnivelul PMD în transmisiunile DSSS**

Nivelul fizic DSSS trebuie sa functioneze în domeniul de frecvente de la 2,4 GHz la 2,4835 GHz. În aceasta banda de frecvente se realizeaza mai multe canale (12 în standardele american si canadian, 14 în cel european), distanta între frecventele centrale ale canalelor adiacente fiind de 5 MHz, primul canal având frecventa centrala egala cu 2,412 GHz

La debitele de 1 si 2 Mb/s se utilizeaza modulatiile DBPSK, respectiv DQPSK, iar la debitele de 5,5 si 11 Mb/s se utilizeaza modulatia CCK. Optional, la aceste debite mai mari, se poate folosi modul PBCC (Packet-based binary convolutional code - Cod convolutional bazat pe pachet).

#### **a) Secventa de împrastiere si modulatia pentru 1 si 2 Mb/s -**

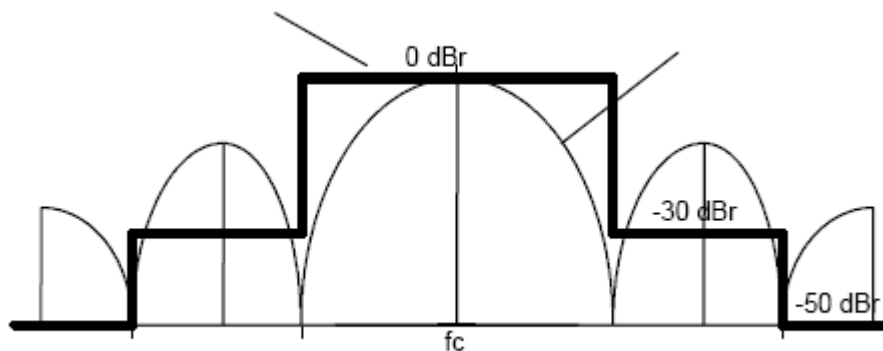
Ca secventa de împrastiere se foloseste secventa Barker de 11 elemente (chips): +1, -1, +1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1, -1.

Modulatia DPSK (Differential Binary Phase Shift Keying), pentru debitul de 1 Mb/s, se face dupa regula: bitului 0 îi corespunde  $\Delta \phi = 0$ , bitului 1 îi corespunde  $\Delta \phi = \pi$ . Modulatia DQPSK (Differential Quaternary PSK), pentru debitul de 2 Mb/s, se face dupa regula prezentata în tabelul de mai jos.

Dibit	Saltul fazei
00	0
01	$\pi/2$
11	$\pi$
10	$3 \pi/2$

Spectrul de transmitere :

putere



frecventa

Fig.16 Spectrul de transmitere

### b) Secventele de împrastiere si modulatia CCK pentru 5,5 Mb/s si 11 Mb/s

Pentru modurile de modulatie CCK (Complementary Code Keying), lungimea codului de împrastiere este 8, debitul dupa împrastiere este de 11 Mchip/s. Codurile de împrastiere CCK, pentru ambele valori ale debitului datelor, sunt determinate cu ajutorul formulei:

$$c = \{ e^{j(\phi_1+\phi_2+\phi_3+\phi_4)}, e^{j(\phi_1+\phi_3+\phi_4)}, e^{j(\phi_1+\phi_2+\phi_4)}, -e^{j(\phi_1+\phi_4)}, e^{j(\phi_1+\phi_2+\phi_3)}, e^{j(\phi_1+\phi_3)}, -e^{j(\phi_1+\phi_2)}, e^{j\phi_1} \}$$

cuvântul de cod fiind  $C = \{c_0 \text{ la } c_7\}$ . Aceasta formula determina 8 elemente complexe,  $c_0$  la  $c_7$ , fazele  $\phi_1, \phi_2, \phi_3$  si  $\phi_4$  fiind dependente de bitii de date.

-Modulatia pentru 5,5 Mb/s -

Pe durata unui simbol, egala cu durata cuvântului de cod format din cele 8 elemente, se transmit 4 biti (d0 la d3). Bitii d0 si d1 determina faza  $\phi_1$  pe baza unei codari DQPSK, bitul d2 determina faza  $\phi_2$  conform relatiei  $\phi_2 = (d_2 * \pi) + \pi/2$ ,  $\phi_3=0$  si  $\phi_4 = d_3 * \pi$ .

- Modulatia pentru 11 Mb/s -

Pe durata unui simbol, corespunzătoare celor 8 elemente ale codului de împrastiere, se transmit 8 biti,  $d_0$  la  $d_7$ . Bitii  $d_0$  și  $d_1$  determină faza  $\phi_1$  pe baza unei codări DQPSK, bitii  $d_2$ ,  $d_3$  determină faza  $\phi_2$ , bitii  $d_4$ ,  $d_5$  determină faza  $\phi_3$  și bitii  $d_6$ ,  $d_7$  determină faza  $\phi_4$ , după regula (QPSK) specificată în tabelul următor:

Dibit [ $d_i, d_{(i+1)}$ ]	Faza
00	0
01	$\pi/2$
10	$\pi$
11	$3\pi/2(-\pi/2)$