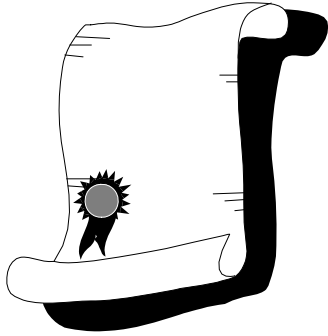


REȚELE LOCALE



Subiecte

- 3.1. Subnivelul LLC de control a legăturii logice
- 3.2. Subnivelul MAC de control a accesului la mediu
- 3.3. LAN-uri de tip Ethernet IEEE 802.3
 - 3.3.1. Fast Ethernet IEEE 802.3u
 - 3.3.2. Gigabit Ethernet, la 1Gbps
 - 3.3.3. Ethernet de 10 Gbps
- 3.3.4. Performanța LAN-urilor de tip CSMA p-persistent
- 3.4. LAN-uri de tip Token-bus, IEEE 802.4
- 3.5. LAN-uri de tip Token-ring, IEEE 802.5
 - 3.5.1. LAN de tip FDDI (Fiber Distributed Data Interface)
 - 3.5.2. Performanța LAN-urilor cu token
- 3.6. LAN-uri de tip DQDB IEEE 802.6
- 3.7. LAN-uri Wireless de tip IEEE 802.11

Evaluare: 1. Răspunsuri la întrebări și aplicații

Standardele pentru rețele locale, LAN (Local Area Network), au fost propuse de IEEE în seria 802 și adoptate de ISO în seria 8802. Sunt prezentate mai jos câteva dintre standarde pentru cele mai importante și mai răspândite dintre LAN-uri.

IEEE 802.1 - introducere în setul de standarde, prezintă **primitivele de interfață**.

IEEE 802.2 – este descrisă partea superioară a nivelului 2 legătură de date, care utilizează protocolul LLC (Logical Link Control), similar cu HDLC;

IEEE 802.3 - cuprinde nivelul fizic și subnivelul inferior al nivelului 2, de control al accesului la mediu, MAC (Medium Access Control) pentru rețele locale de tip **Ethernet** pe magistrală sau bus;

IEEE 802.4 - cuprinde nivelul fizic și MAC pentru LAN-uri de tip **token-bus** (cu jeton explicit), topologie bus/magistrală (MAP-Manufacturing Automatic Protocol);

IEEE 802.5 - cuprinde nivelul fizic și MAC, LAN-uri de tip **token-ring** (cu jeton implicit), topologie inel (TOP-Technical Office Protocol);

IEEE 802.6 - cuprinde nivelul fizic și MAC pentru rețele locale pe fibră optică de tip **DQDB** (Distributed Queue Dual Bus) cu două magistrale; ANSI (American National Standards Institute) a propus pentru LAN-uri pe fibră optică FDDI-1, FDDI-2 (Fiber Distributed Data Interface), dar acestea nu sunt standardizate ISO;

Modulul 3 Rețele locale

IEEE 802.3u - cuprinde nivelul fizic și MAC pentru **Fast Ethernet** Ethernet de viteză mare;

IEEE 802.11 - cuprinde nivelul fizic și MAC pentru **W-LAN**-uri, (W-Wireless) fără fir, pe canal radio.

3.1. Subnivelul LLC de control a legăturii logice, 802.2

Nivelul 2, legătură de date, se divide, în cazul LAN-urilor în două subniveluri:

1- subnivelul superior, LLC (Logical Link Control) de control a legăturii de date. Subnivelul LLC conține protocoale similare cu HDLC și asigură următoarele tipuri de servicii:

- **LLC-Tip 1**- serviciu neorientat pe conexiune, fără confirmare (la 802.3)
 - fără controlul fluxului sau erorilor
 - permite multiplexarea de protocol
 - folosește 3 tipuri de PDU (protocol data unit)
 - UI- informații nenumerate
 - XID- schimb de ID, tipuri de operații, fereastră
 - Test- testare în buclă
- **LLC-Tip 2** – serviciu orientat pe conexiune, cu confirmare (la 802.5)
 - Cu control de flux și de erori; SABM(E), UA, DISC, DM
- **LLC-Tip 3**- serviciu neorientat pe conexiune, cu confirmare
 - 1 bit de secvență
 - comanda AC în PDU și răspuns AC în PDU

2- subnivelul inferior MAC (Medium Acces Control) de control al accesului la mediu, cel care diferențiază tipurile de LAN-uri.

3.2. Subnivelul MAC de control a accesului la mediu

Accesarea mediului comun de comunicație de către stații, se poate face în două moduri, aleator sau pe bază de permis sau token.

La **accesul aleator** oricare stație transmite atunci când are ceva de transmis. Dacă transmit simultan două sau mai multe stații pot apărea coliziuni. Accesul aleator are dezavantajul coliziunilor dar și avantajul că atunci când încărcarea rețelei este redusă viteza este mare, dar în sarcină mare cedează complet din cauza coliziunilor repetate. Algoritmul este extrem de simplu, ceea ce a determinat o răspândire foarte mare a LAN-urilor care folosesc acest tip de acces. Din această categorie fac parte LAN-urile de tip Ethernet de diverse viteze și medii de comunicație.

- **ALOHA de bază sau pur** – dezvoltat la Universitatea din Hawaii, pentru canale radio, presupune următoarele acțiuni:
 - transmite atunci când dorești;

Modulul 3

Rețele locale

- utilizarea $=1/(2e)=18,4\%$ în cazul cel mai defavorabil; durata maximă a coliziunii este egală cu durata a două pachete. Utilizarea scăzută a mediului a condus la soluția care urmează.

• **ALOHA cu divizare (slotted ALOHA)**

- **timpul canalului se divide în intervale sau sloturi de dimensiune fixă**
- utilizarea $=1/e \cong 37\%$, în cel mai defavorabil caz;
- transmisia poate avea loc doar la începutul unui interval de timp; durata maximă a coliziunii se reduce la jumătate față de cazul Aloha pur și eficiența se dublează.

• **CSMA-CD-** (Carrier Sense Multiple Acces with Collision Detection) acces multiplu cu detecția purtătoarei și a coliziunilor, este un protocol de acces la mediu similar cu tehnica din aviație, unde se ascultă mediul (se detectează ”purtătoarea”) înainte de a transmite, pentru a vedea dacă este liber și se ascultă și în timpul propriei transmisii, pentru a detecta dacă apare vreo coliziune. Se spune că ascultarea este persistentă. Dacă mediul este liber, se poate transmite cu probabilitatea p , sau se întârzie transmisia cu un slot, cu probabilitatea $1-p$. Altă variantă este cea în care, dacă mediul e liber se transmite imediat, adică cu probabilitatea $p=1$; față de varianta precedentă crește șansa coliziunii dar se reduce timpul în care canalul e nefolosit.

• **CSMA-CA** (CSMA with Collision Avoidance) acces multiplu cu detecția purtătoarei și evitarea coliziunilor. Se folosește la WLAN-uri, pentru prevenirea coliziunilor. Pentru transmiterea mesajelor:

- 1- stația pune pe 1 exponentul de reacție
- 2- dacă are cadre de transmis, stația ascultă mediul. Dacă e mediul e liber, stația așteaptă un timp, IFG (InterFrame Gap)
- 3- apoi mai așteaptă încă un interval aleator (backoff) și transmite cadrul
- 4- așteaptă confirmarea un interval fix
- 5- dacă a sosit confirmarea în acest interval, transmisia e cu succes.
- 6- dacă nu a sosit confirmarea, transmisia e fără succes (fie cadrul, fie confirmarea au fost pierdute sau eronate)
- 7- stația incrementează exponentul de reacție, ascultă mediul și repetă pașii 2-6.

La **accesul pe bază de permis** (jeton sau token) are dreptul să transmită doar stația care deține permisul, deci nu pot apărea coliziuni. Funcționarea este foarte bună în caz de încărcare mare a rețelei, dar este mai lentă la încărcare mică deoarece se așteaptă după permis. Algoritmul este mai complicat, motiv pentru care aceste tipuri de LAN-

uri sunt mai puțin răspândite decât cele cu acces aleator. Din această categorie fac parte LAN-urile de tip Token-ring și Token-bus.

3.3. LAN-uri de tip Ethernet IEEE 802.3

Topologia rețelei este de tip magistrala (bus), la varianta **10 BASE 5** debitul este de 10 Mbps, codarea este Manchester cu nivelurile de tensiune $\pm 0,85V$, mediul este cablul coaxial de 50Ω , lungimea maximă a unui segment este de 500m, sunt admise 4 repetitoare, deci lungimea maximă a magistralei este de 2500m. Conectarea segmentelor se face cu repetitoare sau cu punți. Accesul la mediu se face după tehnica **CSMA-CD 1-persistent**:

- se ascultă mediul: dacă e liber se transmite sigur, cu probabilitatea 1;
- dacă mediul e ocupat, se așteaptă până este liber și atunci se transmite imediat;
- dacă e detectată o coliziune în timpul transmisiei:
 - se întrerupe transmisia cadrelor și se transmite un semnal de avertizare/jam scurt,
 - se așteaptă un interval aleator și reîncearcă (de maxim 16 ori). Intervalul aleator este $= [0,2^{\min(k,10)} - 1]$ sloturi, k fiind numărul coliziunii. Algoritmul se numește cu reacție exponențială binară. După 10 coliziuni se limitează intervalul de aleatorizare la 1023.
 - detecția coliziunii se face verificând nivelul de tensiune; tensiune prea mare înseamnă că există mai mult de o transmisie.
 - la CSMA-CD pierderea de capacitate de transmisie se reduce la timpul necesar detecției coliziunii în cel mai defavorabil caz, adică timpul de propagare tur-retur. Ethernet se comportă bine în sarcină mică dar cedează complet în sarcină mare.

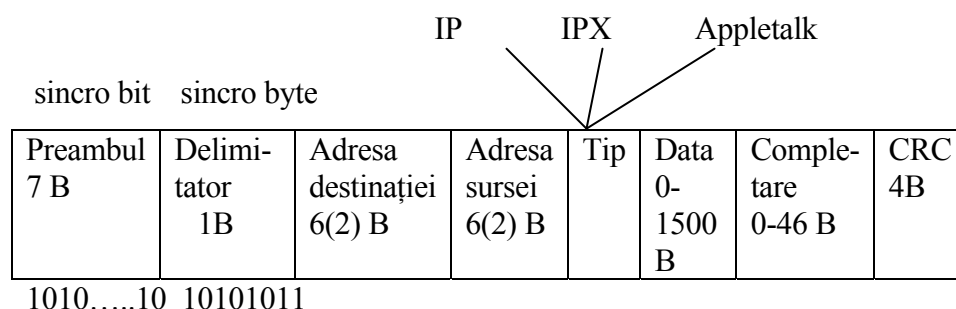


Fig.3.1. Cadrul Ethernet

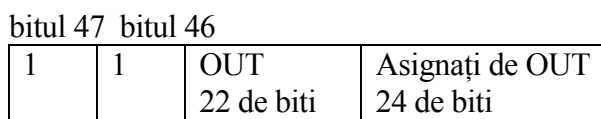


Fig.3.2. Formatul adresei MAC

OUT–Organizationally Unique Identifier, e identificatorul de organizare unic. Bitul 47 (cel mai semnificativ) indică o adresă individuală/de grup (0/1); bitul 46 indică adrese locale/globale. Adresa Ethernet sau adresa MAC este formată din 6B (48 de biti), dar inițial era din 2B. Cele două versiuni pot coopera.

Câteva standarde Ethernet

- **10 BASE 5:** 10 Mbps, cablu coaxial, 50Ω, gros sau subțire, 500 m lungime de segment între repețoare,
- **10 BROAD 36:** 10Mbps, pe cablu coaxial de bandă largă, 3600 lungime maximă de segment,
- **1 BASE 5:** 1Mbps, pe perechi de fire UTP (Unshielded Twisted Pairs)
- **10 BASE 2:** 10 Mbps, cablu coaxial subțire, 185 m lungime maximă de segment,
- **10 BASE T:** 10Mbps, pe 2 perechi de fire UTP,
- **10 BASE FL:** 10 Mbps, fibră optică, legături punct cu punct,
- **10 BASE FB:** 10Mbps, fibră optică, backbone, cunoscută și ca Ethernet Sincron,
- **10 BASE FP:** 10Mbps, fibră optică, stea pasivă, plus segmente,
- **100 BASE T4:** 100Mbps, 4 perechi de fire UTP, CAT 3, 4, 5

3.3.1. Fast Ethernet IEEE 802.3u

- 802.3u este o completare la setul de standarde 802.3. Sunt păstrate formatele de pachete, interfețele și regulile procedurale. Durata bitului scade de la 100nsec/10Mbps la 10 nsec/100Mbps. Cablarea este similară cu 10 BASE-T cu concentratoare. Nu sunt permise cabluri multipunct cu conectori vampir/BNC,
- 100 BASE T4, UTP CAT3: în birourile din occident, oficiile sunt cablate cu patru perechi de fire UTP3: două înspre/dinspre concentrator și două se comută în sensul transmisiei curente. Transmisia e ternară 8B6T (8 biți reprezentați prin 6 triți) și nu Manchester. Scade astfel viteza de semnalizare la 25MHz per pereche de fire (față de 33,3 MHz/pereche la Manchester),
100 BASE-TX-UTP CAT5 e mai simplu, deoarece suportă 125 MHz; 2 perechi fire înspre/dinspre concentrator. Codarea 4B5B, compatibilă cu FDDI, se face sincronizarea ceasurilor. Perechile rămase se folosesc pentru telefonie. Sistemul e duplex,
- 100 BASE – FX folosește 2 fibre multimod, câte una pe sens.

La 100 BASE- T4 și TX sunt posibile diferite concentratoare:

Modulul 3

Rețele locale

- **concentratorul partajat:** toate liniile care intră în placa "plug-in" sunt conectate formând un domeniu de coliziune. Regulile sunt ca la 802.3 La un moment dat poate transmite doar o stație. Este echivalent cu un hub.

- **concentratorul comutat:** memorează fiecare cadru sosit într-un modul de intrare. E mai scump, dar avantajul e că toate stațiile pot transmite sau recepționa simultan. Eficiența crește cu peste un ordin de mărime. Cadrele recepționate și memorate trec spre destinație printr-un fund de sertar, de viteză mare, nestandardizat. Este echivalent cu un switch sau puntea multiport.

Aproape toate comutatoarele pot trata un amestec de stații, de 10 Mbps și 100 Mbps, astfel că modernizarea e ușoară, inserând module standard.

Ethernet clasic funcționează semiduplex, astfel că cei 100 Mbps de la funcționarea semiduplex, devin 200 Mbps la funcționarea duplex. Trebuie prevăzute pentru stații carduri duplex. Punctul central este concentratorul comutat și nu un simplu repetor multiport. Nu mai există coliziuni și nu ar fi necesar algoritmul CSMA-CD, dar fiecare stație îl execută în continuare. Fast-Ethernet a acaparat piața cu succes datorită simplității sale. Inițial s-a crezut că FDDI va reprezenta standardul de piață pentru LAN-uri de viteză mare. Dar administrarea stațiilor era prea complicată, chip-urile complexe și scumpe, astfel că FDDI a rămas limitat la piața rețelelor de tip coloană vertebrală (backbone).

Ethernet		Fast Ethernet
10 Mbps	100 Mbps	viteza
CSMA/CD	CSMA/CD	protocolul MAC
2,5km	205 m	diametrul rețelei
Bus/Star	Stea	topologia
Coax/UTP/fibră optică	UTP/fibră optică	cablul
802.3	802.3u	standard
X	2X	costul

Tab. 3.1. Performanțele LAN-urilor Ethernet și Fast-Ethernet

3.3.2. Gigabit Ethernet, la 1Gbps (normative apărute după 1995)

Strategia utilizată e aceeași ca la Fast Ethernet (cadru și protocol). Este compatibil cu Ethernet de 10 Mbps și 100 Mbps, asigură conectarea la servere centrale și comutatoare de mare viteză, respectiv grupuri de servere sau de comutatoare. Fiecare comutator suportă legături de 1 Gbps pentru LAN-uri backbone și servere dar și legături de 100 Mbps pentru stații de lucru, servere, comutatoare de 100 Mbps.

Specificațiile IEEE 802.3 pentru 1 Gbps prevăd următoarele variante:

- **1000 BASE-LX:** legături duplex, unde lungi (1270-1355) nm. Legături până la: -550m/62,5μm sau /50μm fibră multimod sau 5 km/10μm fibră monomod,

Modulul 3

Rețele locale

- **1000 BASE-SX**: unde scurte (770-860) nm, legături duplex de până la 275m/62,5 μm sau 550m/50 μm fibră multimod,
- **1000 BASE-CX**: legături ≤25m, cablu STP, jumper-e de Cu, legături între dispozitive din același dulap/ încăpere. Fiecare sens are o pereche separată de STP,
- **1000 BASE-T**: legături ≤100m, cu 4 perechi UTP, CAT 5.

3.3.3. Ethernet de 10 Gbps

Se va dezvolta în următorii ani, din cauza creșterii volumului de trafic intranet și internet, determinată de creșterea numărului de conexiuni la rețea, a vitezei conexiunii a fiecărei stații (utilizatorii 10 cu Mbps vor trece la 100 Mbps, iar cei cu 56 kbps analogic vor trece la DSL-Digital Subscriber Loop), a numărului de aplicații consumatoare de bandă (video de calitate bună), traficului Web și de aplicații. Aceste legături vor exista în LAN-urile backbone, între LAN-urile backbone și comutatoarele de mare viteză, campusuri, etc, permițând ISP-urilor (Internet Service Provider) și NSP-urilor (Network Service Provider) să ofere legături de mare viteză și preț scăzut între centralele clasice și rutere. Vor putea fi construite MAN-uri și WAN-uri care interconectează LAN-uri sau PoP (Point-of-Presence)-uri dispersate. Ethernet de 10 Gbps va concura tehnologiile de MAN-uri și ATM. Funcționarea este exclusiv duplex, pe distanțe de (40-300) km. Câteva dintre soluțiile adoptate sunt :

- **10 G BASE -S** (Short): $\lambda=850\text{nm}$, fibră multimod, $d \leq 300\text{m}$
- **10 G BASE- L** (Long): $\lambda=1310\text{nm}$, fibră monomod, $d \leq 10\text{km}$
- **10 G BASE- E** (Extended): $\lambda=1550\text{nm}$, fibră monomod, $d \leq 40\text{km}$
- **10 G BASE -LX4**: $\lambda=1310 \text{ nm}$, fibră multimod sau monomod, $d \leq 10\text{km}$.

Se face multiplexare prin divizarea lungimii de undă WDM (Wavelength Division Multiplexing).

3.3.4. Performanța LAN-urilor de tip CSMA p-persistent

Există N stații active. Când o stație detectează mediu liber, transmite cu probabilitatea p. Diviziunea este 2-t propagare cap la cap, adică timpul maxim de detecție al unei coliziuni. Timpul mediului e format din:

- 1) *timpul de transmisie* = $1/(2a)$, și
- 2) *timpul de competiție*, când fie există coliziuni, fie nu există transmisie.

Determinarea timpului de competiție mediu

A = probabilitatea ca o singură stație să transmită și să obțină mediul și celelalte stații nu:

$$A = \binom{N}{1} p(1-p)^{N-1} = Np(1-p)^{N-1},$$

dar $A = \max$, dacă $p = \frac{1}{N}$.

Ne interesează eficiența maximă, care se obține când probabilitatea de obținere a mediului de către fiecare stație e maximă:

$$\Rightarrow A = \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{N-1}.$$

În sarcină mare, stațiile trebuie să-și restrângă oferta de încărcare la $1/N$, ceea ce înseamnă că stațiile cunosc N . În sarcină mică nu poate fi atinsă eficiența maximă. Lungimea medie a intervalului de competiție $E(w)$, [sloturi]:

$$E(w) = \sum_{i=1}^{\infty} i \text{Prob}[i \text{ sloturi la rând,}$$

cu coliziune sau fără transmisie
să fie urmate de un slot cu transmisie]

$$E(w) = \sum_i i(1+A)^i A = \frac{1-A}{A}$$

Utilizarea va fi raportul dintre intervalul de transmisie și timpul de ocupare (un interval de transmisie + unul de competiție)

$$U = \frac{1/(2a)}{1/(2a) + (1-A)/A}$$
$$= \frac{1}{1 + 2a(1-A)/A} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} U = \frac{1}{1 + 3,44a}$$

3.4. LAN-uri de tip Token-bus, IEEE 802.4

LAN-urile de tip token-bus, numite și MAP (Manufacturing Automatic Protocol), au fost dezvoltate de GM (General Motors) pentru aplicații de automatizare. Mediul este cablul coaxial de 75Ω (cablu de televiziune), debitul este ≤ 10 Mbps, modulația poate fi o modulație de frecvență cu fază continuă, sau o modulație de fază cu detecție coerentă, sau o modulație de fază cu 4 faze combinată cu o modulație de amplitudine multinivel. Nivelul fizic și subnivelul MAC sunt total incompatibile cu cele ale LAN-urilor de tip Ethernet. Se reprezintă "0",

Modulul 3 Rețele locale

"1", pauza, și 3 simboluri pentru controlul rețelei. Poate transmite doar stația care deține permisul. Dacă stația ce are tokenul nu are date, îl pasează mai departe, stației învecinate de pe cercul virtual. Cercul virtual se poate modifica, în funcție de tipul operației tehnologice de realizat. Dacă T este durata unui cadru și N este numărul de stații de pe inel, atunci timpul maxim de așteptare după token este NT. Modul de lucru al rețelei trebuie să permită **răspunsul în timp real**. Echipamentele folosite și cablul TV, modemurile și amplificatoarele de bandă largă sunt accesibile comercial.

Recepția unui token permite stației să transmită un interval prestabilit de timp Δt . Dacă stația ce are tokenul nu are date, îl pasează mai departe. Prima transmite stația cu numărul logic maxim. Există în fiecare stație 4 clase de prioritate 6, 4, 2, 0 (6 fiind clasa cea mai prioritară). Substația de prioritate maximă începe transmisia, iar celelalte substații transmit doar dacă le mai rămâne timp. Interpretarea este că sunt 4 substații în fiecare stație. Unui cadru recepționat de stație i se verifică nivelul de prioritate și e dirijat spre substația adecvată. Schema de priorități garantează traficului de prioritate 6 un interval de timp cunoscut și se poate folosi pentru transmiterea voci sau altor semnale de timp real.

Exemplu: dacă $N = 50$ stații și $D = 10$ Mbps, atunci pentru fiecare stație vor fi disponibili $D/N = 200$ kbps. Dacă traficului de prioritate 6 i se alocă o treime din timp, rezultă că fiecare stație are garantată o cale de 66,6 kbps, ceea ce este suficient pentru o cale vocală ISDN (64 kbps).

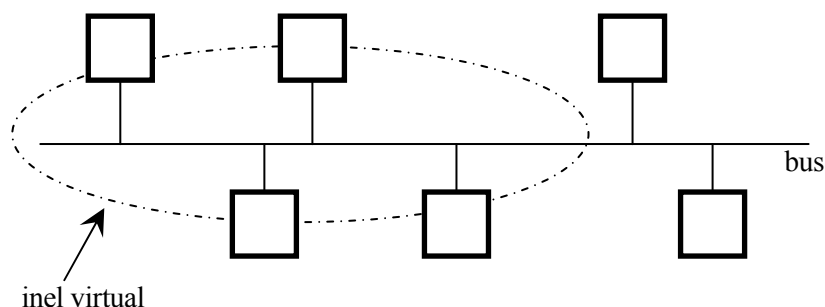


Fig 3.3. LAN de tip Token-Bus

Preambul ≥ 1 B	Delim 1 B	Control Cadru 1 B	Adr.dest 6(2)B	Adr. Sursei 6(2)B	Date 0- 8182	CRC 4 B	Delim 1 B
------------------------	--------------	-------------------------	-------------------	-------------------------	--------------------	------------	--------------

Fig 3.4. Cadrul Token-Bus

Cadrul TB este diferit de cadrul Ethernet:

- preambulul servește la sincronizarea bazei de timp a receptorului,

- delimitatorii cu o structură unică, nepermisă în câmpul de date,
- controlul indică tipul de cadru: I de informație (conține prioritatea și cererea de confirmare), sau S de supervizare. Dacă s-a pretins confirmarea recepției, corectă sau incorectă, receptorul trebuie să poziționeze acel indicator, altfel nu mai poate capta token-ul, deci nu mai poate transmite.
- adresarea este la fel ca la Ethernet. Din acest punct de vedere LAN-urile 802.3 și 802.4 ar putea fi interconectate, dar sunt incompatibile la nivel fizic și MAC.
- CRC are același polinom generator ca la 802.3

Mentținerea inelului logic

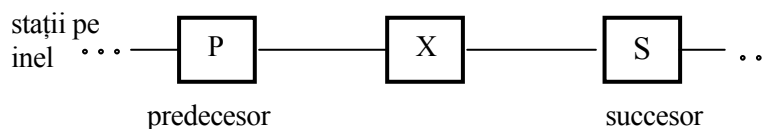


Fig 3.5. Menținerea inelului logic

După stabilirea inelului, fiecare stație X își memorează predecesorul P și succesorul S. Pentru atașarea de noi stații, stația X care deține tokenul solicită periodic oferte de atașare de noi stații, transmițând un cadru “solicitare succesor 1” cu adresa lui X și S. Dacă nici o stație nu solicită intrarea, cadrul revine la X, fereastra de răspuns se închide și tokenul e transmis normal. Dacă o stație emite o ofertă de intrare, e înserată pe cerc și preia tokenul. Dacă mai multe stații cer intrarea, ofertele lor intră în coliziune și arbitrajul se face prin cadrul “rezolvare competiție”, iar ofertele se întârzie cu 0,1,2,3 intervale (reacție exponențială binară cu 2 biți). În fiecare stație există un numărător care se anulează când e captat tokenul, după ce i se verifică valoarea. Dacă s-a depășit un prag, traficul a fost prea intens și nu poate fi lansată nici o solicitare. La o solicitare poate fi atașată o singură stație.

Inițializarea inelului e un caz de atașare de noi stații. Când prima stație intră pe bus, notează că nu e trafic o perioadă dată și lansează o “cerere de token”. Când revine la ea, generează tokenul și emite periodic cereri de atașare de noi stații. Pe măsură ce se activează, stațiile intră pe inelul logic.

Erori de funcționare

Stația X pasează tokenul unei stații defecte S. La pasarea tokenului X continuă să asculte inelul și constată că S nu transmite nici date nici tokenul. Face 3 încercări de emisie a tokenului, după care transmite un cadru “cine urmează” cu adresele lui X și S. Succesorul stației S defecte, S’ recepționează acest cadru care-l indică pe predecesorul său S defect, și transmite lui X un cadru “definire succesor”

care-i spune că S' va fi noul său succesor. Astfel stația defectă S este scoasă automat de pe inel.

Stația X eșuează la pasarea tokenului și nu poate defini succesorul succesorului său (defect sau inactiv), S'. Stația X va transmite un cadru "definire succesor 2" pentru a vedea dacă există vreo stație activă. Eventual inelul e reinițializat.

Căderea stației care deține tokenul, lansează algoritmul de inițializare a inelului. Contorul de timp, care e șters la sosirea unui token, existent în fiecare stație, va depăși un prag indicând expirarea timpului, și stația cu numărul maxim de adresă va genera un token nou, care va fi preluat prin concurență.

Tokenul multiplu apare dacă stația care deține tokenul, notificând o transmisie, descarcă tokenul. Dacă încă o stație descarcă tokenul, mai apare un token, ș.a.m.d. Dacă toate stațiile descarcă tokenul, absența activității determină ca una sau mai multe stații să ceară un token.

Algoritmul este complex și introduce întârzieri mari la debite scăzute, dar lucrează foarte bine la debite mari. Este singurul tip de LAN care garantează răspunsul în timp real.

3.5. LAN-uri de tip Token- ring, IEEE 802.5

LAN-urile de tip token-ring, numite și TOP (Technical Office Protocol), au fost dezvoltate de compania Boeing, la care s-a afiliat ulterior și IBM, pentru aplicații de birotică. Mediul constă din perechi de fire UTP, STP, cablu coaxial, sau fibră optică. Se folosește o codare Manchester, cu nivelurile $\pm(3 - 4,5)$ V, debitele sunt de 4 Mbps sau 16 Mbps în funcție de tipul perechilor de fire, UTP sau STP. Delimitatorii sunt formați din structuri Manchester invalide, adică HH sau LL. Dezavantajul constă în posibilitatea întreruperii inelului. Soluția găsită este plasarea unui fir de centru cu relee K, comandabile prin soft. Crește prețul astfel, dar crește și fiabilitatea. Hardware-ul este complet digital, ceea ce reprezintă un avantaj.

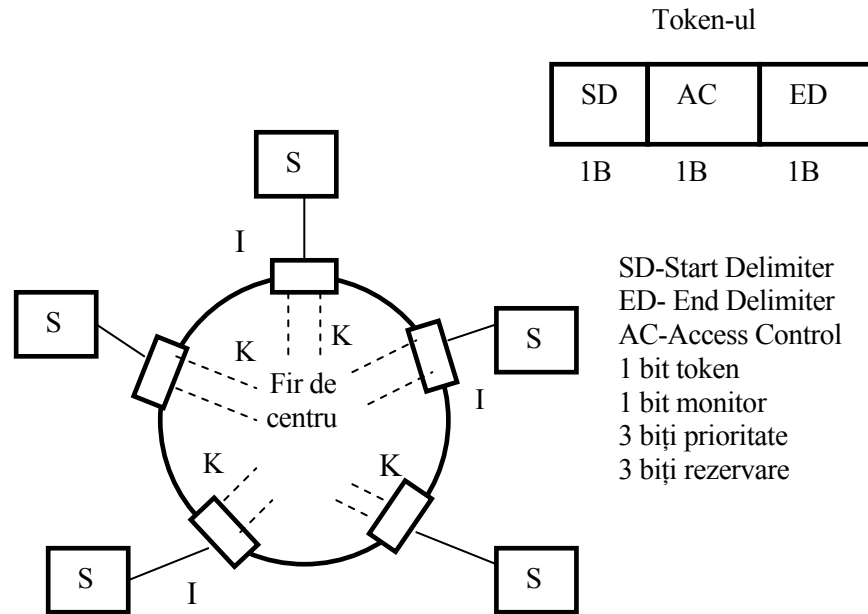


Fig 3.6. LAN de tip Token-Ring

Starea interfeței poate fi de ascultare sau de copiere. Cadrele TR pot fi cadre de informație I, sau de control C. Tokenul, format din 24 de biți, trebuie să încapă complet pe inel. Astfel prezintă importanță lungimea fizică a bitului.

SD	AC	FC	Adresa	Adresa	Date	CRC	ED	FS
1B	1B	1B	destin.	sursei	nelim.	4 B	1B	1B
			6(2) B	6(2) B				

FC
Frame
Control

FS
Frame
Status

Fig 3.7. Cadrul Token-Ring

Exemplu.

$$l_{bit} = \frac{v[m/s]}{R[biți/s]}$$

în cupru $v_{elm} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s} \Rightarrow$ un bit are $l_{bit} = 2 \cdot 10^8 / R \text{ [m]}$. Pentru o rată de transmisie de $R=1 \text{ Mbps}$, rezultă $l_{bit}=200\text{m}$. Un inel de 1000 m ar permite prezența a doar 5 biți pe inel.

Fiecare interfață mai introduce câte o întârziere de 1 bit. Trebuie luate măsuri, în special pe timp de noapte când multe stații sau interfețele lor sunt deconectate, ca să încapă tokenul pe inel. Mai există și întârzierea suplimentară dată de timpul de programare nenul.

Când o stație vrea să transmită, trebuie să capteze tokenul care circulă pe inel (free token). Stația preia tokenul și trece pe 1 bitul de token (busy), după care generează cadrul în continuare. La recepție, stația poziționează bitul A, ascultare și C, copiere din octetul "stare cadru" când cadrul trece prin I, și/sau e copiat spre stație. Apoi cadrul

Modulul 3 Rețele locale

revine la stația emițătoare, a cărei sarcină e să-l dreneze de pe inel. Stația emițătoare verifică biții A și C; pot fi 3 situații:

A=0 C=0 destinatar absent sau neconectat,

A=1 C=0 destinatar prezent, cadrul este neacceptat,

A=1 C=1 destinatar prezent, cadrul este acceptat.

În cazul AC=10 se mai încearcă odată. Biții AC sunt dublați în FS pentru creșterea siguranței transmisiei. Delimitatorul de sfârșit, ED, conține un bit E, care poate fi poziționat de orice interfață ce constată o eroare (ca de exemplu o structură Manchester invalidă) și un bit F, final, ce marchează ultimul cadru dintr-un mesaj.

Captarea tokenului se face de către stațiile cu prioritatea cea mai mare. Se avansează astfel spre prioritatea maximă. De aceea stația care a crescut prioritatea tokenului, generând un token cu prioritate mai mare decât a tokenului recepționat, este responsabilă cu scăderea ulterioară a priorității la nivelul anterior. Dacă trece un token liber de prioritate maximă, înseamnă că toate stațiile de prioritate maximă și-au încetat transmisia și stația înscrie în token vechea prioritate memorată.

Menținerea inelului logic se face de stația monitor. Orice stație poate fi monitor; dacă monitorul se deconectează, este desemnat rapid altul, prin concurență. La conectarea inelului, sau raportarea absenței monitorului de oricare stație, se transmite de o stație o "cerere de token", care dacă revine la stație, înainte ca altă cerere să fie lansată, desemnează stația ca monitor. Ca sarcini ale monitorului sunt: păstrarea tokenului; verificarea continuității inelului și luarea de măsuri în caz de rupere: dacă X presupune că S e defectă, transmite un cadru de "avertizare" care se propagă cât de departe poate. Stațiile defecte vor fi șterse automat de pe inel, cu releele de centru; drenarea inelului de cadrele eronate și regenerarea de token; sincronizarea pentru cadrele "orfane", care apar când o stație transmite un cadru scurt complet și fie se întrerupe inelul fie cade alimentarea și stația sursă nu mai poate drenea ea cadrul. La prima trecere a cadrului prin monitor, acesta pune pe 1 bitul monitor. La a doua trecere, monitorul vede un cadru cu bitul monitor setat și îl drenează de pe inel; introducerea de biți de întârziere pentru ca tokenul să încapă pe inel. Marele dezavantaj este atunci când monitorul, deși defect, continuă să emită cadrul "monitor activ prezent" și nici o altă stație nu poate prelua controlul.

3.5.1. LAN de tip FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

Este o rețea de tip token-ring, pe fibră optică, cu un debit de 100 Mbps, inel maxim de 200 km, suportă până la 1000 de stații atașate. Intenția a fost ca FDDI să devină modelul pentru rețelele metropolitane, MAN. Din cauza manevrării complicate, chip-urilor complexe și scumpe, a rămas limitată la piața rețelilor de tranzit de tip "coloană vertebrală" (backbone).

Modulul 3
Rețele locale

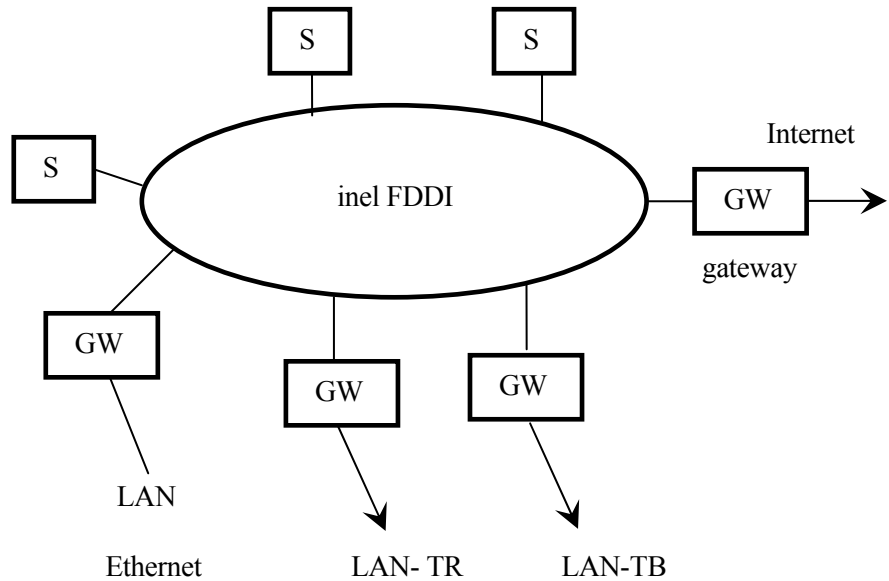


Fig.3.8. LAN de tip FDDI

Fibrele optice sunt subțiri și ușoare, au banda de frecvențe extrem de largă, nu sunt afectate de interferențe electromagnetice, securitatea lor este excelentă (practic e imposibil să tai fibra fără să se vadă). Sunt utilizate pentru LAN-uri, MAN-uri și WAN-uri. La FDDI se folosesc:

- fibre multimod, deoarece la 100 Mbps nu se justifică costurile mari ale fibrei monomod,
 - LED-uri și nu diode LASER, pentru cost și protecția utilizatorului: dacă se desface fibra pentru măsurarea debitului, raza laser afectează retina. LED-urile au capacitate suficientă pentru a transfera date până la 100Mbps,
 - BER <1 eroare la $2,5 \cdot 10^{10}$ biți, sau chiar mai mic,
- cablarea se face cu 2 inele concentrice, cu senzori diferite de circulație a datelor. Dacă un inel se rupe se folosește celălalt, dacă ambele se rup în același loc, se conectează cele 2 inele cu relele de centru. Eventual se folosește și un fir de centru. Stațiile pot fi de tip A, conectate la ambele inele, mai scumpe, sau de tip B, conectate la un singur inel. Gradul de toleranță impune soluția cu stații A, sau B, sau hibridă.

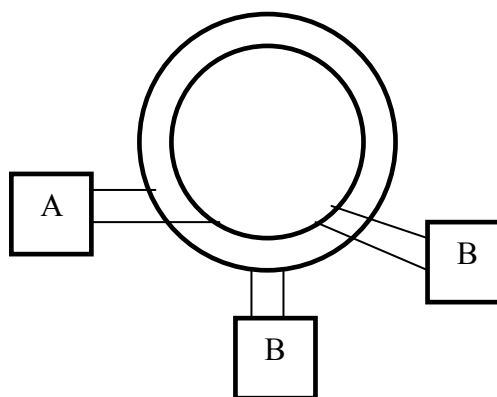


Fig.3.9. Tipuri de stații FDDI

Codarea folosită este **4B5B**, unde 4 biți sunt codificați ca 5 biți (deoarece un debit de 100 Mbps duce la o viteză de semnalizare de 125 MBaud și deci la o bandă de frecvențe mai redusă față de 200 MBaud de la codarea Manchester, care ar fi fost o soluție prea scumpă. Avantajul e economia de bandă, dezavantajul e o sincronizare mai slabă a receptorului decât la codarea Manchester. De aceea la începutul transmisiei e un preambul lung de sincronizare. Generatoarele de tact trebuie să aibă o stabilitate mai bună decât 0,005%, astfel încât se pot transmite cadre de până la 4500B fără ca receptorul să iasă din sincronism.

Protocolul FDDI este asemănător cu cel de la token-ring: pentru a transmite date, stația trebuie să capteze tokenul, transmite cadrul și când revine îl dă înapoi pe inel, după care regenerează tokenul. Dar la FDDI, timpul de revenire al cadrului ar fi prea lung, astfel încât se permite stațiilor să genereze tokenul imediat după transmiterea cadrului (ETR- Early Token Release). Pe un inel lung vor exista mai multe cadre.

Cadrele de date sunt la fel cu 802.5. Pentru circuitele de date comutate, PCM și ISDN, există cadrele sincrone generate la fiecare 125 μ s, furnizând cele 8000 eșantioane/sec necesare sistemelor PCM (Pulse Code Modulation). Pentru circuite comutate antetul are 96 B, iar pentru circuite necomutate antetul are 16 B. Valoarea de 96 B a fost aleasă pentru a permite fie $4 \times 24 \text{ căi} = 1,544$ Mbps (standardul PCM american) = 4 canale PCM-T1, fie 3 canale PCM-CCITT $3 \times 32 \text{ căi} = 2,048$ Mbps, E1, ca să poată fi folosit oriunde în lume. Rezultă 96 de canale per cadru. Odată ce o stație a dobândit una sau mai multe diviziuni de timp într-un cadru sincron, acele diviziuni îi sunt rezervate până când sunt eliberate explicit. Banda rămasă nefolosită de cadrele sincrone este alocată, la cerere, traficului asincron (best-effort trafic). Traficul asincron este împărțit în clase de prioritate, prioritățile mari fiind primele care au acces la banda rămasă.

3.5.2. Performanța LAN-urilor cu token

Presupunem o rețea locală LAN cu stații active, pregătite să transmită. Se notează cu a timpul de propagare normalizat la durata cadrului:

$$a = t_{prop}/t_{frame}$$

care este timpul necesar tokenului sau cadrului să parcurgă inelul. Intuitiv, utilizarea sau eficiența va fi debitul normalizat la capacitatea sistemului.

$$U = \frac{t_{frame}}{t_{frame} + t_{prop}} = \frac{1}{1+a}$$

Sunt posibile două situații:

a) $a > 1$, cadrul mai scurt decât inelul

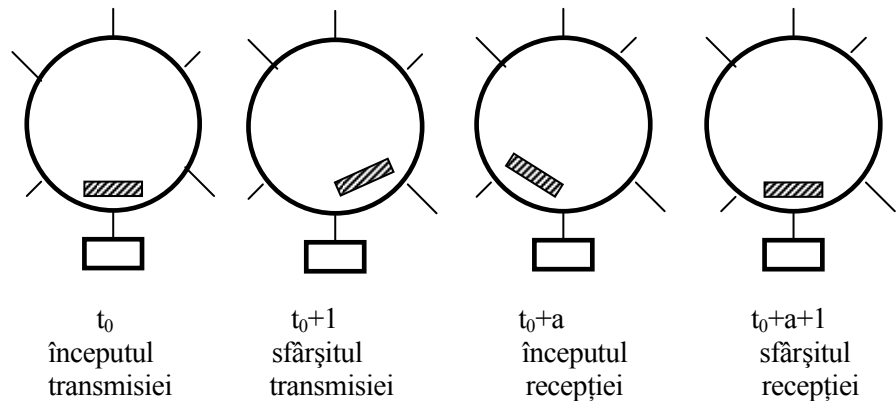


Fig.3.10. Eficiența LAN-urilor cu token, $a > 1$

Stația începe să transmită la momentul t_0 , termină transmisia la momentul t_0+1 , recepționează începutul cadrului la momentul t_0+a , moment din care stația poate genera tokenul. Tokenul mai are nevoie de un timp egal cu $1/N$ să ajungă la stația următoare. Deci de fapt durata unui ciclu este $a+a/N$:

$$\Rightarrow U = \frac{1}{a + a/N}$$

b) $a < 1$, cadrul mai lung decât inelul

Când începe recepția, t_0+a , stația e liberă să transmită tokenul, dar trebuie să termine de transmis datele și deci abia la t_0+1 poate transmite tokenul, care mai are nevoie de a/N să ajungă la proxima stație:

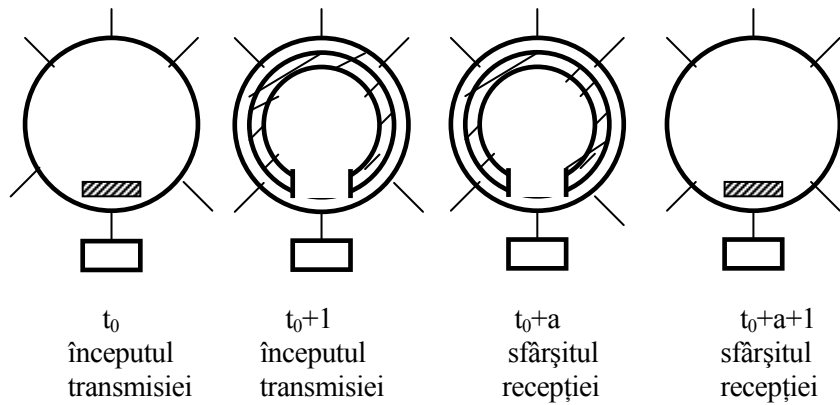


Fig.3.11. Eficiența LAN-urilor cu token, $a < 1$

$$\Rightarrow U = \frac{1}{1 + a / N}$$

$$\Rightarrow U_{token} = \begin{cases} \frac{1}{a + a / N}, & a > 1 \\ \frac{1}{1 + a / N}, & a < 1 \end{cases}$$

$$\xrightarrow{N \rightarrow \infty} U = \begin{cases} \frac{1}{a}, & a > 1 \\ 1, & a < 1 \end{cases}$$

3.6. LAN-uri de tip DQDB IEEE 802.6

LAN-ul de tip 802.6 DQDB (Distributed Queue Dual Bus) reprezintă standardul de rețea locală pe fibră optică, având două magistrale pentru transferul informației. Avantajul tehnicii constă în faptul că este complet distribuită și nu sunt constrângeri de lungime a magistralelor. Debitul tipic este de 150 Mbps, dar poate varia în funcție de capacitatea mediului. La un capăt al fiecărei magistrale se află un generator de sloturi, iar la celălalt capăt un terminator. De fapt cele două magistrale A și B sunt bidirecționale, dar în cele ce urmează le considerăm unidirecționale. O stație va folosi pentru transmisia datelor acea magistrală pe care destinația se află în aval de ea și pe cealaltă magistrală transmite cererile de rezervare. Cadrul are 125μs, dar numărul sloturilor din cadru depinde de capacitatea fibrei.

Modulul 3
Rețele locale

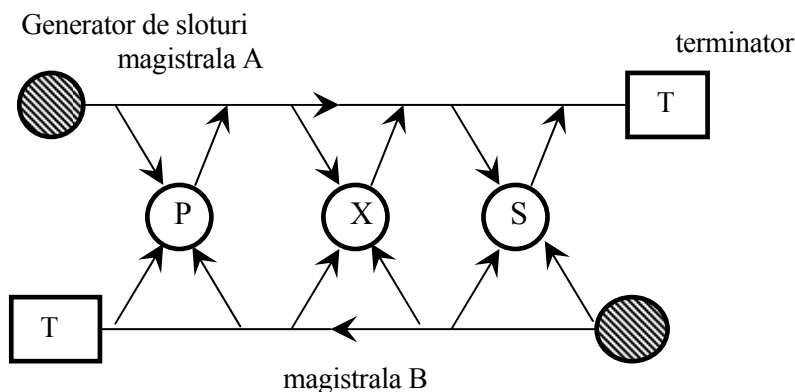
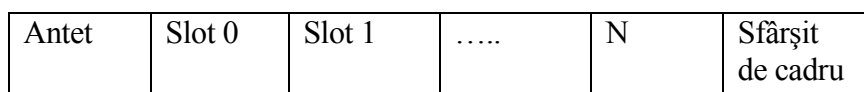


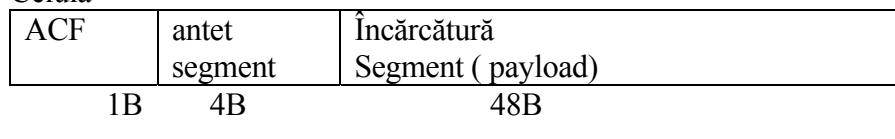
Fig.3.12. LAN de tip DQDB



125μs = cadrul

Fig.3.13. Cadrul DQDB

Celula



53 B= celulă<=>cadru ATM

Fig.3.14. Celula DQDB/ATM

ATM – Asynchronous Transfer Mode

Generatorul de sloturi trimite celule vide. Considerăm că magistrala A este pentru date, iar magistrala B este pentru cereri. Pentru ca o stație X să poată transmite, adică să-și încarce datele într-o celulă liberă, trebuie ca pachetul său să fie primul în coada de așteptare din stația X. Fiecare stație ține evidența cererilor și a informațiilor de transmis, printr-o coadă de tip FIFO (First-In First-Out) primul sosit primul servit. Dacă în coadă, pe primul loc se află, un cadru de informații al stației X, atunci acesta va fi transmis în primul slot liber sosit pe magistrala A. Dacă pe primul loc se află o cerere a altei stații, slotul e lăsat să treacă și cererea e extrasă din coadă. Slotul va fi folosit de o stație în aval de X, care l-a solicitat prin cererea sa.

Fiecărei stații i se permite introducerea unui singur cadru sau cerere la un moment dat, în coadă, restul se păstrează într-o coadă suplimentară. Când un cadru de informație intră în coadă, se emite o cerere (un bit) pe magistrala B. Mecanismul folosește 2 contoare: RQ (Request Counter) numărătorul de cereri, incrementat la apariția unei cereri pe B și decrementat la apariția unui slot liber pe A, și CD (Count

Down Counter), numărătorul decremental. CD e folosit doar când stația vrea să transmită. Se transferă RQ în CD și RQ devine 0. Apoi CD e decrementat de fiecare dată când un slot liber trece pe A. Când CD=0, stația X poate folosi primul slot liber care trece pe A. Sunt avantajate stațiile mai apropiate de GS și stațiile care se conectează primele. Aceste dezavantaje pot fi corectate, introducând o probabilitate $p < 1$ de folosire a slotului liber, când stației îi revine rândul.

DQDB a folosit pentru crearea standardului 802.6 pentru LAN-uri pe fibră optică, dar standardul de facto (de piață) este Ethernet-ul de mare viteză și FDDI.

3.7. LAN-uri Wireless de tip IEEE 802.11

Se folosesc împreună cu LAN-urile cablate, dar permit acoperirea locurilor greu de cablat, mobilitatea, reamplasarea și crearea de rețele ad-hoc.

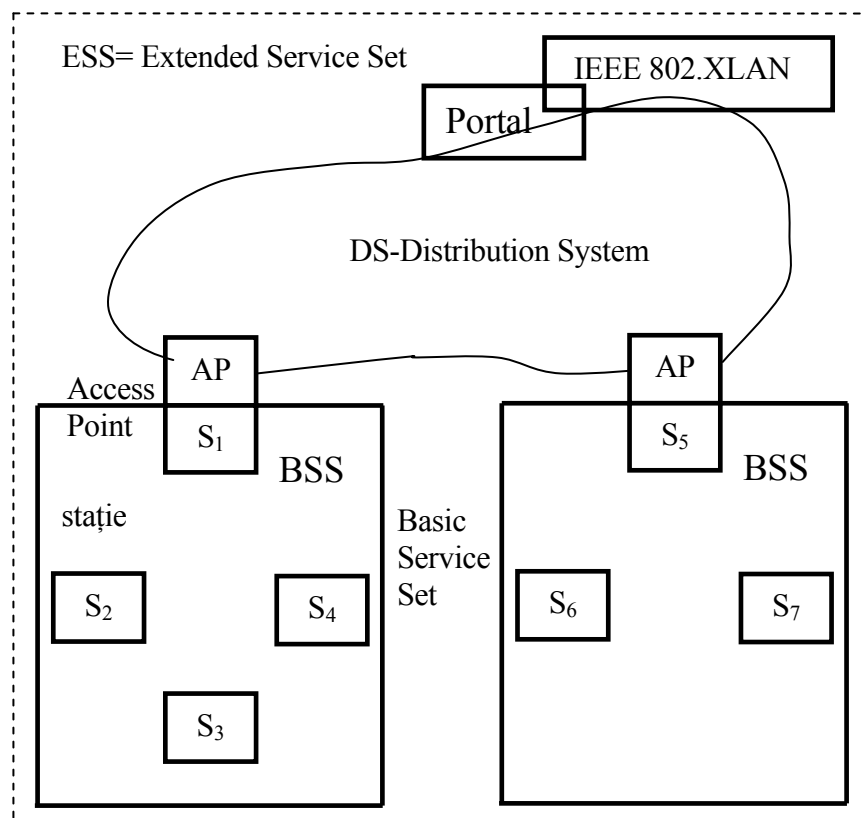


Fig.3.15. Topologia WLAN-urilor

Rețeaua ad-hoc este o rețea de tip pereche-la-pereche, fără server centralizat, stabilită temporar pentru un scop imediat. De exemplu, un grup de angajați, cu laptop-uri sau palmtop-uri participă la o ședință, într-o încăpăre, își leagă temporar calculatoarele în această rețea ad-hoc, doar pe durata ședinței.

Arhitectura 802.11: BSS (Basic Service Set) este cel mai mic bloc al WLAN-ului și conține câteva stații cu același protocol MAC,

partajând același mediu. BSS poate fi izolat sau se poate conecta la un sistem de distribuție DS backbone, într-un punct de acces AP. Punctul de acces funcționează ca o punte. BSS este echivalent cu celula din sistemele de telefonie mobilă. DS poate fi un comutator, rețea cablată sau WLAN. Protocolul MAC poate fi total distribuit sau controlat de o funcție de coordonare localizată în punctul de acces. Asocierea dintre stații și BSS este dinamică, iar BSS-urile se pot suprapune geografic, ca o stație să aparțină la mai mult de un BSS. Stația se poate activa, dezactiva, intra sau ieși din celulă

Condițiile impuse WLAN-urilor sunt similare cu ale altor LAN-uri: capacitate mare, posibilitatea acoperirii distanțelor scurte, conectivitate totală între stațiile atașate, difuzarea. Suplimentar, WLAN-urilor li se mai cere să asigure maximizarea capacității, să accepte sute de noduri de-a lungul mai multor celule, să se poată conecta la LAN-uri backbone, consumul de putere redus de la baterie, robustețea și securitatea transmisiei la interferențe și captări nedorite, operarea învecinată cu alte LAN-uri, operarea fără licențe de frecvențe, protocolul MAC trebuie să permită circulația între celule (handoff/roaming), să permită adăugarea, ștergerea și relocarea sistemelor terminale dinamic, fără întreruperea celorlalți utilizatori

Serviciile 802.11

- asocierea: stabilirea inițială a asocierii între S-AP (stație-punct de acces). Identitatea și adresa stației se transmit AP-ului celulei, sau se pot transmite altor AP-uri pentru dirijarea și livrarea cadrelor de la/ la stație,
- reasocierea: transferul asocierii de la un AP la un alt AP când stația e în mișcare,
- dez-asocierea: notificarea de la S sau AP, despre terminarea unei asocieri, când o stație părăsește celula sau dezactivează MAC are facilități de protecție la stațiile care dispar fără notificare,
- autentificarea: stabilirea reciprocă a identității stațiilor. Nu e vreun standard, poate fi o comunicare reciprocă nesigură (handshake) până la scheme de criptare cu chei publice,
- secretizarea: evitarea citirii conținutului pachetelor de către persoane neautorizate. Standardul prevede folosirea opțională a criptării.

Protocolul MAC IEEE 802.11. Zgomotul, interfețele și alte distorsiuni de propagare duc la pierderea cadrelor. 802.11 include un protocol pentru schimbul de cadre. Când o stație recepționează un cadru, returnează o confirmare ACK. Perechea (cadru+ACK) este tratată ca un tot unitar, care nu poate fi întrerupt de transmisia oricărei alte stații. Dacă sursa nu recepționează ACK-ul în timpul prescris (cadrul sau ACK-ul au fost eronate la transmisie) sursa retransmite cadrul. Mecanismul

Modulul 3

Rețele locale

de bază la transferul 802.11 prevede schimbarea a 2 cadre, dar pentru siguranță se schimbă 4 cadre.

Controlul accesului prevede:

- accesul distribuit, asemănător Ethernet-ului, la care se distribuie decizia de acces tuturor nodurilor folosind mecanismul de detecție a purtătoarei. Se folosește la rețele ad-hoc și WLAN cu trafic în rafale. Este asigurat de subnivelul **DCF** (Distributed Coordination Function) al MAC, pentru traficul asincron obișnuit.
- accesul centralizat, la care deciziile de reglare a accesului se iau centralizat. Este util la WLAN-urile la care stațiile de bază se interconectează cu LAN-uri cablate backbone și există date sensibile la întârzieri sau cu priorități mari. Este asigurat de subnivelul **PCF** (Point Coordination Function) care asigură serviciul fără coliziuni, la intrarea la emisie a stațiilor în ordine.

Opțiunea în **infraroșu** nu a avut succes comercial. Produsele originale 802.11 au avut o utilitate limitată din cauza debitelor reduse ale datelor. Ulterior, au rezultat diverse variante.

802.11.a lucrează în banda 5 GHz, nu folosește SS ci OFDM, numită și modulație multipurtătoare, cu până la 52 de purtătoare de frecvențe diferite, fiecare purtătoare fiind modulată cu o parte din biți.

802.11.b este o extensie a lui 802.11 DSSS, cu viteza datelor 5,5 și 11 Mbps, folosește modulații mult mai complexe. A fost realizată toată gama de produse (cipset, PC card, acces point, systems). O problemă la 802.11.b este interferența cu alte sisteme care operează în banda 2,4 GHz: Bluetooth, Home RF, etc, dispozitive care operează în aceeași porțiune a spectrului (inclusiv monitoare de copii, comenzi de uși de garaje). În plus, debitul redus le-a scăzut interesul.

802.11.g combină, ca tehnici de codare, variantele 802.11.a și 802.11.b.

Modulul 3
Rețele locale

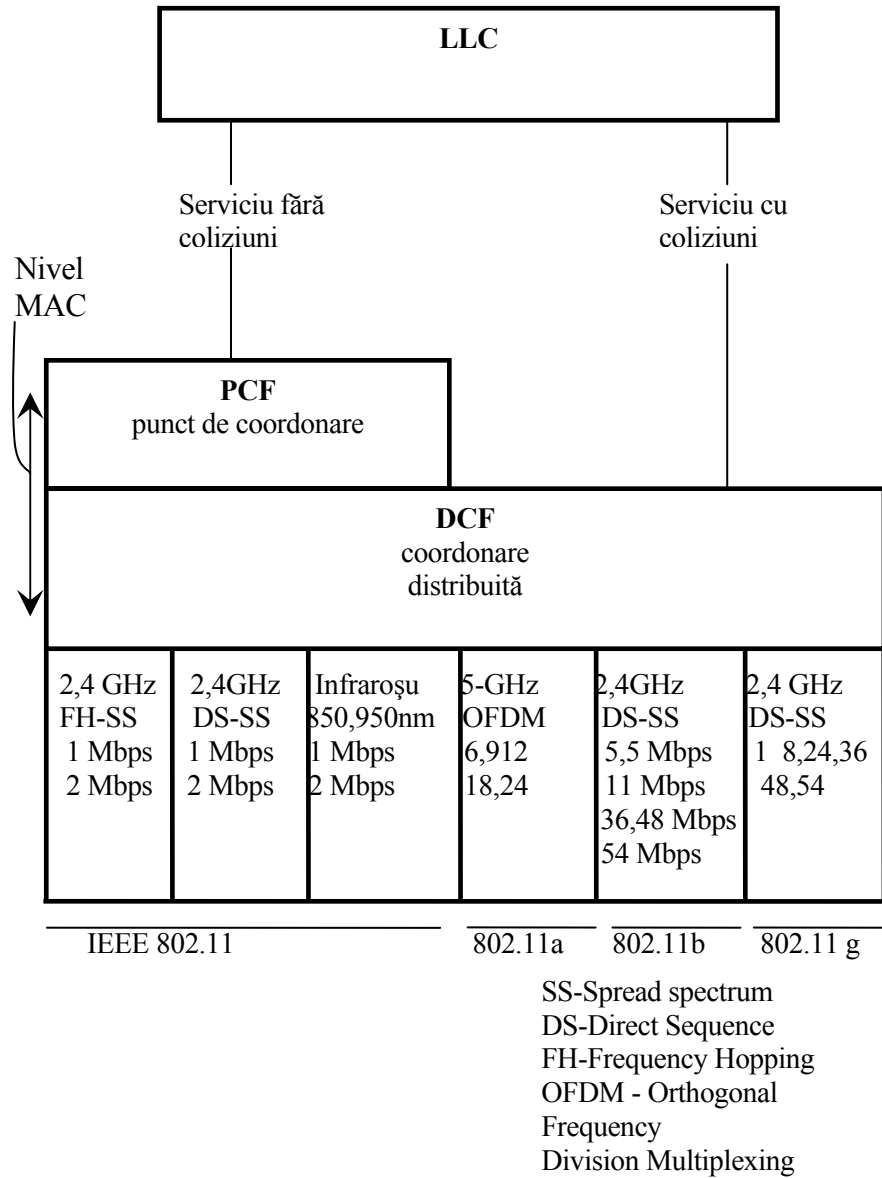
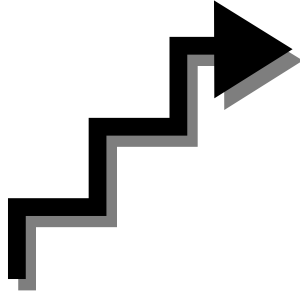


Fig.3.16. Arhitectura WLAN-urilor



REZUMAT

Subnivelul LLC al nivelului 2, legătură de date oferă servicii fiabile/nefiabile, orientate/neorientate pe conexiune.

Subnivelul MAC diferențiază tipurile de LAN-uri, după tehnica de acces la mediul fizic. Există incompatibilități importante între diversele LAN-uri, cu excepția adresării și CRC-ului. Eficiența LAN-urilor 802.3 este foarte bună la sarcină mică, iar la 802.4 și 802.5 eficiența este foarte bună la sarcină mare.

DQDB este standardul de LAN pe fibră optică, cu avantajul că accesul la mediu este complet distribuit, fără o componentă centralizată de tip monitor. Nu s-au impus pe piață.

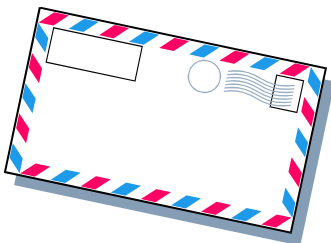
Ca LAN-uri de viteză mare s-au impus Ethernet-ul pe fibră optică și FDDI pentru rețelele de tranzit.

WLAN-urile permit conectarea utilizatorilor mobili, dar debitele sunt mai reduse decât ale LAN-urilor cablate.



ÎNTREBĂRI

1. Cum diferă serviciile LLC 1, LLC 2 și LLC3 ?
2. Cum diferă accesul la mediu la LAN-ul 802.3 și 802.4 ?
3. Cum se comportă la încărcare mare LAN-urile 802.3 și 802.5 ?
4. Care dintre LAN-uri poate răspunde în timp real ?
5. De ce se dublează eficiența la accesul Aloha cu divizare?
6. Cum diferă accesul la mediu la LAN-ul 802.3 și 802.5 ?
7. Cum se comportă la încărcare mare LAN-ul 802.3 și 802.5 ?
8. Cum se comportă la încărcare mare LAN-ul și 802.5 ?
9. Care dintre LAN-uri poate răspunde în timp real ?
10. Ce tip de LAN se folosește în rețelele backbone?
11. Ce înseamnă trafic de timp real ?
12. Ce înseamnă trafic de tip best-effort ?



TEMĂ

- Comparați tehnicile de acces la mediu
- Definiți accesul aleator fără și cu divizarea timpului mediului
- Definiți accesului pe bază de permis
- Stabiliți dacă și în ce măsură se pot interconecta LAN-urile de tip (802.3, 802.4), (802.3, 802.5), (802.4, 802.5)?
- Unde se folosesc LAN-urile 802.3, 802.4, 802.5?

Modulul 3
Rețele locale

Modulul 3
Rețele locale