

REȚELE LOCALE FĂRĂ FIR (WIRELESS) - WLAN

1. Introducere

- Rețelele de calculatoare wireless (fără fir) sunt destinate, aplicațiilor unde instalarea de cabluri nu este posibilă sau acolo unde este necesară mobilitatea terminalelor.
- În mare măsură aceste rețele respectă aceleași specificații ca și rețelele LAN ordinare, prevăzute de standardul IEEE 802.
- Multe dintre ele funcționează în banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) de 915 MHz (902 - 928 MHz), 2.4 GHz (2.4 - 2.4835GHz) și 5.7 GHz (5.725 - 5.85 GHz).
- Acestea folosesc tehnica de transmisiune Spread Spectrum:
 - DS-SS în banda de 915 MHz și
 - FH-SS în benzile de 2.4 și 5.7 GHz.
- Folosirea SS este avantajoasă deoarece evită aprobările din partea administrațiilor radio;
- Există și WLAN care lucrează în banda de 18 GHz sau infraroșu.
- În ultimul deceniu s-a încercat normarea produselor WLAN; Două sunt standardele care s-au impus:
 - *ETSI-HIPERLAN (European Telecommunication Standards Institute – High Performance European Radio LAN)* și
 - *IEEE 802.11 – WLAN*
- Ambele standarde acoperă startul fizic și substratul MAC al nivelului legăturii de date conform modelului de referință OSI.
- Standardul **Hiperlan** se referă la sisteme realizate în benzile 5.15 – 5.30 GHz și 17.1 – 17.2 GHz prevăzând și o extensie pentru banda de 5 GHz.
- Sistemele corespunzătoare asigură viteze de până la 25.529 Mb/s, servicii cu limită de timp de întârziere și facilități pentru reducerea consumului;

- Standardul **IEEE 802.11** a fost inițiat în 1990 și finalizat în 1997 pentru a acoperi rețelele care asigură conexiunile fără fir între stații fixe, portabile și în mișcare pe arie locală;
- Standardul prevede rate de 1Mb/s și opțional 2 Mb/s pe raze de 250-300 m;
- Se asigură suportul pentru transfer asincron de date și opțional serviciul pentru servicii distribuite cu limită de timp (DTBS);
- Prima opțiune se referă la traficul care este relativ insensibil la întârzieri cum este poșta electronică sau transferul de fișiere;
- A doua opțiune, DTBS, implică o limită a întârzierii pentru a asigura o calitate acceptabilă a serviciului;
- Pentru a rezolva problemele legate de transmisiune se pot folosi două variante de organizare (funcții) a rețelei:
 - **DCF (Distributed Coordination Function)** care este similară organizării din rețelele de comutare de pachete și este destinată transferului asincron de date;
 - **PCF (Point coordination Function)** care se bazează pe interogări controlate de punctul de acces (**AP**) și care este destinată transmisiunilor sensibile la întârzieri;
- Majoritatea produselor WLAN pot fi interconectate cu rețele standard de tipul IEEE802.3 (Ethernet) sau IEEE802.5 (token-ring).
- Cu alte cuvinte standardul IEEE 802.11 permite interoperabilitatea sistemelor WLAN.

2. Configurații posibile

- Elementul de bază este celula acoperită de un echipament similar stației de bază din comunicațiile mobile numită, aici, Punct de Acces (**AP** – Acces Point).
- Câteva variante de configurații pentru rețelele locale fără fir sunt date în figurile 1-3.

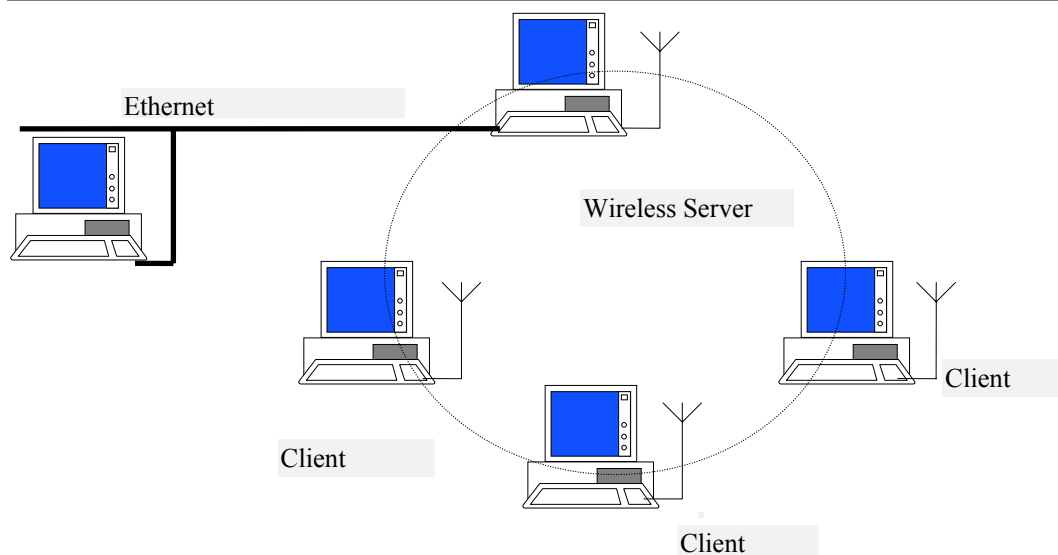


Figura 1. Server fără fir + stații client.

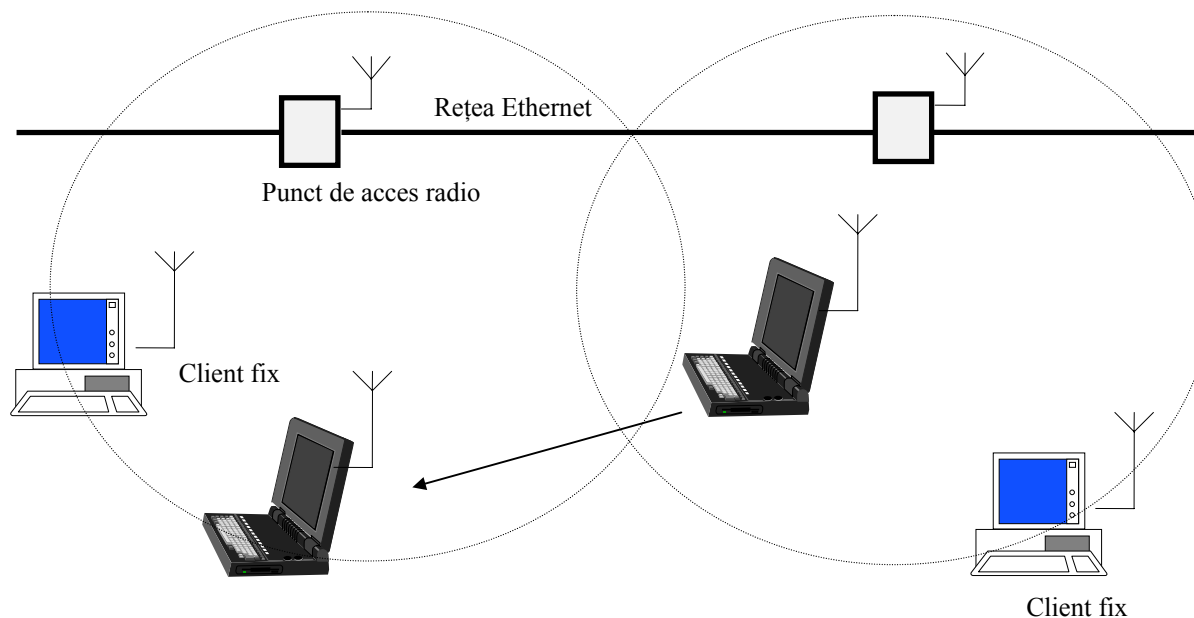


Figura 2. Rețea cu mai multe celule.

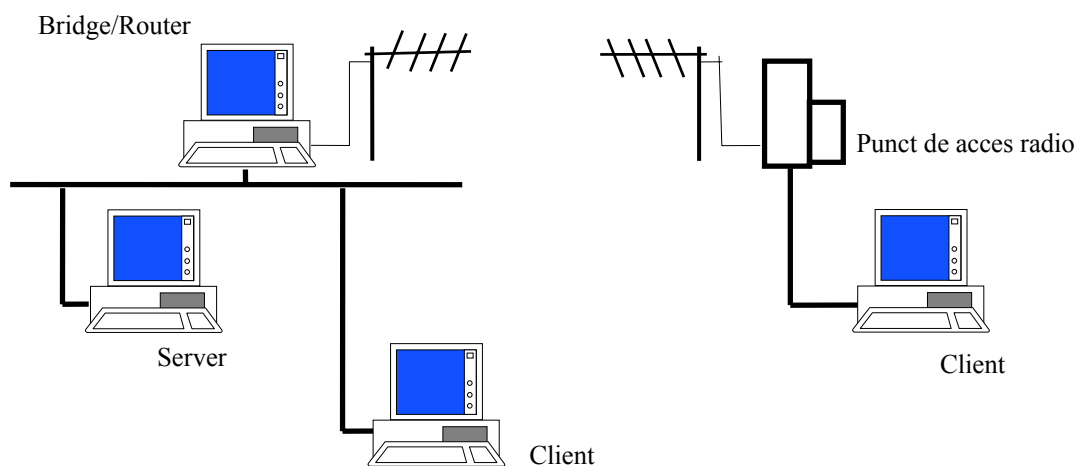
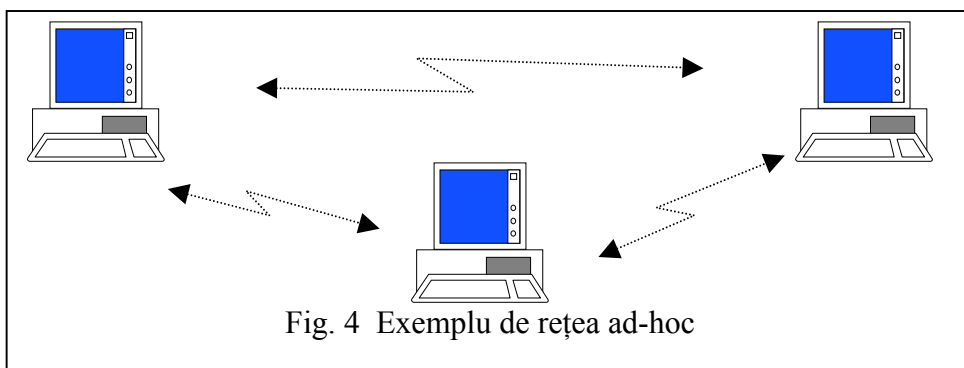


Figura 3. Rețea locală folosind un ruter fără fir

3. Standardul IEEE 802.11

3.1 Aspecte generale

- Blocul fundamental în arhitectura standardului 802.11 este reprezentat de **Setul de Serviciu de Bază – BSS**;
- Acesta reprezintă un grup de stații care lucrează conform uneia dintre funcțiile de coordonare menționate anterior: DCF sau PCF;
- Aria geografică acoperită de BSS este numită **Basic Service Area (BSA)** și este analogică unei celule din comunicațiile celulare.
- Toate stațiile dintr-o BSS pot comunica direct cu oricare alte stații din BSS.
- Totuși, fadingul și interferențele care pot apărea între BSS vecine care utilizează aceeași parametrii pentru nivelul fizic (frecvență și cod de împrăștiere) pot face ca anumite stații să apară ascunse pentru celelalte stații.
- Conform standardului 802.11 se disting două tipuri de rețele locale:
 - *rețele ad-hoc*;
 - *rețele infrastructurale*.
- O *rețea ad-hoc* (BSS independente) este o grupare a stațiilor într-un singur BSS (fig.4) cu scopul comunicării inter-rețele fără ajutorul unei rețele infrastructurale.
- Orice stație poate stabili o sesiune de comunicație directă cu altă stație fără a fi necesară direcționarea traficului printr-un punct de acces (AP) centralizat.



- În opoziție cu rețelele ad-hoc, *rețelele infrastructurale* au scopul să servească utilizatori cu servicii specifice și cu extinderea zonei.
- Aceste rețele se constituie utilizându-se un AP (vezi analogia cu stația de bază în comunicațiile celulare).

- AP permite extinderea zonei prin conectarea între mai multe BSS formând un **Set de Serviciu Extins (ESS)**.
- ESS poate apărea ca un BSS mai larg pentru subnivelul LLOC (Logical Link Control) din fiecare stație.
- ESS constă din mai multe BSS care pot coopera utilizând un sistem de distribuție (DS) implementat independent (poate fi Ethernet LAN, token ring, LAN FDDI, MAN sau alt mediu fără fir IEEE 802.11).
- Sistemul de distribuție este utilizat pentru transferul pachetelor între diferite BSS.
- ESS poate oferi și accesul pentru utilizatorii rețelei fără fir la o rețea cu fir cum ar fi Internetul.
- Aceasta se realizează printr-un dispozitiv numit **portal** care specifică punctul de interconectare din DS unde rețeaua IEEE 802.11 interacționează cu o rețea de alt tip.
- Dacă noua rețea este IEEE 802.X atunci portalul încorporează funcții similare cu un **pod (bridge)**. În figura 5 este dat un ESS realizat cu două BSS, un DS și acces printr-un portal la o rețea LAN cu fir.

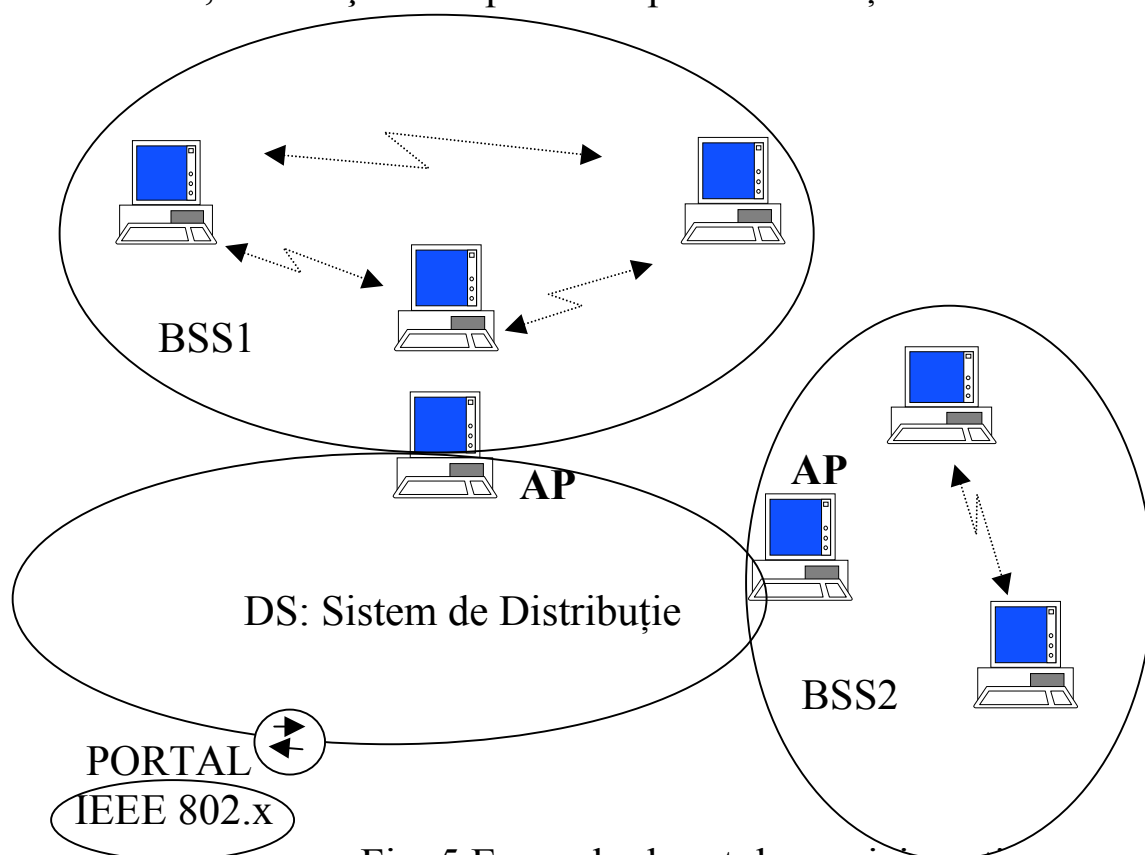


Fig. 5 Exemplu de set de serviciu extins

3.2 Nivelul fizic

- Specificațiile standardului IEEE 802.11 prevăd trei variante de implementare pentru nivelul fizic:
 - folosind spectru împrăștiat cu salt de frecvență (**FHSS**),
 - folosind spectru împrăștiat cu secvență directă (**DSSS**) și
 - folosind radiații în infraroșu (**IR**).

- **Sistemele care au la bază FH-SS** utilizează banda ISM (Industrial, Scientific and Medical band) de 2,4GHz. În SUA sunt specificate maxim 79 de canale pentru salturi de frecvență.
- Primul canal are frecvența centrală de 2,402 GHz iar celelalte canale sunt distanțate cu 1 MHz.
- Sunt precizate trei seturi de secvențe de salt cu câte 26 de secvențe pe set.
- Aceasta permite coexistența mai multor BSS în aceeași zonă geografică ceea ce poate fi important pentru evitarea congestiilor și pentru maximizarea transferului de date în BSS.
- Motivul pentru care sunt trei seturi diferite constă în evitarea perioadelor prelungite cu coliziuni între secvențele de salt dintr-un set.
- Rata minimă pentru saltul de frecvență este de 2,5 salturi/s.
- Pentru rata de transfer de 1 Mb/s se utilizează modulația binară cu deplasarea frecvenței GFSK (two-level Gaussian frequency shift keying) unde 1 se codează cu $F_c + f$, iar 0 se codează cu $F_c - f$.
- Pentru creșterea ratei la 2 Mb/s se utilizează o modulație pe patru nivele GFSK prin codarea simultană a doi biți utilizându-se 4 frecvențe.

- **Sistemele care folosesc DS-SS** lucrează de asemenea banda ISM de 2,4 GHz,
- În acest caz **pentru transmisiunile cu viteza de bază de 1Mb/s** se folosește modulație diferențială binară cu comutarea fazei (DBPSK)

- Pentru viteze de 2 Mb/s se folosește modulație diferențială în cuadratură cu comutarea fazei (DQPSK).
- Împrăștierea este realizată prin împărțirea benzii disponibile în 11 subcanale, fiecare cu lățimea benzii de 11 MHz

- Se folosește o secvență de împrăștiere 11 biți/simbol și rezultă o capacitate maximă a canalului de 1 Mb/s.
- În cazul unor BSS adiacente sau suprapuse trebuie asigurată o separare între frecvențele centrale pentru BSS diferite de 30 MHz. Această condiție conduce la posibilitatea ca numai două BSS să fie adiacente sau suprapuse fără interferențe.
- Exemple:
 - DS:
 - WaveLAN - At&T
 - Solektec AIRLAN - AT&T
 - FH:
 - Xircom Netwave
 - Proxim RangeLAN/2
- Aceste sisteme necesită numai omologarea modelului de către administrația radio a țării unde se instalează.
- Au dezavantajul că au statut de utilizator secundar, cu alte cuvinte pot exista și alți utilizatori în aceeași bandă.
- **Sistemele care folosesc IR** lucrează cu lungimi de undă între 850 și 950 nm.
- Aceste sisteme se utilizează în interiorul clădirilor și operează cu transmisiune nedirecțională.
- Stațiile pot recepționa transmisiuni **în vizibilitate directă sau reflectate**.
- Pentru viteza de acces de bază de 1 Mb/s se folosește tehnica de modulație 16-PPM (Pulse Position Modulation);
- Pentru 2 Mb/s se utilizează 4-PPM;
- Exemple:
 - Photonics Collaborative / Cooperative
 - IBM

3.3 Subnivelul MAC (Medium Acces Control)

- Subnivelul MAC este responsabil pentru:
 - procedurile de alocare a canalului,
 - adresarea unităților de date de protocol (PDU),
 - formarea cadrelor, controlul erorilor,
 - fragmentarea și reasamblarea.

- Mediul de transmisiune poate opera în două moduri:
 - **modul concurențial CP (contend period)**, când stațiile își dispută accesul la canal pentru fiecare pachet transmis, sau
 - **modul neconcurențial CFP**, când utilizarea mediului este controlată de AP.
- IEEE 802.11 acceptă trei tipuri de cadre:
 - *de management* (pentru asocierea stațiilor cu AP, sincronizare și autentificare),
 - *de control* (pentru negocieri în timpul CP respectiv pentru confirmări în timpul CP și spre sfârșitul CFP);
 - *de date* (pentru transmisie de date și date combinate cu interogări și confirmări în timpul CFP).
- Formatul cadrului (fig.6) cuprinde:
 - adrese MAC de 48 de biți pentru identificarea stațiilor,
 - 2 octeți pentru specificarea duratei cât canalul va fi alocat pentru transmiterea cu succes a unei MPDU (MAC Protocol Data Unit),
 - câmpul de date cu posibilitate de criptare dacă protocolul opțional WEP (Wired Equivalent Privacy),
 - 2 biți pentru tipul cadrului (de control, de management sau de date))
 - un CRC de 32 de biți.

Octeți:

2	2	6	6	6	2	6	0-23126	4
Frame control	Duration conn. ID	Address	Address	Address	Sequence control	Address	Frame body	CRC

Biți:

2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Protocol version	Type	Sub type	To DS	From DS	Last fragment	Retry	Power mgt	Power mgt	More data	EP	EP

Fig.6 Formatul cadrului conform standardul IEEE 802.11

3.4. Varianta Distributed Coordination Function (DCF)

- DCF este metoda fundamentală de acces utilizată pentru transferul asincron al datelor. Toate stațiile au implementată această varietate;
- Ea poate opera singură sau poate coexista cu PCF.
- DCF are la bază un algoritm cu detecția purtătoarei și evitarea coliziunilor (CSMA/CA).
- Nu se utilizează CSMA/CD deoarece stația care transmite nu poate să asculte canalul.
- Detecția purtătoarei este făcută:
 - *fizic, la interfața radio (physical carrier sensing)*
 - *logic, la subnivelul MAC (virtual carrier sensing).*
- *Detecția fizică a purtătoarei* se face detectând prezența altor utilizatori WLAN prin analiza tuturor pachetelor detectate și prin detecția activității în canal observând puterea relativă a semnalului ce poate proveni de la alte surse.

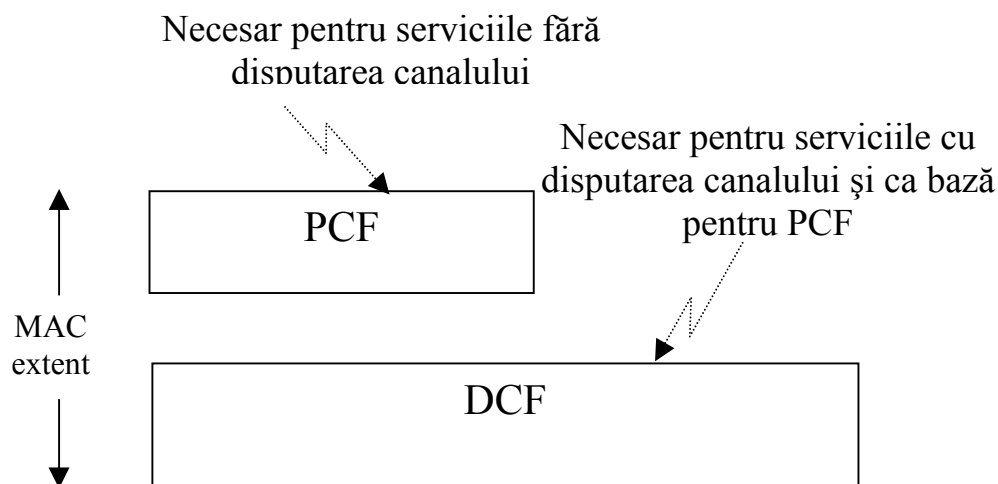


Fig. 7 Arhitectura MAC

- *Detecția virtuală a purtătoarei* se face prin transmiterea unei informații cu privire la durata MPDU în antetul **RTS (request to send)**, **CTS (clear to send)** și în cadrele de date.
- *Reamintesc că MPDU este o unitate completă de date transmisă de subnivelul MAC nivelului fizic.*
- Această informație reprezintă timpul (în microsecunde) cât canalul va fi utilizat pentru transmiterea cu succes a datelor sau cadrelor de management, începând de la sfârșitul cadrului curent.

- Stațiile din BSS utilizează informația privitoare la durată pentru actualizarea unui **vector de alocare în rețea (NAV)**, care indică timpul care trebuie să treacă până când sesiunea de transmisiune e completă și canalul poate intra în modul LIBER (IDLE).
- Canalul e marcat **ocupat** dacă mecanismul de detecție a purtătoarei (*fizic sau virtual*) indică acest lucru.
- Accesul cu priorități la mediu e controlat prin intervalele de timp plasate în spațiu între cadre.
- Intervalele dintre cadre, '**intraframe space**' (**IFS**), sunt perioade de timp liber pentru transmisiune și pot fi de trei tipuri: **SIFS** (*Short IFS*), **PIFS** (*Point Coordination Function IFS*) și **DIFS** (*DCF-IFS*).
- Stațiile care necesită un SIFS au prioritate în transmisiune față de stațiile care așteaptă PIFS sau DIFS.
- Când stația sesizează canal liber, așteaptă o perioadă de un DIFS și testează canalul din nou.
- Dacă acesta e liber, stația transmite un MPDU. Stația destinație verifică dacă pachetul a fost transmis corect și în caz de recepție corectă, așteaptă un SIFS și transmite un cadru de confirmare pozitivă (ACK) către stația sursă.
- În figura 8 este dată o diagramă de timp ilustrând transmiterea cu succes a unui cadru de date.
- Când se transmit cadre de date, *câmpul de durată* e utilizat pentru a informa toate stațiile din BSS cât timp este ocupat mediul de transmisiune.
- Toate stațiile își ajustează indicatorul NAV în funcție de câmpul de durată, plus intervalele SIFS și intervalele necesare pentru ACK.

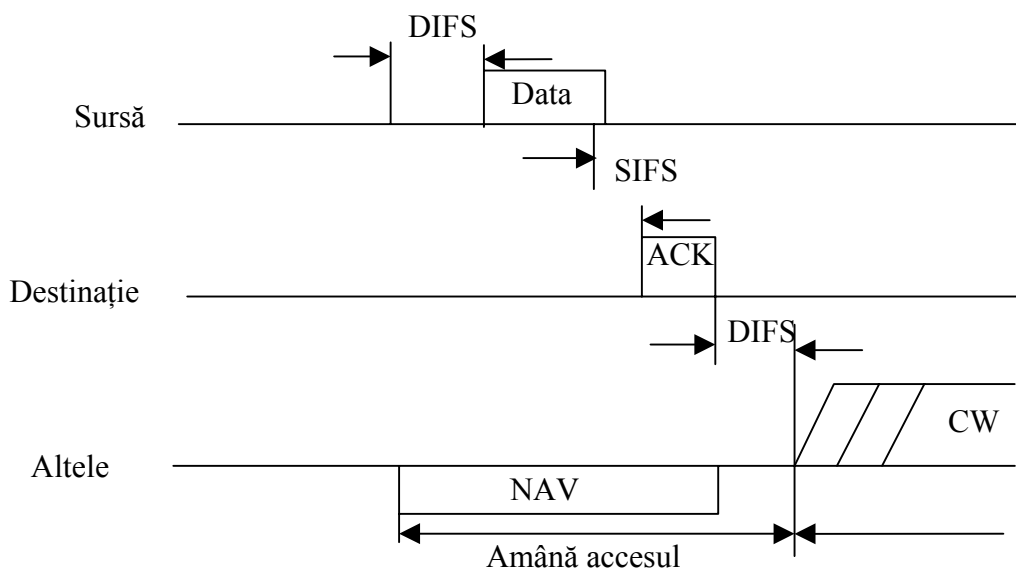


Fig. 8. Transmiterea unui MPDU fără RTS/CTS

- Deoarece stația sursă nu-și poate asculta transmisiunea, când apar coliziuni, stația continuă să transmită MPDU.
- Dacă acesta este lung se pierde timp de transmisiune pentru un MPDU eronat.
- Acest inconvenient poate fi eliminat dacă stațiile își rezervă canalul înaintea transmisiunii prin intermediul cadrelor de control RTS și CTS.
- Aceste cadre sunt relativ scurte (RTS – 20 octeți și CTS – 14 octeți) comparativ cu lungimea maximă a unui cadru de date (2346 octeți).
- Cadrul de control RTS, transmis de stația sursă, conține date sau cadre de management pregătite pentru transmisiune către o stație destinație.
- Toate stațiile din BSS, ascultă pachetul RTS, citesc câmpul de durată (fig.3) și își ajustează NAV-ul.
- Stația destinație răspunde cu un pachet CTS după o perioadă de așteptare de un SIFS. Stațiile care aud pachetul CTS își ajustează NAV corespunzător.
- După recepția CTS stația sursă este asigurată că mediul este stabil și rezervat pentru transmiterea unui MPDU (fig.9).

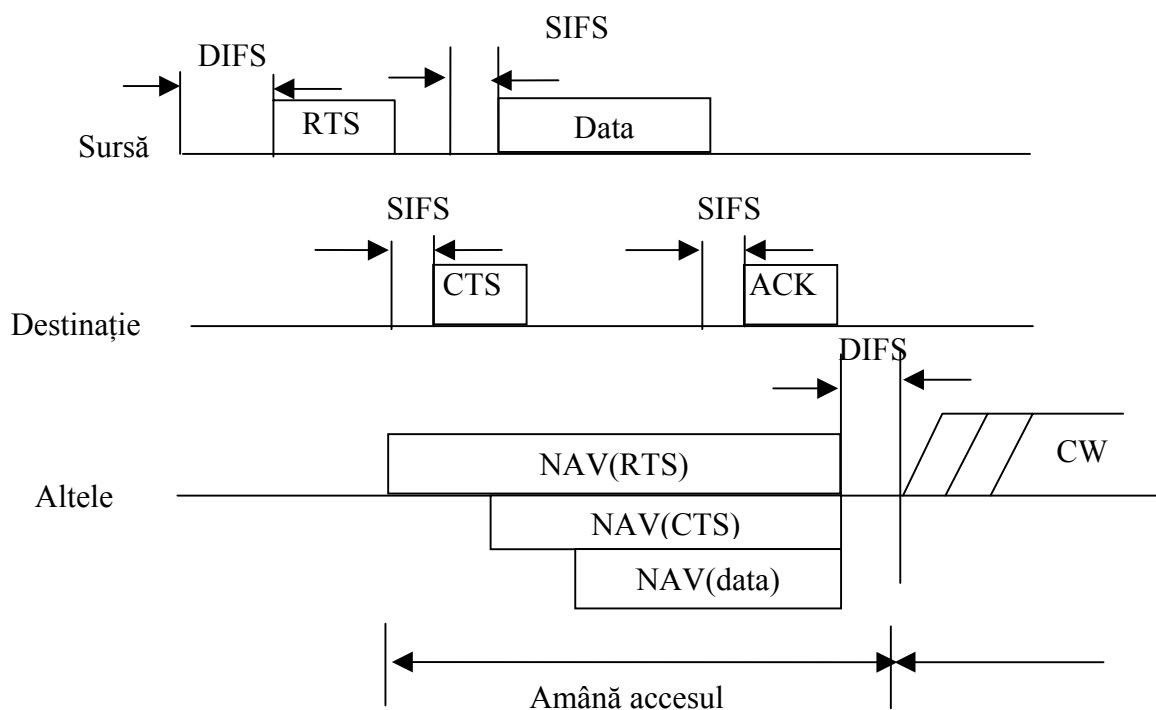


Fig. 9. Transmiterea unui MPDU folosind RTS/CTS

- Stațiile pot alege să utilizeze sau nu acest mecanism funcție de lungimea MPDU (RTS – Threshold).
- Dacă apar coliziuni pe durata unui RTS sau CTS acestea conduc la o pierdere mai mică de timp. Totuși, pentru un mediu puțin încărcat se introduc întârzieri suplimentare datorate cadrelor RTS/CTS;
- Unitățile lungi de date transmise de la LLC la MAC pot necesita împărțirea în fragmente pentru a crește fiabilitatea transmisiunii.
- Se compară unitatea de date cu un parametru (Fragmentation – Threshold) și, dacă acesta este depășit, se transmit fragmente de MPDU în mod secvențial (figura10),
- Canalul este eliberat numai după ce s-a transmis cu succes tot MPDU sau dacă stația sursă nu a primit confirmare pentru un fragment.
- Confirmarea se transmite de la stația destinație pentru fiecare fragment recepționat corect.
- Stația sursă menține controlul asupra canalului, după o confirmare ACK, așteaptă un SIFS și transmite fragmentul următor.
- Atunci când nu este primită confirmarea unui fragment, stația sursă întrerupe transmisia și cere acces la canal, urmând să reia transmisia de la ultimul fragment neconfirmat.

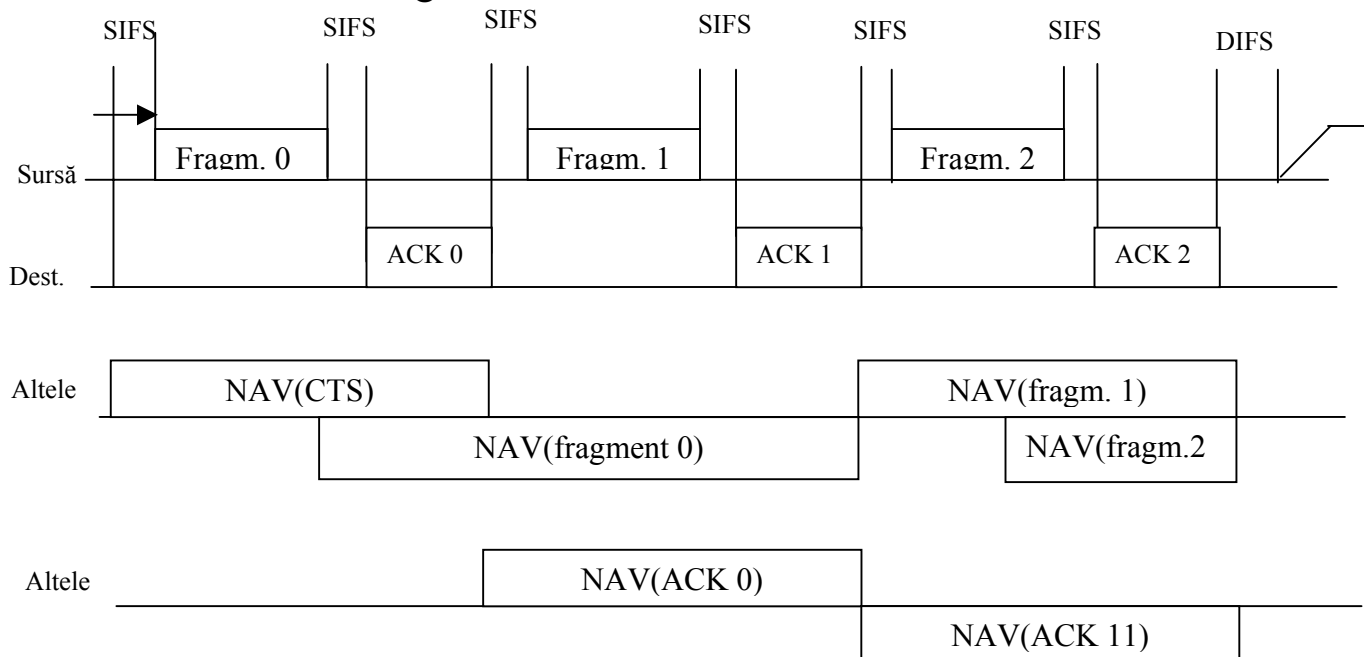


Fig. 10 Transmiterea unui MPDU fragmentat

- Dacă se utilizează RTS și CTS, numai primul fragment este transmis folosind acest mecanism.

- Câmpul de durată din RTS și CTS acoperă transmiterea primului fragment. Stațiile din BSS își mențin NAV prin extragerea informației din fragmentele următoare.
- Evitarea coliziunilor la revenire în CSMA/CA se realizează cu o procedură aleatoare.
- O stație așteaptă până când canalul devine liber și calculează un timp aleator pentru revenire.
- Spre deosebire de S-Aloha unde cuanta de timp era egală cu durata transmiterii unui pachet, în IEEE 802.11 lungimea unui segment este mult mai mică decât durata unui MPDU și este utilizată prin definirea intervalelor IFS și a timpilor de revenire.
- Timpul de revenire este un număr întreg de cuante de timp (inițial între 0 și 7).
- După ce mediul devine liber mai mult de un DIFS, stațiile decrementează contorul de revenire până când acesta devine zero sau mediul este din nou ocupat.
- Dacă mediul devine ocupat, contorul este înghețat urmând să fie decrementat după ce mediul devine liber din nou.
- Atunci când contorul ajunge la zero, stația transmite cadrul.
- Dacă două sau mai multe stații au decrementat contorul la zero în același timp apare o coliziune și fiecare stație trebuie să-și genereze un nou timp de revenire în intervalul 0-15.
- Pentru fiecare încercare de retransmitere timpul de revenire crește cu $[2^{2+i} \text{ rand}] \text{ Slot} - \text{Time}$, unde i este numărul de încercări consecutive, rand este o variabilă aleatoare uniformă în intervalul (0,1) iar $[]$ reprezintă partea întreagă.
- Perioada de timp liberă de după un DIFS este numită fereastră de concurență, (**contention window - CW**).
- Avantajul DCF constă în aceea că asigură un acces cu șanse egale pentru toate stațiile.
- Totuși ea nu poate garanta o întârziere minimă pentru stațiile cu servicii în timp real (pachete de voce sau video).

Point Coordination Function (PCF)

- PCF este un serviciu opțional, orientat pe conexiune, care asigură transferul cadrelor neconcurențial (contention-free CF).
- PCF se bazează pe coordonatorul de punct (PC) pentru realizarea interogărilor și pentru a permite accesul stațiilor la canal.

- Funcția de coordonare (PC) este realizată de AP (acces point) în interiorul fiecărui BSS.
- Stațiile care sunt capabile să opereze în perioada de CF (CFP) sunt cunoscute ca stații CF-aware.
- Metodele de menținere a tabelor cu secvențele de interogare sunt la latitudinea implementatorului.
- PCF trebuie să coexiste cu DCF și din punct de vedere logic este o organizare superioară acesteia (figura 7).
- PCF se repetă după un interval stabilit de un parametru, **CFP-Rate**.
- O parte din acest interval este alocată traficului PCF, iar timpul rămas este alocat DCF.
- Intervalul de repetiție este inițiat cu un cadru de balizare (*B – beacon*) transmis de AP cadru care are și funcție de sincronizare.
- Durata intervalului de repetiție a *CFP* este un parametru determinat prin stabilirea *CFP-Rate* și este întotdeauna un număr întreg de cadre *B*.
- Durata minimă a acestuia este timpul de transmitere a două MPDU de dimensiune maximă plus cadrul *B* și cadrul *CF-End*, iar maximul este stabilit de *CFP-Max-Duration* și nu poate depăși intervalul de repetiție a *CFP* minus timpul necesar transmiterii unui MPDU în CP (incluzând cadrele RTS/CTS și ACK).
- De aceea timpul trebuie alocat astfel încât cel puțin un MPDU să poată fi transmis în CP.
- Depinde de AP să stabilească cât de mare să fie CFP. Dacă traficul este mic, AP poate scurta CFP și oferă restul de timp pentru DCF.
- CFP poate fi scurtat și dacă traficul DCF din intervalul precedent se întinde în intervalul curent.
- În fig. 11 este ilustrată coexistența PCF și DCF.

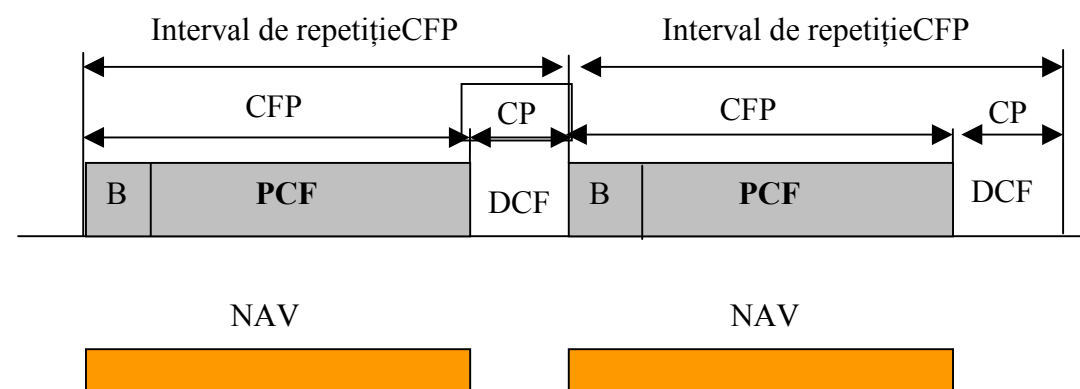


Fig. 11 Coexistența PCF și DCF

- La începutul fiecărui interval de repetare a CFP, toate stațiile din BSS își actualizează NAV-ul cu valoarea maximă a CFP. În timpul CFP, singurele momente când stațiile pot transmite sunt pentru a răspunde la interogările de la PC sau pentru a transmite ACK. La momentul de început al CFP, PC testează dacă mediul este neocupat pe o perioadă PIFS, apoi transmite un cadru B pentru inițierea CFP. Transmiterea CF începe după un interval SIFS prin transmiterea unor cadre CF-Poll (fără date), Date sau Date+CF-Poll. Întreruperea CFP se face prin transmiterea de către PC a unui cadru CF-End. Dacă o stație CF-aware primește un cadru CF-Poll de la PC, ea poate răspunde după o perioadă de un SIFS cu un cadru CF-ACK sau Data+CF-ACK. Dacă PC primește cadru Data+CF-ACK, acesta poate trimite un cadru Data+CF-ACK+CF-Poll altei stații, unde CF-ACK reprezintă confirmarea recepției cadrului anterior. Posibilitatea de combinare a cadrelor de interogare cu cadrele de confirmare și cu cele de date a fost concepută pentru îmbunătățirea eficienței. Dacă PC transmite un CF-Poll și stația destinație nu are nimic de transmis, aceasta transmite un cadru Null Function înapoi la PC. În figura 9 se reprezintă transmisia cadrelor între PC și stații. Dacă PC nu reușește să recepționeze o confirmare ACK pentru un cadru transmis, PC așteaptă un interval PIFS și continuă transmisia către stația următoare din lista de interogări.

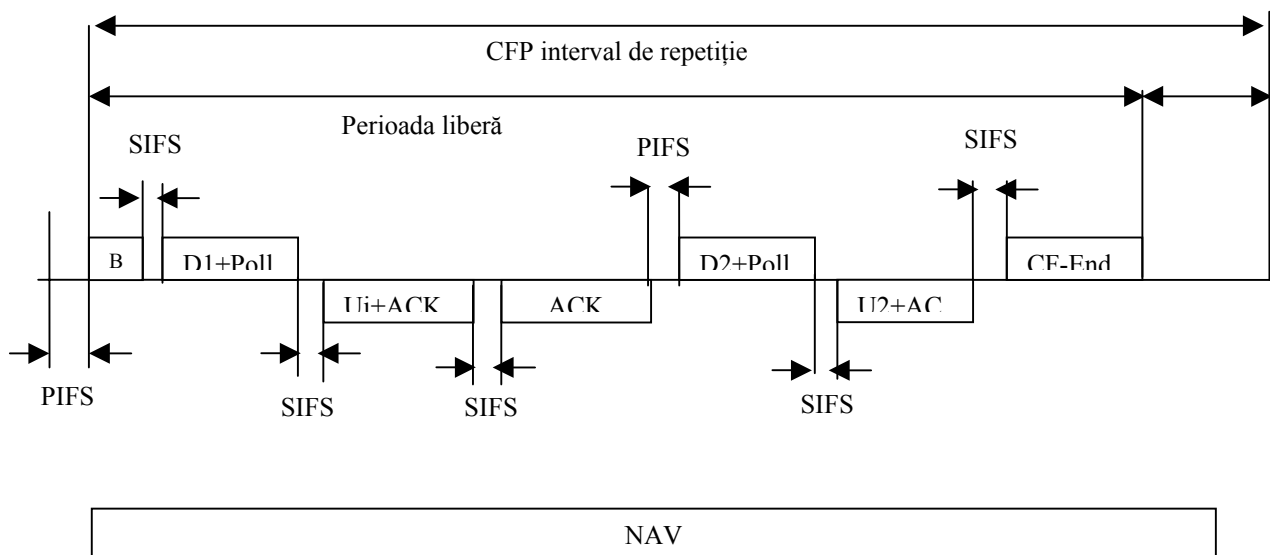


Figura 12 Transmisiunea PC-stații

- După primirea unui CF-Poll, o stație poate alege să transmită un cadru altei stații din BSS.
- Când stația destinație recepționează cadrul ea returnează un DCF ACK, iar PC așteaptă un interval PIFS după cadrul ACK înainte să continue transmiterea cadrelor următoare.
- Figura 13 ilustrează transmisiunea stație-la-stație în timpul CFP.

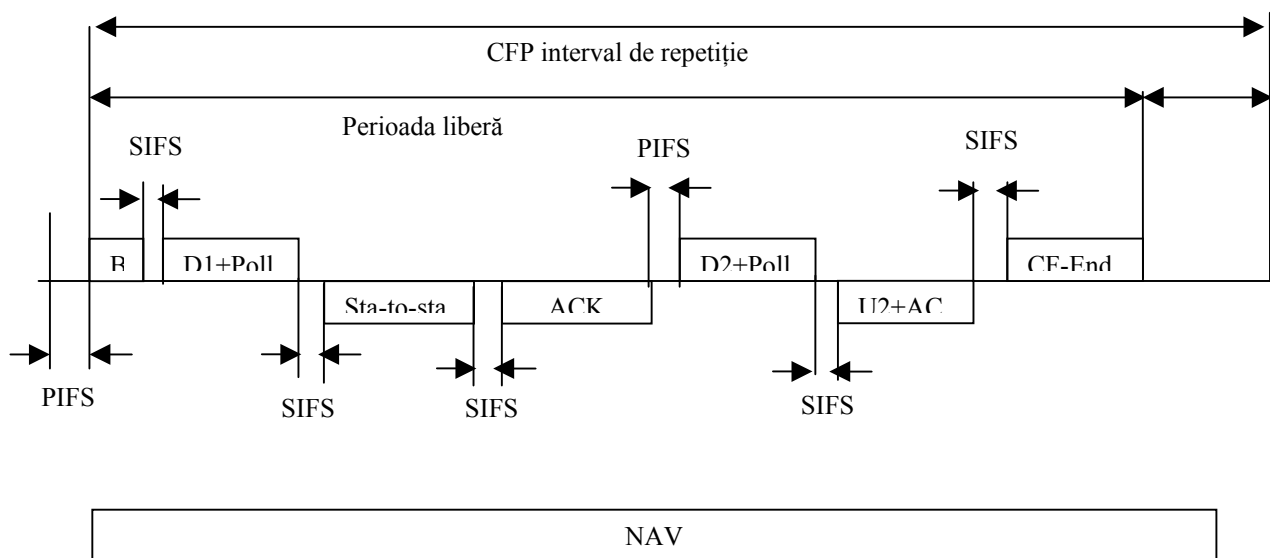


Figura 13 Transmisiunea stație-la-stație

- PC poate de asemenea să transmită un cadru către stații non-CF-aware.
- După recepția cadrului, stația așteaptă un SIFS și răspunde PC cu un cadru ACK standard.
- Și în acest context se poate lua în considerare fragmentarea și reasamblarea MPDU, stația destinație având responsabilitatea să reasambleze fragmentele pentru a forma pachetul original.

4. Mobilitatea în interiorul WLAN

4.1 Aspecte generale

- Raza de acțiune a fiecărui punct de acces radio determină o **celulă** sau în termenii IEEE 802.11 un **BSS (Basic Service Set)**.
- Mai multe celule sunt conectate între ele, printr-o rețea de distribuție, realizată de obicei prin cablu, formând un ESS (Extended Service Set) sau un *domeniu*.
- În acest domeniu un calculator mobil (un client) se poate deplasa de la o celulă la alta fără a pierde conexiunea cu rețeaua.

- Aceasta este semnificația termenului de *roaming* în noul context;
- În acest scop stația mobilă:
 - va monitoriza permanent calitatea legăturii cu celula folosită.
 - va începe căutarea de noi celule atunci când calitatea comunicației scade sub un prag prestabilit
 - va folosi un ID diferit în fiecare celulă, acesta fiind impus de către sistem.
- Uzual, roaming-ul nu este posibil între secțiuni diferite ale rețelei interconectate cu ajutorul unor Routere sau Gateway-uri, dar există sisteme ce oferă și această facilitare.
- În fiecare celulă dintr-o rețea care acceptă acest serviciu, se transmite permanent un mesaj baliză care conține următoarele informații:
 - ID-ul domeniului;
 - ID-ul celulei;
 - informații despre calitatea comunicației;
 - informații despre celulele vecine.

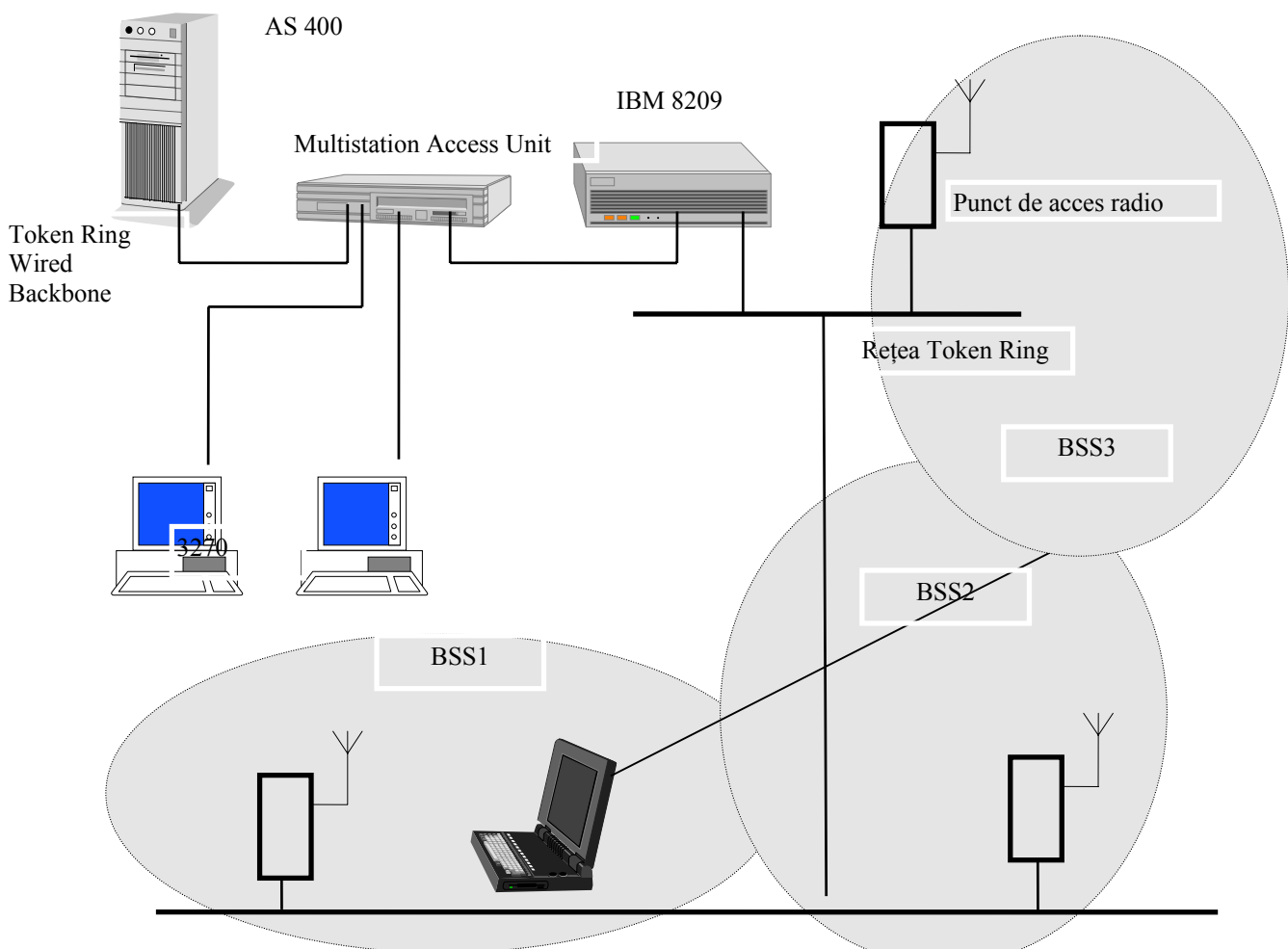


Fig.10 Exemplu de rețea care poate asigura roaming-ul

4.2. Conectarea la Internet a stațiilor mobile

- Așa cum am văzut terminalele mobile se pot conecta la Internet în același fel ca și terminalele dintr-o rețea cablată de tip Ethernet, token-ring sau punct-la-punct.
- Dacă terminalul rămâne în BSS mobilitatea sa nu afectează, în mod esențial funcționarea rețelei;
- Problema apare atunci când se schimbă punctul de acces la rețea.
- Din punctul de vedere al rețelei, această mobilitate se interpretează ca o schimbare a topologiei rețelei,
- În principiu utilizatorii mobili doresc acces neîntrerupt la servicii în timp ce se deplasează în zona de lucru.
- Din păcate, nici protocolul de Internet (IP) și nici arhitectura OSI nu suportă această facilitate deoarece adresa stației nu mai este valabilă, trebuie o nouă adresă și o activitate de configurare corespunzătoare;
- Evident nu se pune problema înlocuirii IP cu alt protocol.
- În schimb trebuie menționat că în ultima perioadă protocolul IP a suferit multe ajustări pentru a face față altor cerințe care au rezultat din dezvoltarea sa și din introducerea unor noi servicii;
- Printre altele se poate menționa extinderea spațiului de adresă și prelucrarea mesajelor multi-difuzate;
- Se pune problema de a se găsi o soluție care să permită rețelelor WLAN să funcționeze respectând arhitectura specifică Internet, cu modificări compatibile;
- Pentru a rezolva această problemă **IETF (Internet Engineering Task Force)** a creat un grup de lucru numit "**Mobile IP**" cu sarcina de a pune la punct un protocol adecvat și apoi să-l propună spre standardizare.
- Acest grup de lucru a propus unele modificări ale protocolului IP astfel încât terminalele mobile să-și poată schimba punctul de acces radio în rețea fără să întrerupă sesiunea de lucru.
- Soluția propusă are la bază înregistrarea locației și redirijarea pachetelor;
- Un nod (o stație) care a schimbat poziția trebuie să se înregistreze la un agent dedicat: un AP 802.11, un controler DECT sau o centrală GSM;

- Acest agent (o să-l numim agent străin, **Foreign Agent, FA**) ia legătura cu agentul de origine (**HA, Home Agent**) care este responsabil cu urmărirea adresei curente a stației;
- Dacă înregistrarea are succes adresa curentă este legată de adresa de acasă prin FA care la rândul său definește un agent CA (care-of-address) care păstrează adresa locală din rețeaua vizitată;
- Datagramelor primite vor fi dirijate prin FA la stația mobilă;
- O schemă simplificată a soluției propuse este dată în figura 11.

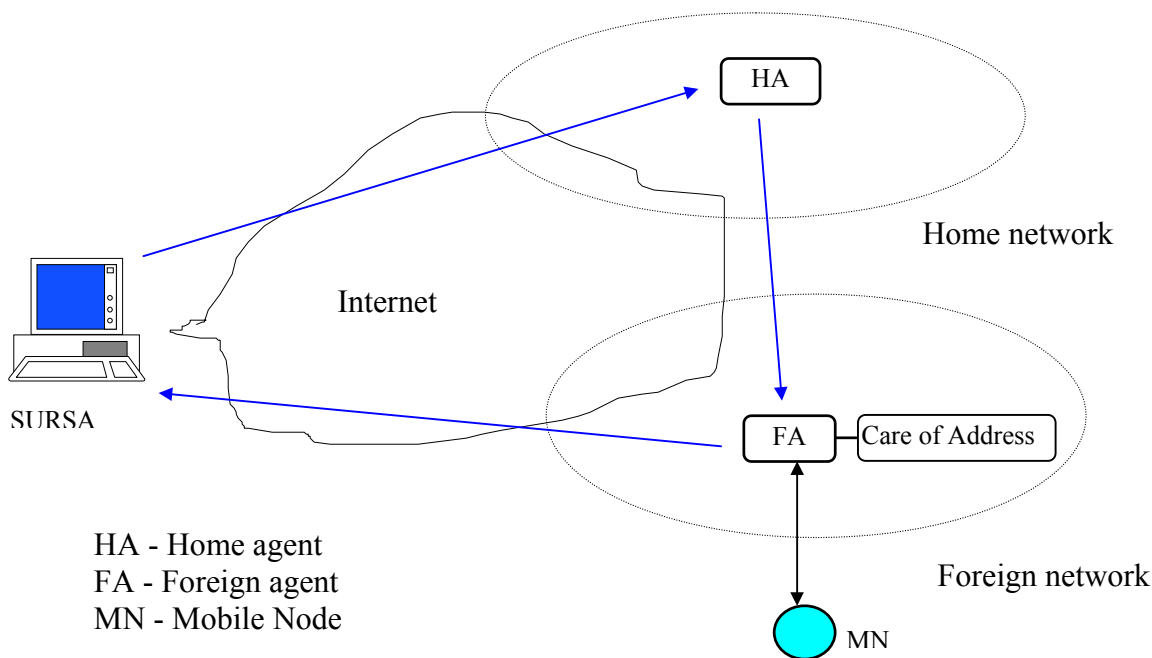


Fig.11 Soluția pentru INTERNET Mobil

- Așadar funcțiile definite prin acest standard permit stației mobile să se deplaseze dintr-o celulă în alta sau dintr-o rețea în alta fără să-și schimbe adresa IP.
- Acest lucru este posibil deoarece transportul datelor este realizat în mod transparent la nivelul transport și mai mult transparent la orice router care nu are implicații în funcțiunile de mobilitate;
- În schema de mai sus toate datagramelor adresate MN circulă via HA.
- Pachetele de date care circulă pe calea inversă, de la mobil la un utilizator staționar, sunt dirijate pe calea cea mai scurtă de către sistemul de rutare Internet.

- Transparența acestor servicii are și unele dezavantaje; prima ar consta în aceea că ruta alesă nu poate fi decât sub-optimală, care în cel mai rău caz poate duce "rutarea în triunghi".
- Acest aspect poate fi compensat prin distribuirea informației de localizare la mai multe gazde, denumite curent agenți ascunși (cache agents) care pot grăbi redirijarea datagramelor adresate stațiilor a căror locație o cunosc;
- Ca în orice mediu mobil, legătura fără fir este vulnerabilă la atacuri pasive sau active;
- Ca urmare trebuie implementate mecanisme de autentificare la nivelul IP (cel puțin opțional);
- Astfel de mecanisme se implementează de regulă la nivele superioare;
- Oricum, acum, ar putea să apară trei astfel de nivele de securitate: autentificare la folosirea mediului, schimbul de mesaje la înregistrarea cu agentul IP, identificare utilizatorului pentru accesul la fișiere;
- Toate acestea duc la o mare risipă de resurse pentru schimburile de mesaje și administrarea cheilor de protecție;

5. Rețeaua implementată la Carnegie Mellon University (Pittsburgh)

Rețeaua de comunicație wireless construită aici dă posibilitatea utilizatorilor de computere portabile să se conecteze permanent la rețeaua de date a universității de oriunde din interiorul campusului universitar sau aria orașului Pittsburgh. Denumirea dată sistemului a fost "Wireless Andrew", după numele fondatorilor universității Andrew Mellon și Andrew Carnegie.

Structura realizată include două rețele wireless: una de bandă îngustă (19.2 Kbps) CDPD (Cellular Digital Packet Data) care folosește infrastructura sistemului AMPS de telefonie celulară și o rețea de bandă largă (2 Mbps) de tip WaveLAN - produs AT&T.

Stațiile mobile sunt echipate cu interfețe specializate astfel încât pot să folosească ambele rețele și pot trece de la una la alta fără a pierde legătura de date.

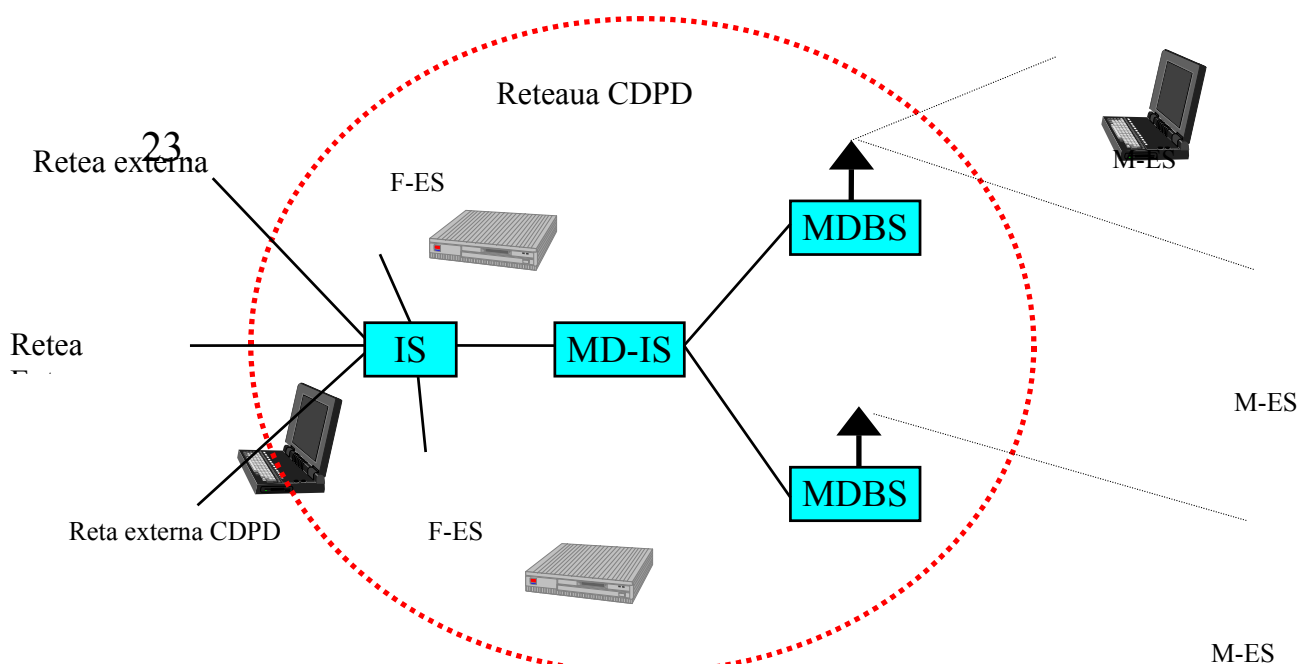
5.	6. CDPD	7. WaveLAN
8. Raza de acțiune a stației de bază	9. 1-3 Km	10. 20 - 250 m
11. Rata de transmisie maximă	12. 19.2 Kbps	13. 2 Mbps
14. Rata de transmisie uzuală	15. 9 -11 Kbps	16. 0.5 - 1.5 Mbps

17. Rețeaua de bandă îngustă (CDPD)

18. Serviciul CDPD a fost oferit de către compania Bell Atlantic NYNEX Mobile și oferă o arie de acoperire mare, dar la o rată de transfer scăzută a datelor. CDPD suportă și protocolul IP. Funcționarea CDPD se bazează pe infrastructura sistemului celular AMPS (Advanced Mobile Phone Service) și folosește canalele neutilizate la un moment dat pentru a asigura un serviciu de date. Depinde de operatorul AMPS dacă CDPD beneficiază de canale speciale (diferite de cele alocate convorbirilor telefonice) sau folosește aceleași canale cu cele dedicate convorbirilor telefonice, dar numai atunci când acestea sunt libere.

19. Computerele portabile sunt echipate cu modemuri CDPD on-board împreună cu software-ul adecvat.

20. CDPD operează la nivele 1 și 2 ale modelului OSI (Open System Interconnection).
21. Pentru a implementa rețeaua CDPD celulele AMPS trebuie echipate cu MDBS (Mobile Data Base Station). MDBS comunică direct cu MD-IS (Mobile Data Intermediate System) care rutează pachetele la și de la MDBS-uri și este de obicei situat la MTSO (Mobile Telephone Switching Office). Fiecare MD-IS deservește un număr de MDBS-uri și pot exista unul sau mai multe MD-IS în aceeași rețea CDPD. deasemena pot exista și un număr de routere IS (Intermediate Systems) ce fac legătura cu rețelele CLNP sau IP convenționale unde pot fi instalate servere sau terminale de tip staționar F-ES (Fixed End Systems).
22. Taxarea abonaților se face în funcție de numărul de pachete și numărul de kilobiți transferați prin sistem de către utilizatorul mobil. Acest mod de taxare diferă total față de cel corespunzător convorbirilor telefonice, unde costul este stabilit în funcție de numărul de minute de conectare. În cazul CDPD nu există o "conectare" la rețea. Pentru a folosi CDPD modemul cu care este echipat terminalul portabil nu trebuie să formeze un număr de telefon și să se conecteze la un server. Pachetele de date sunt transmise către MDBS folosind CDPD Air-Interface Protocol, apoi sunt trimise prin intermediul MD-IS la alte M-ES, F-ES sau IS conectate la sistemul CDPD.



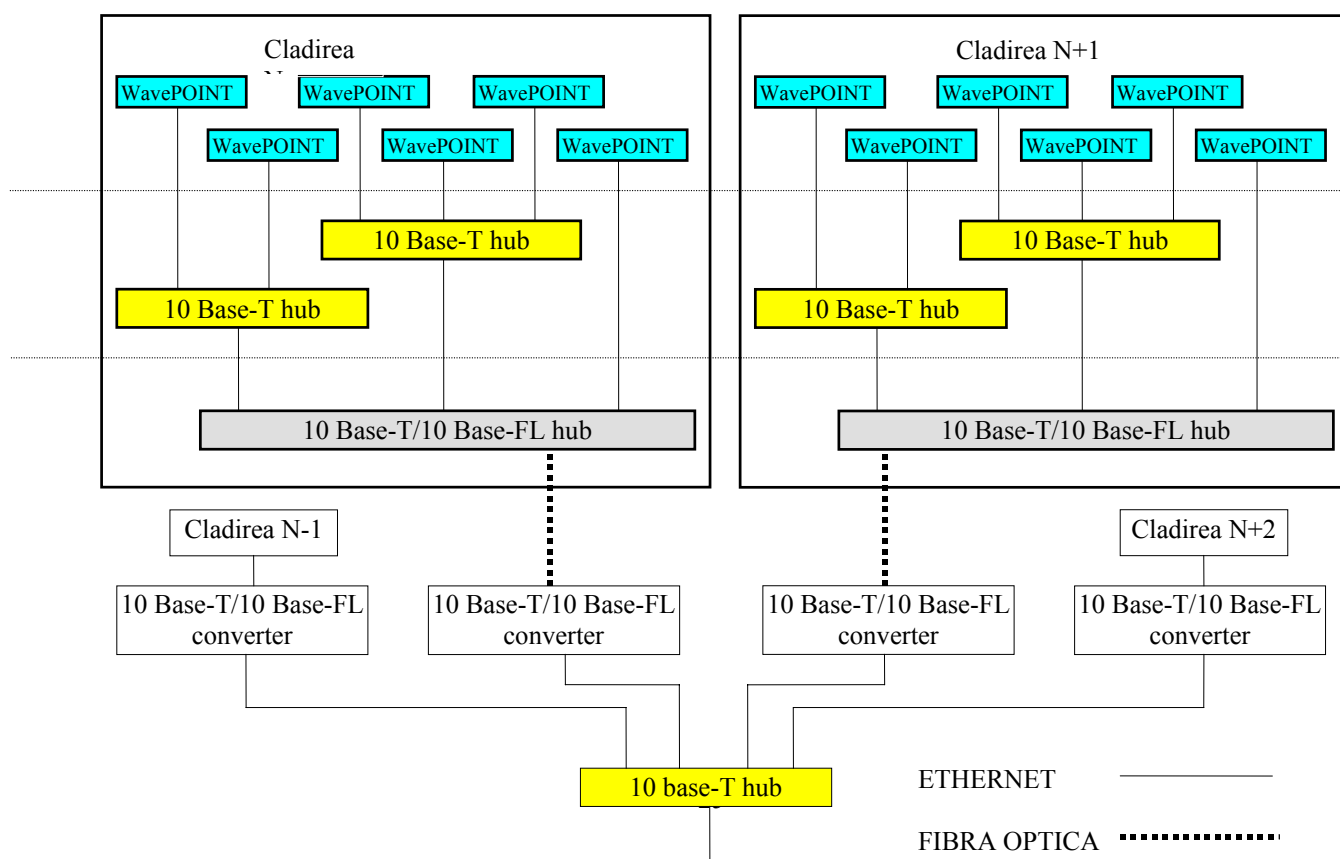


24. *Rețeaua de bandă largă*
25. Este, de fapt, componenta LAN a infrastructurii. A fost proiectată pentru a deservi zona campusului universitar. S-a folosit sistemul WaveLAN al companiei AT&T. Interfețele ce trebuie atașate computerelor portabile de tip Laptop sau Notebook sunt compatibile PCMCIA (Personal Computer Memory Card Industry Association)
26. S-a lucrat cu modelul WaveLAN pe 915 MHz (același tip de echipament este valabil și în banda de 2.4 GHz). Trebuie specificat ca WaveLAN folosește tehnica DS-SS atât în banda de 915 MHz cât și în banda de 2.4 GHz. Produsele hardware compatibile cu WaveLAN au fost furnizate de Solektec Corporation și Digital Equipment Corporation.
27. DS-SS implică generarea unui cod pseudoaleator format dintr-o secvență de biți, ce se va numi "chip", și va fi folosit pentru modularea semnalului de date transmis. La recepție, semnalul va fi corelat cu codul cunoscut, iar datele vor fi extrase corect. WaveLAN are o rată de transmisie de 2 Mbps a datelor, dar ținând cont de faptul că acestea sunt "împrăștiate" cu ajutorul codului pseudoaleator caracterizat de o rată de 11 chips/bit se ajunge la o rată efectivă de transmisie de 22 Mchips/sec. Toate unitățile WaveLAN din sistem vor folosi același cod de împrăștiere, care este implementat hardware. Se folosește CSMA/CA care este similar cu IEEE802.3 (Ethernet LAN).
28. Ca și alte rețele wireless, WaveLAN este compus din puncte de acces (numite WavePOINT) și adaptoare pentru terminalele mobile (numite WaveLAN Units). Aceste adaptoare sunt disponibile sub forma unor dispozitive externe compatibile PCMCIA (tip II) și conțin un transceiver radio și o antenă de dimensiuni reduse. Punctele de acces WavePOINT sunt concepute pentru a fi montate în amplasamente fixe și conectate la rețeaua LAN cablată. WavePOINT se comporta complet transparent la nivelul MAC și asigură transferul pachetelor la și de la rețeaua LAN cablată, după cum este necesar.

29. Fiecare WavePOINT are asignat un NWID (NetWork Identification Designator), format din 16 biți, folosit pentru a distinge pachetele provenite de la diferite WavePOINT-uri.
30. Formatul pachetelor este similar cu al celor specifice standardului Ethernet cu adăugirea acestui NWID.
31. WaveLAN oferă și facilitatea de "roaming", permițând astfel terminalelor mobile să se deplaseze în aria de acoperire a rețelei, de la un WavePOINT la altul, fără a pierde legătura de date cu rețeaua. Această facilitate de roaming poartă numele de WaveAROUND. Pentru ca acest serviciu să fie posibil este necesar ca sistemul să știe în orice moment poziția terminalelor mobile, iar în acest sens se face o actualizare periodică a acestor date. Managementul roamingului se realizează într-un mod asemănător cu cel practicat în GSM. Fiecare WavePOINT transmite un semnal far ce conține informații referitoare la celulele vecine, calitatea comunicației, aria de localizare. Când calitatea semnalului scade sub un anumit prag se inițiază căutarea altor celule cu semnal mai bun și dacă este posibil se inițiază roaming-ul.
32. În rețelele wireless comunicarea mobil-mobil este posibilă folosind două metode: direct sau prin intermediul rețelei. Așadar, există posibilitatea, în unele tipuri de rețele wireless ca două terminale mobile să comunice direct între ele sau numai prin intermediul punctelor de acces cu care acestea lucrează în acel moment. WaveLAN permite doar conexiuni mobil-mobil via WavePOINT.
33. *Aspecte privind implementarea sistemului WaveLAN*
34. S-au instalat aproximativ 200 WavePOINT în 12 clădiri din interiorul campusului universitar.
35. S-a instalat o nouă rețea Ethernet (IEEE802.3) de tip "backbone" în întregul campus. Această nouă rețea are rolul de a conecta unitățile WavePOINT din fiecare clădire cu restul rețelei cablate din campus prin intermediul unui ROUTER. În fiecare clădire, fiecare WavePOINT este conectat la un Synoptics IEEE802.3 10 base-T Hub localizat oriunde în interiorul clădirii. La rândul lor aceste hub-uri sunt conectate prin intermediul unui adaptor 10 Base-T /10 Base-FL, prin fibră optică, la un alt 10 base-T Hub care este conectat la un router Cisco. Structura prezentată permite funcționarea rețelei

wireless independent de restul rețelei cablate din campus și poate chiar să o izoleze, dacă acest lucru este necesar.

36. Ca și în cazul CDPD se folosește implementarea PC/TCP a TCP/IP-ului pe calculatoare laptop de tip IBM ThinkPad +MsWindows. Unitățile WaveLAN includ un driver NDIS pentru interfațarea cu TCP/IP, dar se poate folosi și NetBSD UNIX după ce a fost scris un driver în UNIX pentru cartela PCMCIA. Driverul UNIX suportă deasemenea întregul protocol WaveLAN și serviciul de roaming WaveAROUND.
37. În figura de mai jos este ilustrat modul de conectare și structura rețelei în ansamblu.



38. Concluzii

39. Rețeaua "Wireless Andrew" a fost implementată cu scopul de a încuraja cercetările în domeniul rețelilor de date mobile, iar pe infrastructura creată, în momentul de față, se desfășoară proiecte de cercetare focalizate pe:

- conectarea automată a terminalelor mobile la rețeaua cea mai potrivită din punct de vedere al serviciilor necesare (rata de transfer, zonă de acoperire)
- managementul roamingului între diferite rețele wireless.
- păstrarea protocolului IP în condițiile mobilității terminalelor (Mobile IP).
- adaptarea metodelor de compresie pentru imagini video la cerințele rețelilor wireless (bandă îngustă, roaming între rețele cu rate de transfer diferite, etc.)

40. Infrastructura realizată oferă studenților și cadrelor didactice posibilitatea de a se conecta la Internet în orice moment și din orice loc.
41. Acest exemplu a fost urmat și de alte universități americane, la aceeași oră existând rețele wireless de date în majoritatea campusurilor universitare. Instalarea unui astfel de sistem și în campusurile universitare din România ar conduce în mod evident la încurajarea cercetărilor cu privire la rețelele mobile de date și problemelor pe care acestea le ridică.

42. BIBLIOGRAFIE

43. 1. *"Wireless LANs and Mobile Networking: Standards and Future Directions"* - Richard O. La-Maire & Co. - IEEE Communication Magazine - August 1996, pp. 86-94
44. 2. *"A Wireless data Network Infrastructure at Carnegie Mellon University"* - Alex Hills & David B. Johnson - IEEE Communication Magazine - February 1996, pp.56-63
45. 3. *"Data manual - WaveLAN"* - AT&T Wireless Communications and Network Division - July 1995
46. 4. *"Development of WaveLAN and ISM Band Wireless LAN"* - B. Tuch - AT&T Tech. vol.72, nr.4 1993, pp. 27-37
47. 5. *"Cellular Digital Packet Data Specification"* - CDPD Consortium, Release 1, July 1993

a. *Transmisia RF cu bandă îngustă* este folosită în aplicații dedicate.

- Constă în modularea unei purtătoare RF cu datele transmise.
- Avantajul oferit de această soluție constă în folosirea exclusivă a unui canal de bandă îngustă, posibilitatea interferențelor cu alte sisteme fiind redusă.
- Dezavantaje:
 - necesită obținerea unei licențe de emisie pe frecvența de lucru din parte administrației spectrului radio,
 - aria de acoperire este relativ mică având în vedere frecvența de lucru (ridicată).

- Cele mai des întâlnite sisteme de acest fel funcționează în banda ISM unde nu necesită aprobări pentru folosirea spectrului de frecvență (în USA);
- Exemple:
 - Motorola AltAIR Plus II / Vista Point
 - Olivetti NetCube
 - Data Race RediCARDrf (ISM)