



UNIVERSITATEA TEHNICĂ CLUJ-NAPOCA

DEPARTAMENTUL ELECTROTEHNICĂ ȘI MĂSURĂRI

Cursul 5 INTRODUCERE ÎN TEHNOLOGIILE WAN, LAN ȘI PROTOCOLUL SDLC

Introducere curs	În acest curs sunt prezentate: • Tehnologiile WAN și LAN; • Protocolul SDLC.
Obiective curs	• Introducere în tehnologiile WAN. • Legături punct-la-punct (Point-to-Point). • Tehnologii cu comutare de circuite. • Tehnologii cu schimb de pachete. • Circuite virtuale WAN. • Servicii de apelare WAN (Dialup Services). • Dispozitive specifice WAN. • Componente WAN. • Server de acces. • Modemul. • CSU/DSU. • ISDN Terminal Adapter. • Introducere în tehnologiile LAN (Protocoale LAN). • Protocoale LAN și modelul de referință OSI. • Metode de acces la mediul de transmisie. • LAN - Metode de transmisie. • Arhitecturi specifice rețelelor locale de calculatoare (LAN). • Dispozitive specifice rețelelor locale. • Segmentarea unei rețele locale. • Protocolul SDLC și variantele sale; generalități. • Arhitecturi specifice protocolului SDLC. • Formatul cadrelor SDLC. • Protocoale derivate. • HDLC (High-Level Data Link Control). • LAPB (Link-Access Procedure, Balanced). • LLC IEEE 802.2 (Logical Link Control). • QLLC (Qualified Logical-Link Control).
Durată medie de studiu individual	Durata medie de studiu individual: 100 minute. Acest interval de timp presupune parcurgerea conținutului cursului și rezolvarea testelor de autoevaluare

Cuprins:

5.1. Introducere în tehnologiile WAN.....	2
5.1.1. Definiția unei rețele WAN.	2
5.1.2. Tehnologii WAN.	2
5.1.3. Dispozitive WAN.	5
5.1.4. Protocoale specifice tehnologiilor WAN.....	6
5.2. Introducere în tehnologiile LAN (protocoale).	7
5.2.1. Definiția unei rețele locale (LAN).....	7
5.2.2. Tehnologii specifice.....	7
5.2.3. Protocoale LAN și modelul de referință OSI.....	7
5.2.4. Metode de acces la mediul de transmisie.....	8
5.2.5. LAN - Metode de transmisie.....	9
5.2.6. Arhitecturi specifice rețelelor locale de calculatoare (LAN).	10
5.2.7. Dispozitive specifice rețelelor locale.....	12
5.3. Protocoale din familia SDLC (Synchronous Data Link Control).	13
5.3.1. Noțiuni generale și definiție.	13
5.3.2. Arhitecturi specifice protocolului SDLC.....	13
5.3.3. Formatul cadrelor SDLC.....	14
5.3.4. Protocoale derivate.	15
TESTE DE AUTOEVALUARE	19
RĂSPUNSURI	20
Bibliografie.....	20

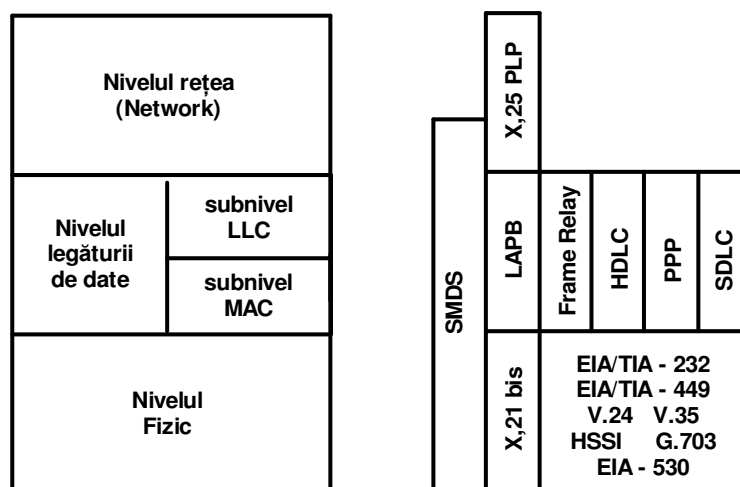
5.1. Introducere în tehnologiile WAN.**5.1.1. Definiția unei rețele WAN.**

WAN (*Wide Area Network* - rețea cu arie de extindere mare) este o rețea de comunicații de date care poate să acopere un spațiu geografic întins și care utilizează soluții obișnuite de transmisie, cum este de exemplu rețeaua de telefonie fixă [1, 2].

5.1.2. Tehnologii WAN.

În acest paragraf se prezintă, pe scurt, câteva tehnologii și protocoale utilizate în rețelele cu arie de întindere mare. Între acestea se află legăturile punct-la-punct, serviciile de transfer ale datelor prin apelare telefonică (*dial-up* - cu comutare de circuite) și schimbul de pachete prin circuite virtuale, împreună cu dispozitivele lor specifice.

Tehnologiile **WAN** ocupă primele trei nivele ale modelului de referință OSI, fizic, legătură de date și rețea, așa cum se poate vedea în **figura 5.1** [2].



Modelul OSI -- Specificațiile WAN

Fig. 5.1. Poziționarea tehnologiilor WAN în raport cu modelul OSI.

Legăturile punct-la-punct (Point-to-Point).

O legătură punct-la-punct asigură, între sediul clientului și rețeaua de la distanță, o cale prestabilită de comunicare printr-o rețea de transfer. Acest tip de conexiune folosește, de cele mai multe ori, linii închiriate formate dintr-o pereche de fire răsucite legate direct între cele două locații (nu se folosesc circuite de comutare, cum sunt centralele telefonice). Avantajul acestei soluții este că legătura între cele două puncte este permanentă și nu necesită faze de inițiere a legăturii.

Dezavantajul este dat de eficiența uneori mică a utilizării mediului de transmisie, transferul datelor făcându-se periodic și nu întotdeauna la capacitatea legăturii. Din această cauză, soluțiile care utilizează circuite comutate, sau schimb de pachete prin circuite permanente, pot să fie mai rentabile din punctul de vedere al costurilor. În **figura 5.2** este prezentată o legătură punct-la-punct, de-a lungul unei rețele cu arie mare de acoperire (WAN).



Fig. 5.2. Legătură punct-la-punct tipică.

Tehnologii cu comutare de circuite.

Circuitele comutate permit conexiuni care pot fi inițiate înaintea transmisiei de date și întrerupte când aceasta s-a încheiat, la fel ca și în cazul unei comunicații telefonice, de voce. Un exemplu reprezentativ de sistem, cu comutare de circuite, este **ISDN** (*Integrated Services Digital Network* - rețea de servicii digitale integrate).

Când un echipament are de transmis date, către o destinație aflată la distanță, va iniția o legătură prin apelarea unui număr de telefon, aflat la celălalt capăt al circuitului. După conectare și autentificare, poate avea loc transferul de date, iar după încheierea acestuia, circuitul telefonic poate fi întrerupt, așa cum se poate vedea în **figura 5.3** [2].

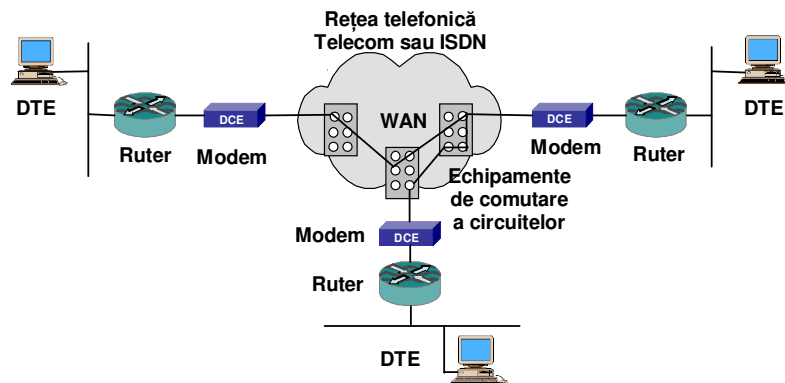


Fig. 5.3. Circuit WAN comutat, inițiat de-a lungul unei rețele telefonice.

Tehnologii cu schimb de pachete.

Schimbul de pachete este folosit de tehnologiile WAN care, pentru creșterea eficienței utilizării infrastructurii, exploatează în comun părți din rețeaua de transmisie. Costurile relative de transmisie sunt mai mici decât în cazul legăturilor punct la punct. Clienții sunt conectați permanent la echipamentele firmei, care transportă pachetele de date, acestea asigurând, între sursă și destinație, așa numitele "circuite virtuale".

Partea din rețea care este folosită în comun, de mai mulți clienți, se regăsește sub numele de "nor" (*cloud*). Exemplele cele mai sugestive, de astfel de sisteme cu schimb de pachete, sunt **Frame Relay** și **X.25**.

În figura 5.4 se poate vedea un exemplu de circuit cu schimb de pachete.

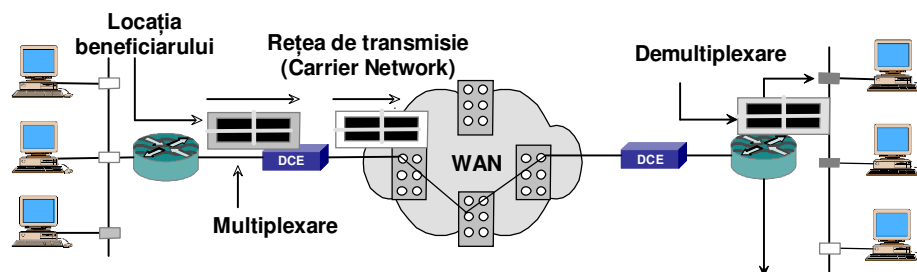


Fig. 5.4. Transferul datelor de-a lungul unui sistem cu schimb de pachete.

Circuite Virtuale WAN

Un circuit virtual este un circuit logic creat, de-a lungul unei resurse comune de rețea, între două dispozitive aflate la distanță mare. Sunt definite două tipuri de circuite virtuale: comutate **SVC** (*Switched Virtual Circuits*) și permanente **PVC** (*Permanent Virtual Circuits*) [2, 6].

Circuitele virtuale comutate sunt acelea care se inițiază la cerere și se închid atunci când transferul datelor încetează. Comunicația de-a lungul unui circuit virtual comutat presupune trei faze: inițierea, transferul de date și închiderea circuitului virtual.

Circuitele virtuale comutate (SVC) se folosesc atunci când transferul de date are loc cu întreruperi îndelungate. Cu toate că este nevoie de faze de inițiere și închidere, soluția circuitelor virtuale comutate (nepermanente) poate să fie mai puțin costisitoare decât a celor permanente.

Circuitele virtuale permanente (PVC) sunt conexiuni logice stabilite permanent utilizate în cazul transmisiilor cu flux constant de date și sunt mai costisitoare decât în cazul anterior. Circuitul virtual este inițiat de către furnizorul de serviciu, la cererea unui client.

Servicii WAN apelate telefonic (*Dial-up*).

Serviciile WAN apelate telefonic reprezintă o soluție mai puțin costisitoare care se utilizează, de obicei, în două situații: rutare la cerere (*Dial-on-Demand Routing*) și legături de rezervă (*Dial Backup*).

DDR este o tehnică prin care un ruter poate iniția dinamic, prin apel telefonic, o legătură prin care să transmită date spre o anumită destinație. După inițierea legăturii și transferarea datelor, circuitul telefonic se poate întrerupe, după o perioadă de timp stabilită anterior.

Legăturile de rezervă (*Dial Backup*) sunt similare cu cele la cerere (**DDR**), cu diferența că ele se inițiază în cazul în care o legătură primară de rețea (de obicei de alt tip decât punct-la-punct) s-a întrerupt și tronsonul de rețea a fost izolat. Legătura de rezervă se întrerupe imediat după ce a fost remediată defecțiunea legăturii primare.

5.1.3. Dispozitive WAN.

În tehnologiile **WAN** se utilizează o gamă largă de dispozitive specifice. Între acestea cele mai cunoscute sunt dispozitivele de comutare (*WAN Switches*), serverele de acces, modemurile (CSU/DSU) și adaptoarele pentru terminale **ISDN**. În afară de acestea, se mai pot întâlni și rutere, circuite de comutare **ATM** și multiplexoare.

Dispozitivul de comutare, sau schimb de pachete (WAN Switch).

Un dispozitiv de comutare, cu mai multe porturi, operează la nivelul legătură al modelului de referință OSI și este folosit pentru conectare în rețelele de transfer (*Frame Relay*, *X.25*).

În **figura 5.5** se poate vedea un exemplu de conectare a unor rutere, la un circuit **WAN**, utilizând echipamente de comutare [2].

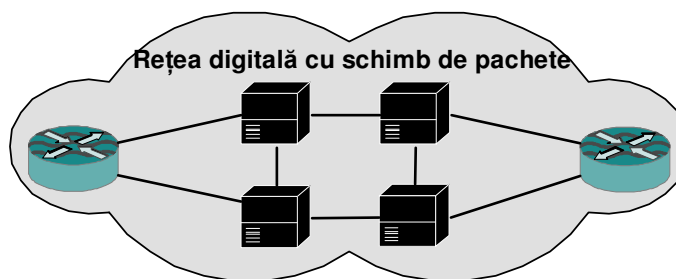


Fig. 5.5. Conectarea unor rutere la un circuit WAN, prin echipamente de comunicație cu schimb de pachete.

Serverul de acces.

Un server de acces este un echipament cu rol de „punct de concentrare a conexiunilor”, de intrare (*dial in*) sau de ieșire (*dial out*), care asigură transferul datelor prin apel telefonic. Un exemplu de utilizare, a unui astfel de echipament, se poate vedea în **figura 5.6**.

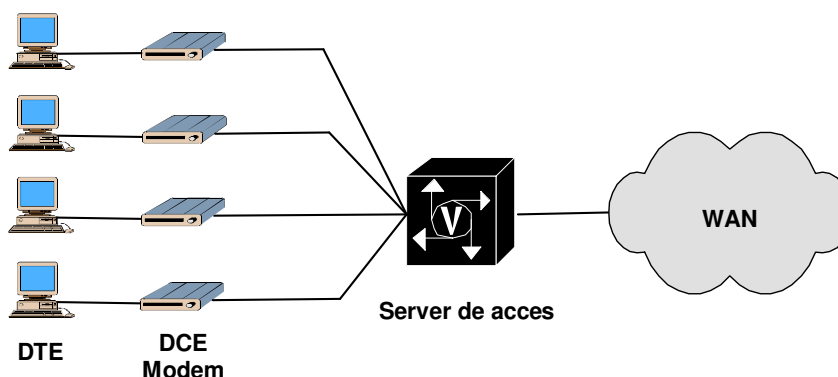


Fig. 5.6. Modul în care un server de acces concentrează conexiunile prin apel telefonic.

Modemul

Modemul este un dispozitiv care permite transmiterea datelor, prin linii telefonice (de voce) sub formă de semnale analogice, sau digitale. La nodul sursă, datele sunt convertite în semnale electrice (analogice), capabile de a fi transmise prin circuitele de comunicație. La recepție, aceste semnale suferă un proces invers de conversie, care le aduce la forma inițială (de date numerice). În **figura 5.7.** se poate vedea un circuit format din două echipamente terminale, conectate la WAN prin intermediul modemurilor.

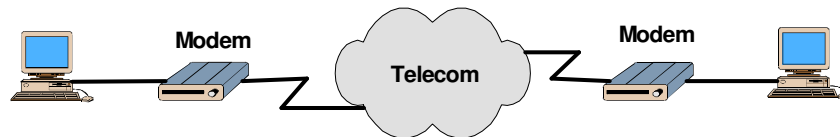


Fig. 5.7. Conexiune la WAN prin modemuri.

CSU/DSU

CSU/DSU (*Channel Service Unit/Digital Service Unit*) este o interfață digitală folosită pentru conectarea, unui echipament terminal, la un circuit de transmisie digitală a semnalelor (de exemplu **T1**) așa cum se poate vedea în **figura 5.8.**

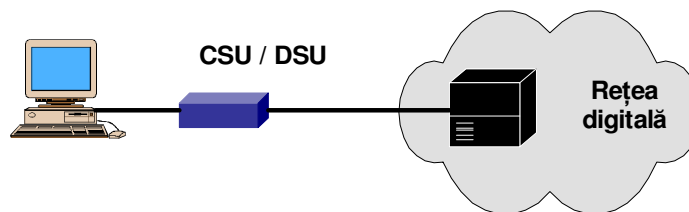


Fig. 5.8. Poziționarea unui dispozitiv CSU/DSU.

Adaptorul ISDN.

Un adaptor de terminal ISDN este un dispozitiv utilizat la conectarea interfeței ISDN la o altă interfață (de exemplu EIA/TIA-232), a unui calculator sau ruter. Adaptorul de terminal este de fapt un modem ISDN, cu diferența că acesta nu transformă informația digitală în una analogică (și invers), ci o transformă într-un format specific tehnologiei ISDN (**figura 5.9**).

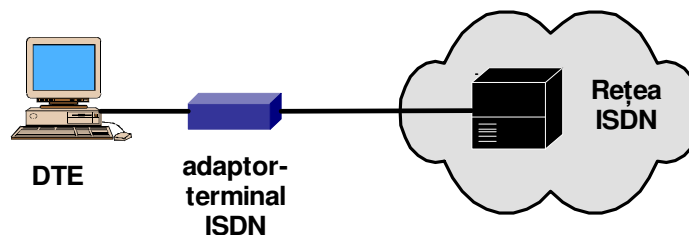


Fig. 5.9. Conectarea unui echipament terminal la ISDN printr-un adaptor de terminal.

5.1.4. Protocoale specifice tehnologiilor WAN.

Pentru a face posibilă funcționarea tehnologiilor, de interconectare a rețelelor cu arie extinsă, este nevoie de protocoale concepute special pentru aceasta. Specificul acestor tehnologii este marea varietate de soluții utilizate pentru transmisia semnalelor purtătoare de informații, în general medii conductoare electrice (perechi de fire răsucite), sau electromagnetice (fibra optică și modemuri radio). Pentru acestea s-au dezvoltat câteva familii de tehnologii, între care cele mai importante

sunt: **SONET** (*Synchronous Optical Network*), **ATM** (*Asynchronous Transfer Mode*), **X.25**, sau **Frame Relay**. Aceste tehnologii utilizează, pentru încapsularea datelor și controlul transmisiei. Protocoale de transfer serial al datelor, între care cele mai importante sunt cele din „familia” **SDLC** (*Synchronous Data Link Control*) și **PPP** (*Point to Point Protocol*), prezentate în continuare.

5.2. Introducere în tehnologiile LAN (protocoale).

5.2.1. Definiția unei rețele locale (LAN).

O rețea locală **LAN** (*Local Area Network* - rețea locală de calculatoare) este o colecție de echipamente de date (stații de lucru, servere imprimante etc.) conectate între ele prin sisteme de comunicație de viteză mare și care acoperă o arie geografică restrânsă. Se pot întâlni astfel de rețele în departamente, sau servicii, care trebuie să schimbe date între diferiți operatori. De obicei o astfel de rețea nu acoperă un spațiu mai mare de un etaj sau o clădire [1, 3].

5.2.2. Tehnologii specifice.

În acest paragraf se prezintă, pe scurt, diferite metode de transmisie, arhitecturi și dispozitive specifice tehnologiilor care stau la baza rețelelor locale **LAN** (*Local Area Networks*), între care cele mai des întâlnite sunt **Ethernet / IEEE-802.3**, **Token Ring / IEEE-802.5** și **FDDI** (*Fiber Distributed Data Interface* - interfețe de date distribuite pentru fibra optică). În **figura 5.10** se prezintă o imagine de ansamblu a protocoalelor care le definesc [3].

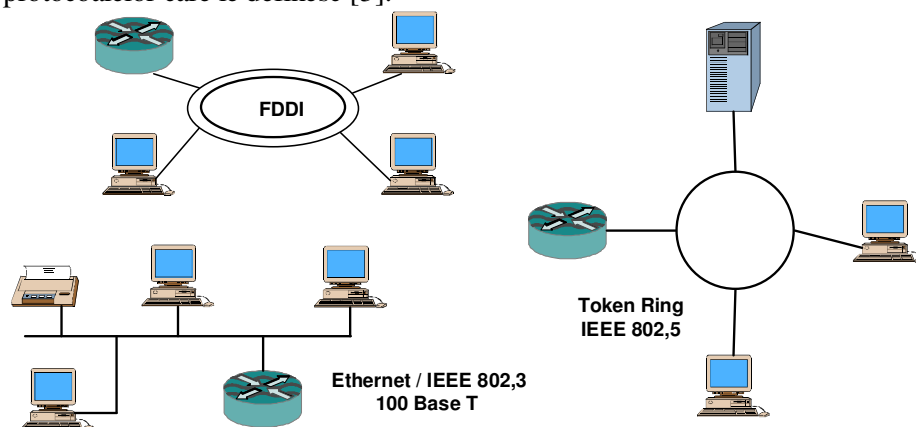
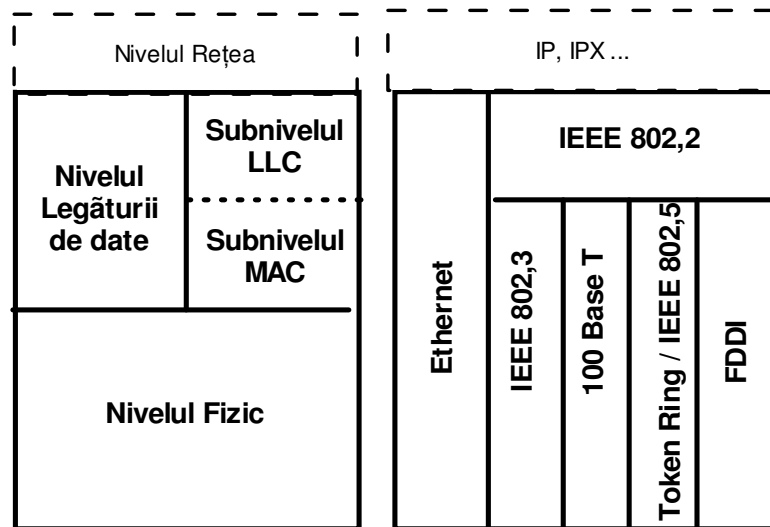


Fig. 5.10. Cele trei tipuri de tehnologii întâlnite mai des în construcția rețelelor locale (LAN).

5.2.3. Protocoale LAN și modelul de referință OSI.

Protocoalele care fac posibilă funcționarea rețelelor locale se găsesc în primele două nivele ale modelului de referință **OSI**, **1 Fizic** și **2 Legătură**, așa cum se poate vedea în **figura 5.11** [3].



Primele două nivele ale modelului OSI - Specificațiile LAN

Fig.5.11. Relația dintre protocoalele LAN cele mai des întâlnite și modelul de referință OSI.

5.2.4. Metode de acces la mediul de transmisie.

În rețelele locale, **mediile de transmisie** a datelor se folosesc, de obicei, **în comun** de către mai multe dispozitive. Problemele care apar sunt legate de imposibilitatea ca două sau mai multe dispozitive să transmită simultan date. În consecință, trebuie să se aplice o **metodă** care să permită **accesul la mediul de transmisie** numai **a unui singur echipament** o dată. Deși s-au dezvoltat și experimentat mai multe metode de acces, în prezent, doar două dintre acestea sunt mai des folosite: metoda **CSMA/CD** (*Carrier Sense Media Access/Collision Detection* - acces la mediu prin "ascultarea" purtătoare și detectarea coliziunii) și metoda pasării permisului (**Token Passing** - pasarea unui indicator de acces).

La rețelele care utilizează prima metodă (**CSMA/CD**), așa cum este tehnologia **Ethernet**, dispozitivele sunt într-o competiție continuă pentru a ocupa mediul de transmisie.

După pregătirea datelor primite de la protocoalele de la nivelul superior, dispozitivele de rețea ascultă mediul (linia) pentru a afla dacă acesta este folosit în acel moment de către alt dispozitiv. Dacă pe linie este liniște, adică nici un alt dispozitiv nu folosește linia în acel moment, se începe transmisia. După epuizarea întregului cadru, pregătit anterior, dispozitivul ascultă din nou mediul de transmisie pentru a afla dacă, între timp nu a apărut o coliziune generată de transmiterea simultană de date de către alt dispozitiv. În urma apariției unei coliziuni, dispozitivele care au generat-o vor aștepta o perioadă de timp, cu lungime aleasă aleator, înainte de a mai trimite date. În acest fel, probabilitatea ca aceleași dispozitive să genereze încă o coliziune scade foarte mult.

Pentru ca toate dispozitivele, dintr-o rețea locală, să fie informate de prezența coliziunii, primul dispozitiv care o detectează va transmite un semnal (jam signal) care va accentua fenomenul, astfel încât să facă imposibilă recepția. Rolul acestuia este de a împiedica accesul la mediu, pentru o anumită perioadă de timp, a acelor dispozitive care au pregătite date pentru a fi transmise.

Se observă de aici că această metodă este nedeterministă, timpul de transmisie a unui cadru de date fiind variabil și depinde de încărcarea rețelei. O rețea, care are un număr mai mare de dispozitive, va fi mai lentă din punctul de vedere al transferului decât una care are mai puține. Segmentul de rețea în care există șansa de apariție a coliziunii se numește domeniu de coliziune.

O rețea bazată pe pasarea unui indicator (token - indiciu, semn), care indică dispozitivul căruia îi vine rândul la transmiterea datelor, așa cum este **Token Ring** și **FDDI**, folosește un cadru de date special, transmis de la un dispozitiv la altul într-o anumită (aceeași) ordine.

Dispozitivul, care are pregătite date pentru transmitere, va trebui să aștepte primirea indicatorului (*token*) după care va începe transmisia. După ce aceasta s-a terminat, va elibera indicatorul, trimițându-l dispozitivului următor.

Avantajul principal al acestei metode este că se poate determina timpul în care se transmit datele, înainte chiar de se întâmpla acest lucru. Se spune că aceste tehnologii sunt deterministe. Aceasta face ca acest tip de rețele să fie prezente în sistemele care trebuie să funcționeze în timp real, sau acolo unde echipamentele trebuie să fie capabile să comunice la un interval bine precizat.

Conectarea echipamentelor într-o rețea se poate face direct, în cazul mediului de transmisie prin cablu coaxial, sau prin intermediul dispozitivelor repetitoare multiport (*Hub* - butuc). Aceste dispozitive permit conectarea unui număr mare de echipamente de rețea, ceea ce mărește domeniul de coliziune.

Dispozitivele de comutare (*Switch*) segmentează rețeaua în mai multe domenii de coliziune, reducând numărul dispozitivelor care folosesc același mediu fizic de transmisie. Rezultatul este reducerea transmisiei inutile de mesaje spre segmentele care nu conțin sursa sau destinația, scăderea numărului de coliziuni și creșterea, în consecință, a performanțelor de viteză.

Procesul de împărțire a unei rețele de către un dispozitiv *switch* se numește **microsegmentare**.

În general, o rețea bazată pe metoda **CSMA/CD** poate transmite date, în sensuri opuse, doar în faze diferite (succesive). Asta înseamnă că în timpul în care un dispozitiv transmite date, celelalte pot doar să le recepționeze. Acest mod de transmisie se numește **half-duplex**.

Odată cu segmentarea cu dispozitive de tip switch (numită în acest caz microsegmentare) a fost posibil modul de transmisie bidirecțional și simultan, numit **full-duplex**. Aceste dispozitive creează canale de comunicație doar între sursă și destinație, izolând mediul comun (distribuit), din afara acestor canale, de traficul inutil. Dacă sursele și destinațiile sunt diferite, se pot deschide atâtea canale câte perechi distincte, sursă-destinație, există la un moment dat. Astfel, într-un mediu cu capacitate de a transfera date cu o rată de **100 Mbps** se pot transmite **200 Mbps, câte 100 Mbps în ambele sensuri**, dacă transferul este simetric (trafic egal în ambele sensuri).

În general, conexiunile nu sunt simetrice, transferul datelor într-un sens poate fi semnificativ mai mare decât în celălalt și din această cauză câștigul de bandă, prin microsegmentare, nu este întotdeauna substanțial.

Și în rețelele cu acces la mediul de transmisie, bazate pe transfer al unui indicator, cum este **Token Ring**, se pot folosi dispozitive de comutare. Rolul acestora este asemănător cu cel de la metoda **CSMA/CD**.

În rețelele mari, transmiterea de-a lungul întregii rețele a indicatorului de acces poate duce la întârzieri semnificative ale accesului la mediu. Microsegmentarea, în aceste situații, duce la creșterea frecvenței de acces la indicator a dispozitivelor din rețea.

5.2.5. LAN - Metode de transmisie.

Metodele de transmisie a informației într-o rețea locală (**LAN**) se împart în trei mari categorii: **unicast**, **multicast** și **broadcast**. Asta înseamnă că o datagramă este trimisă unuia, sau mai multor noduri din rețea simultan, așa cum se poate vedea în continuare:

- În cazul transmisiei **unicast**, o **datagramă** este **transmisă** de către o sursă **unei singure destinații** din cadrul rețelei. Sursa va folosi adresa nodului destinație pentru a defini ținta la care trebuie să ajungă datagrama. Aceasta va fi trimisă apoi prin mediul de transmisie, iar dispozitivele de rețea o vor transmite nodului destinație (unic).

- În cazul transmisiei **multicast**, o singură **datagramă** este **copiată și transmisă** spre o anumită **listă de noduri** destinație. Nodul sursă va adresa datagrama prin utilizarea unei adrese specifice (multicast address). Datagrama astfel generată va fi transmisă apoi în rețea, care va face copii pentru fiecare nod din lista de adrese multicast.

- În cazul transmisiei **broadcast** se trimite o singură **datagramă** care se **transmite tuturor nodurilor din rețea**. În acest caz, nodul sursă va adresa datagrama cu o **adresă specială**, numită "**de broadcast**", pe care o vor accepta toate nodurile din rețea.

5.2.6. Arhitecturi specifice rețelelor locale de calculatoare (LAN).

Arhitectura unei rețele locale (*LAN Topology*) definește **modul** în care sunt **organizate dispozitivele** din rețea.

Pentru rețelele locale se consideră că există **patru modele** de bază, denumite după formă: **magistrală** (*Bus*), **cerc**, **stea** și **arbore**. Arhitectura unei rețele locale se analizează atât din punctul de vedere al nivelurilor **OSI 1** (fizic), **2** (legătură) și **3** (rețea), modelul de organizare poate să difere în funcție de acestea [1, 3].

Se consideră că se pot face două analize a unei arhitecturi: din punct de vedere **fizic** și **logic**. Astfel, o rețea **Ethernet** bazată pe **cablu coaxial** are o **arhitectură** de tip **magistrală**, atât din punct de vedere **logic** cât și **fizic**. Nodurile rețelei sunt conectate la un **mediu fizic rectiliniu** (Bus) și pot recepționa orice datagramă transmisă în acesta, așa cum se poate vedea în **figura 5.12,a**.

Pentru o rețea **Ethernet** conectată la un dispozitiv **repetor multiport** (hub), **arhitectura fizică** este în formă de **stea**, dar cea **logică** (de la nivelul legăturii de date – OSI 2) este de tip **magistrală**. Deși nodurile sunt conectate radial la acesta, folosesc în comun același mediu fizic (**figura 5.12,b**).

O rețea de tip **Token Ring** este organizată din punct de vedere **fizic** într-o **stea**, nodurile fiind conectate radial la un **switch**, dar din punct de vedere **logic** are o **arhitectură circulară**, **accesul la mediul** de comunicație făcându-se **ciclic** de la un nod la celălalt [4].

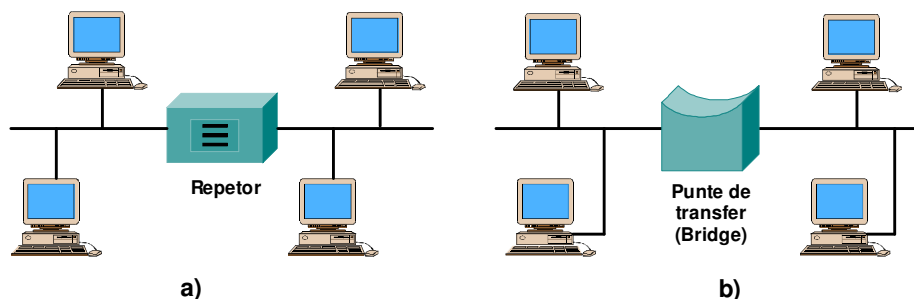


Fig.5.12. Arhitectură de tip magistrală (Bus) cu extindere prin repetor (a) sau prin punte (b).

În cazul arhitectura în formă de **stea**, nodurile sunt conectate la un **dispozitiv** (punct) **central** comun, care poate să fie un repetor multiport (*hub*), unul de comutare (*switch*), sau un server de fișiere cu interfață multiplă, așa cum se poate vedea în **figurile 5.13 și 5.14**.

Majoritatea rețelelor locale au, din punct de vedere fizic, o arhitectură de tip stea.

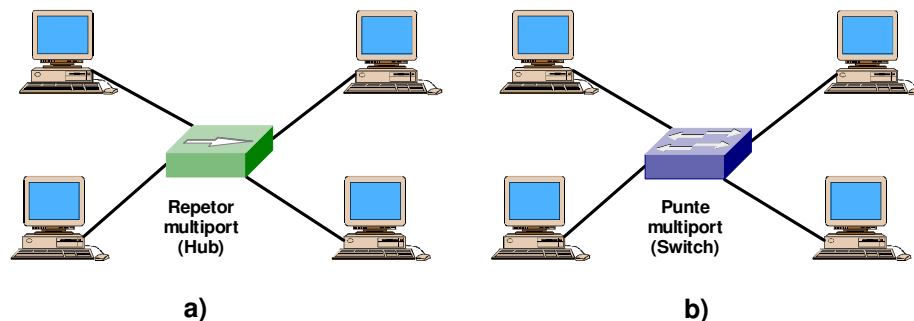


Fig.5.13. Model de arhitectură în formă de stea, cu conectare prin hub (a) și prin switch (b).

În **figura 5.14** se poate vedea modul de interconectare, prin intermediul unui echipament de tip *switch*, a unor echipamente terminale, aparținând unui grup de lucru.

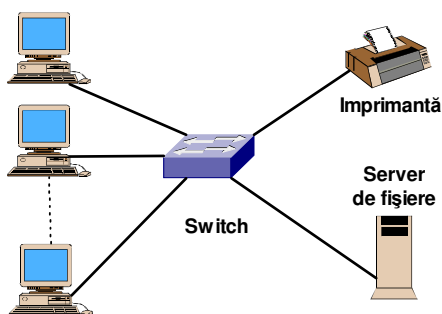


Fig.5.14. Grup de lucru, conectat prin switch.

Arhitectura cu model **inelar** (*Ring*) caracterizează un grup de dispozitive conectate între ele, unele după altele, prin legături de **transmisie unidirecționale** care formează un **cerc**, așa cum se poate vedea în **figura 5.15**. Exemple de rețele care au arhitectură circulară sunt **Token Ring** (IEEE 802.5) și **FDDI** (*Fiber Distributed Data Interface*).

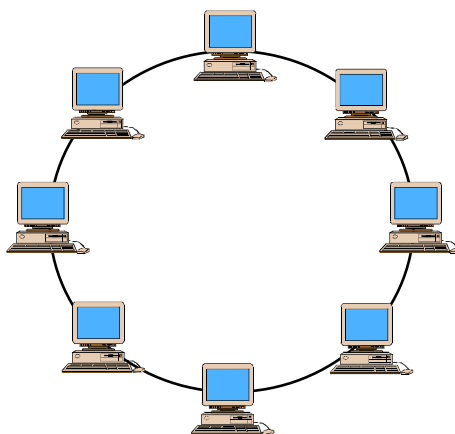


Fig.5.15. Model de arhitectură logică de tip inel.

Modelul arhitecturii de tip **arbore** este, din punct de vedere **logic**, identic cu cea de tip **magistrală**, cu excepția că sunt posibile **ramificații** ale mediului fizic de transmisie. La acest model de rețea, un echipament este conectat, într-o structură ramificată, la un echipament sau nod de circuit, permițând, la rândul său, conectarea altor echipamente, așa cum se poate vedea în **figura 5.16**. Acest tip de arhitectură este des întâlnit, în cazul rețelelor private, conectare la Internet și în cazul unor rețele industriale, de instrumentație.

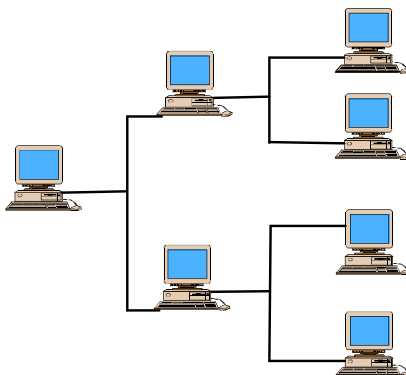


Fig.5.16. Model de arhitectură de tip arbore.

5.2.7. Dispozitive specifice rețelelor locale.

În rețelele locale, în afara echipamentelor terminale de date (**DTE**), se folosesc și diferite dispozitive de conectare, sau cu funcții de prelucrare a semnalelor. Între acestea cele mai importante sunt: repetoarele, repetoarele multiport (*Hub*), punțile, comutatoarele (LAN switch) și ruterele.

Repetorul este un dispozitiv specific nivelului **OSI 1** fizic, utilizat pentru **conectarea segmentelor** de rețea aflate la distanțe mai mari decât permite mediul fizic sau dispozitivele de conectare. Aceste dispozitive primesc semnalele electrice dinspre un segment de rețea, le amplifică și le transmit spre alt segment. Această operație se face pentru a reduce efectul degradării semnalului electric de-a lungul conductoarelor de legătură lungi, așa cum se poate vedea în **figura 5.12**.

Un **repetor multiport** (*Hub*) este un dispozitiv, specific nivelului **OSI 1** fizic, care **conectează mai multe noduri**, prin conductoare dedicate, într-o rețea în formă de stea. Acest dispozitiv prelucrează doar semnalele electrice, fără să țină seama de conținutul acestora. Semnalele electrice, primite de la un port, sunt amplificate și transmise simultan spre toate celelalte porturi.

Un dispozitiv de tip **punte** (*Bridge*) permite conectarea a două segmente de rețea, similare din punctul de vedere al tehnologiei folosite. Transferul datelor dintr-un segment în altul se face în funcție de adresa terminalului destinație, datele fiind transferate doar în segmentul de rețea din care face parte nodul destinație.

Dispozitivele de tip **punte multiport**, numite și *switch*, permit conectarea mai multor segmente de rețea, sau a mai multor noduri.

Interpretând adresa destinație, din câmpul de adresă al cadrelor de date, se pot **deschide circuite virtuale dedicate** doar între sursă și destinație, ceea ce permite eliminarea traficului inutil și **scăderea riscului** de apariție a **coliziunilor**.

Extensorul (*LAN Extender*) este un dispozitiv, aparținând mai multor nivele **OSI**, de obicei **2** și **3**, care permite accesul la, și de la, un alt echipament terminal de date aflat la distanță, așa cum se poate vedea în **figura 5.17**. Aceste echipamente permit interconectarea mai multor rețele locale, transferul datelor putându-se face prin filtrare, în funcție de adresele de nivel **OSI 2** și **3**. Extensoarele măresc riscul de apariție a coliziunilor, datorită faptului că transmite, înspre toate segmentele, mesajele cu adresă de broadcast.

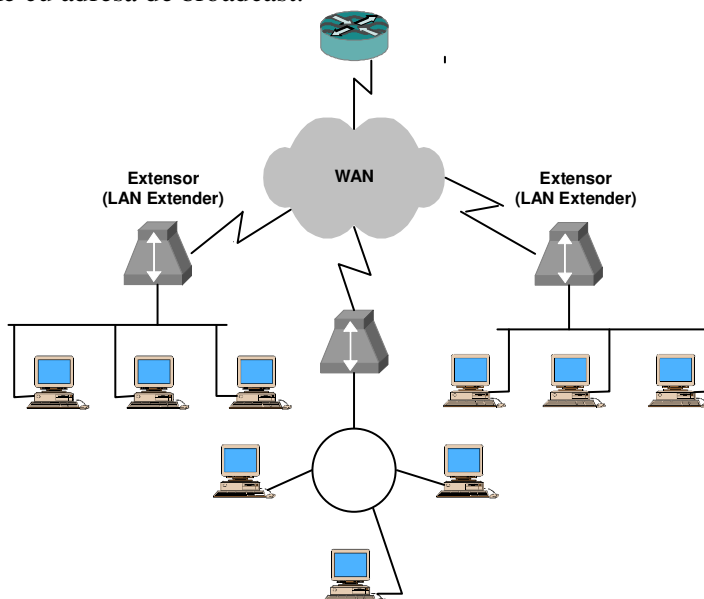


Fig. 5.17. Extinderea rețelelor locale cu ajutorul extensoarelor.

Ruterul este un dispozitiv care permite interconectarea mai **multor rețele locale**, sau **conectarea unei rețele locale** la alte **resurse** de rețea aflate la **distanță**. Transferul datelor între diferite segmente conectate la un ruter se face în funcție de **adresa de nivel OSI 3** rețea.

Segmentarea unei rețele locale.

Datorită neajunsurilor care apar odată cu creșterea numărului de noduri într-o rețea locală, în anumite situații este nevoie de împărțirea rețelei în grupuri mai mici. Acest procedeu se numește segmentare și se realizează cu ajutorul unor dispozitive de tip **switch** sau **ruter**.

5.3. Protocoale din familia SDLC (Synchronous Data Link Control).

5.3.1. Noțiuni generale și definiție.

IBM a dezvoltat și lansat pe piață, în anii '70 un protocol **sincron**, aparținând nivelului **OSI 2**, al legăturii de date, utilizat în rețelele **SNA** (*System Network Architecture*), numit **SDLC** (*Synchronous Data Link Control* - controlul sincron al legăturii de date). În acest paragraf se va prezenta acest protocol, împreună cu variantele sale mai des utilizate.

După dezvoltarea protocolului **SDLC** acesta a fost propus pentru **standardizare** diferitelor organizații specializate, **ISO** și **IEEE**. **ISO** (*International Organization for Standardization*) aduce modificări acestui protocol, obținând o **versiune evoluată** numită **HDLC** (*High-Level Data Link Control* - protocol de control al legăturii, de nivel înalt) [5].

ITU-T (*International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector, fost CCITT*) **modifică** ulterior **HDLC** pentru a crea **LAP** (*Link Access Procedure* - metodă de acces al nivelului legătură) și mai apoi **LAPB** (*Link Access Procedure, Balanced* - metodă echilibrată de acces al nivelului legătură).

IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) folosește **HDLC** ca **sursă** pentru dezvoltarea standardului **IEEE 802.2** folosit ca element de legătură între nivelul legăturii de date și cel de rețea. Cu toate acestea, **SDLC** a rămas pentru mult timp principalul protocol al nivelului legăturii de date, pentru legăturile WAN, înlocuit mai târziu cu **HDLC**.

5.3.2. Arhitecturi specifice protocolului SDLC.

SDLC permite utilizarea sa în mai **multe tipuri de legături** și arhitecturi de rețea. Acesta poate fi folosit în legături de tip **punct-la-punct** sau **multipunct**, pentru **transmisii half duplex** sau **full duplex**, în **rețele** care folosesc transferuri prin **comutarea de circuite** sau **schimb de pachete**.

SDLC definește **două tipuri de noduri**, pentru terminalele implicate în procesul de comunicație: **primar** și **secundar** [5].

Nodul primar controlează operațiile cu alte stații, numite **secundare** și decide accesul nodurilor secundare, în baza unei ordini predeterminate.

Nodurile secundare pot transmite date doar după ce a fost deschisă o conexiune virtuală, de către un nod primar. Nodul primar stabilește legătura, o gestionează, atât timp cât este operațională și o închide. Nodurile secundare sunt controlate de un nod primar, ceea ce înseamnă că acesta poate transmite date doar dacă cel din urmă îi permite accesul.

Nodurile se pot conecta în patru configurații de bază:

- **Punct-la-punct** (*point-to-point*), implică **două noduri**, unul primar și unul secundar,
- **Multipunct** (*multipoint*), implică **un nod primar** și mai **multe noduri secundare**,
- **Bucă** (*loop*), implică o arhitectură în **inel** în care **nodul primar** se conectează cu **primul** și cu **ultimul nod secundar**. Nodurile intermediare transferă datele între ele în funcție de cererile care vin din partea nodului principal,
- **Stea** (*hub*), presupune existența unor **canale de intrare** și de **ieșire**. Un nod primar utilizează un canal de ieșire pentru a comunica cu nodurile secundare, iar acestea din urmă utilizează câte un **canal de "întoarcere"** pentru a comunica cu primul.

5.3.3.Formatul cadrelor SDLC.

Cadrela SDLC sunt formate din mai multe **câmpuri**, al căror **format** depinde de rolul funcțional al informațiilor conținute în acestea. **Funcțiunile** cadrelor pot fi împărțite în **două** mari **grupe**, fiind folosite pentru **transferul datelor** furnizate de nivelele superioare, pe care acest protocol le servește, sau al **informațiilor de control**. Informațiile de control servesc pentru **configurarea** și stabilirea **parametrilor** componentelor subnivelului **LLC**, implicate în procesul de transfer al datelor.

Formatul unui astfel de cadru poate fi văzut în **figura 5.18**.

Semnificația acestor câmpuri este următoarea:

- **Fanion** (*Flag*), câmp de **un octet** care **inițiază** cadrul și **încheie** procedura de control a erorilor,
- **Adresă** (*Address*), este un câmp, de **unul sau doi octeți**, care conține **adresa legăturii SDLC**, a **nodului secundar**, indicând proveniența cadrului (de la un nod primar sau secundar). **Adresa** poate fi **individuală**, de **grup** sau de **broadcast**. Un nod primar poate fi atât sursă cât și destinație, ceea ce elimină nevoia includerii adresei proprii.
- **Control**, câmp de **unul sau doi octeți** care se folosește pentru **definirea formatului** cadrului SDLC (din cele trei posibile). Aceste tipuri de cadre sunt prezentate mai jos:
 - **Cadrul „I”** (Informație) poartă informații de control despre protocolul de nivel superior. Acest cadru trimite și recepționează numărul secvenței și „bitul final de alegere” (*poll final P/F*) de control al fluxului și erorilor.

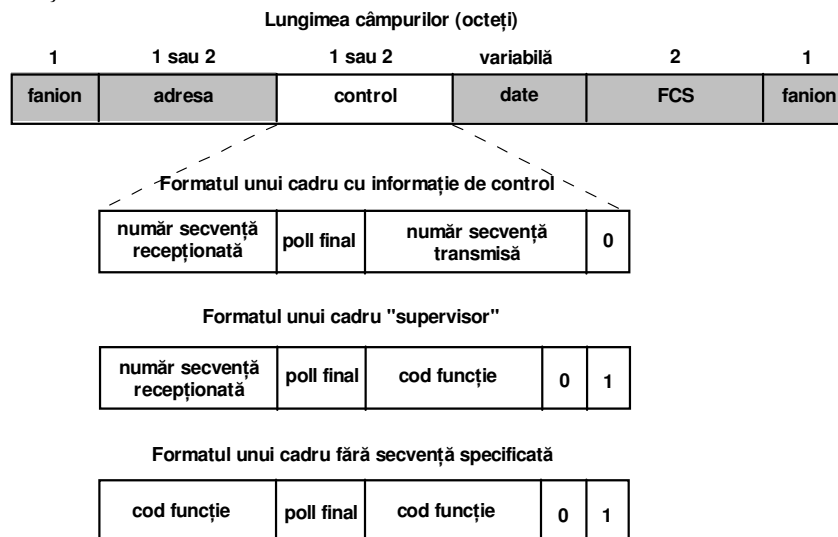


Fig. 5.18. Cele șase câmpuri ale unui cadru SDLC.

Numărul secvenței de trimitere reprezintă **numărul de ordine** al **următorului** cadru care trebuie **trimis**. **Numărul secvenței de recepție** reprezintă **numărul de ordine** al **următorului cadru** care trebuie **recepționat**. Se vede de aici că ambele părți, atât nodurile care transmit cât și cele care recepționează date, țin evidența ordinii secvențelor. **Nodul principal** folosește „bitul final de alegere” (P/F) pentru a **anunța nodul secundar**, în cazul în care **așteaptă un răspuns imediat**. **Nodul secundar** folosește același bit pentru a anunța nodul principal de **venirea ultimului** (*Final*) **cadru** din mesajul curent.

- **Cadrul "S" (*Supervisory*)** - de supraveghere, poartă **informații de control**, prin care se cere **inițierea** sau **terminarea** unei **transmisii**, raportarea **stării** acestuia și **confirmarea recepționării** unui cadru de informare (I). Un **cadru S** **nu conține** câmp pentru **informații**, date utile.
- **Cadrul "U" (*Unnumbered*)** - nenumărat, se folosește în scopuri de **control**, nu conține secvențe de date și se folosește la **inițializarea nodurilor secundare**. În funcție de rolul acestui cadru, câmpul de control poate conține **1 sau 2 octeți**. Pot exista cadre de acest tip care să conțină și câmp pentru informații.

- **Data**, câmp cu **dimensiune variabilă** care conține o unitate de informație (*Path Information Unit PIU* – numite în alt context *PDU* – *Protocol Data Unit* – unitate de date de protocol), sau informații despre un identificador de schimb (*Exchange Identification XID*).
- **FCS**, (*Frame Check Sequence*) - **secvența de verificare** a cadrului, este un câmp, cu dimensiunea de **doi octeți**, care conține informații necesare **verificării integrității cadrului** după un algoritm **CRC** (*Cyclic Redundancy Check*). Calculul informațiilor de control se face la transmitia cadrului, iar **la recepție se recalculează** și se **compară** cu valoarea acestui câmp. Dacă **rezultatul** este **diferit** de valoarea înscrisă în conținutul cadrului, înseamnă că s-a strecurat o eroare, cadrul se abandonează și, în anumite situații se poate cere retransmiterea lui.

Configurația tipică a unei rețele bazată pe protocolul **SDLC** se poate vedea în **figura 5.19**, unde un echipament de control central (numit uneori și *cluster controller*) are conectate de la distanță două terminale pasive și o rețea **Token Ring**.

Dintr-o anumită locație, un terminal **IMB** se poate conecta, prin intermediul unor dispozitive de acces la canale, la un terminal **FEP** (*Front-End Processor*) care poate avea legături cu rețeaua locală **Token Ring** și cu o coloană principală de comunicație **SNA**. Astfel, cele două mașini sunt **interconectate**, cu ajutorul protocolului **SDLC**, prin intermediul unei **linii seriale** dedicate de 56 kbps.

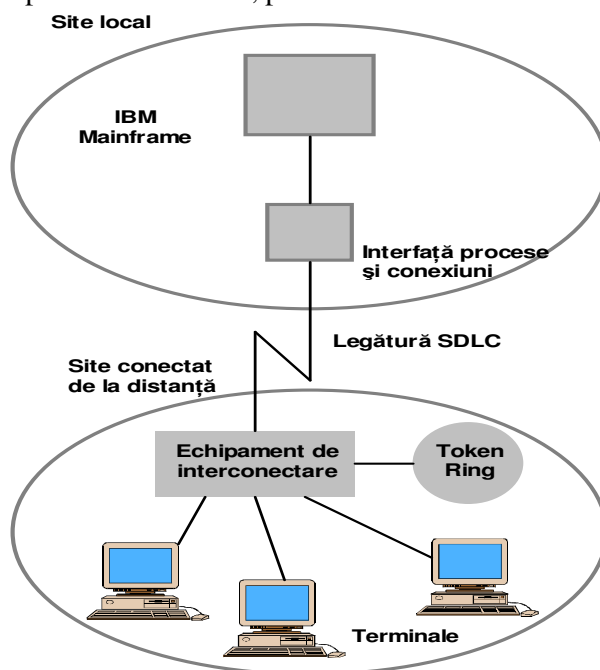


Fig. 5.19. Legătură SDLC între mașini, prin intermediul unei linii seriale.

5.3.4. Protocoale derivate.

HDLC (*High-Level Data Link Control*) este asemănător cu **SDLC**, dar se renunță la unele caracteristici ale acestuia, care sunt rezolvate de către protocoale de nivel superior. Varianta actuală a protocolului **HDLC** este superioară protocolului **SDLC** din care a derivat. Acest protocol este folosit ca protocol de încapsulare în diferite soluții de implementare ale protocolului **PPP** (*Point to Point Protocol*).

LAP (*Link Access Procedure*), este un protocol considerat mai puțin performant decât **HDLC**, care fost creat pentru a asigura compatibilitatea cu **HDLC**, modificat încă de la început pentru a fi folosit, la transmitia datelor, de către tehnologii de comunicație pe linii seriale. **IEEE 802.2** este o variantă modificată a protocolului **HDLC**, dezvoltat pentru a opera în **rețele locale** (**LAN**) și folosit pentru a asigura **interfațarea** dintre subnivelul **MAC** și cel de **Rețea** (**OSI 3**). **QLLC** (*Qualified Logical Link*) este un protocol, al nivelului **Legătură** (**OSI 2**), folosit de **IBM** pentru a transmite date de tip **SNA** prin intermediul unei rețele **X.25** [5].

Protocolul HDLC.

Protocolul **HDLC** folosește același format al cadrelor ca și **SDLC**, câmpurile având aceeași semnificație și permite **operarea** liniei în regim **sincron** și **full duplex**, așa cum se poate vedea în **figura 5.20**.

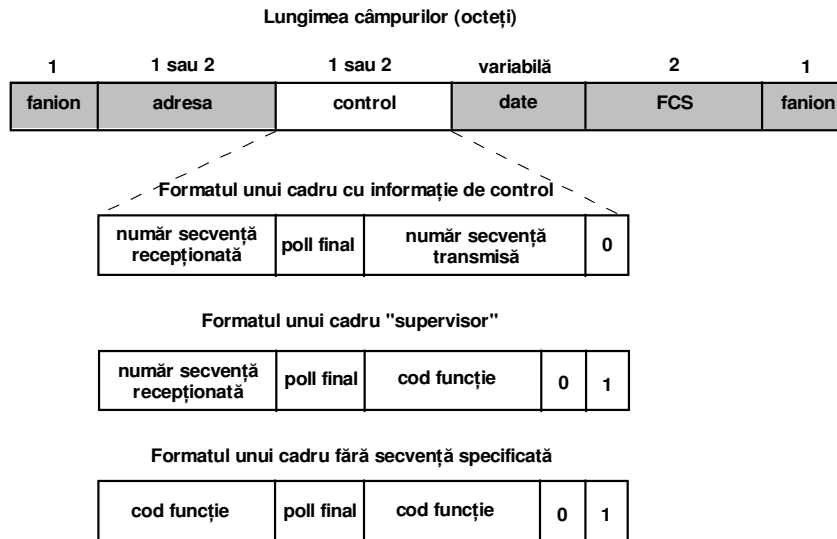


Fig. 5.20. Formatul cadrelor HDLC.

HDLC diferă însă de **SDLC** prin câteva elemente și anume:

- **HDLC** are opțiune pentru **calculul sumei de control** pentru **32 biți**, spre deosebire de **16** cât folosește **SDLC**,
- Spre deosebire de **SDLC**, **HDLC** **nu permite conexiuni** în formă de **stea** sau **buclă**, fiind conceput pentru **conexiuni punct-la-punct**.
- Deosebirea majoră constă în faptul că **HDLC** permite **trei moduri de operare** spre deosebire de **SDLC** care are doar unul. Cele trei moduri de operare ale **HDLC** sunt:
 - Modul de **transfer normal** (*NRM Normal response mode*), folosit și de **SDLC**, în care **nodurile secundare nu pot comunica** cu cele **principale** până când acestea din urmă nu le **acordă permisiunea**.
 - Modul de transfer **asincron** (*Asynchronous Response Mode ABM*), **permite nodurilor secundare să inițieze canal** de comunicare cu **un nod principal fără** să primească **acordul** acestuia.
 - Modul **asincron echilibrat** (*Asynchronous Balanced Mode ABM*) introduce noțiunea de **nod "combinat"**, prin care **un nod poate să fie**, în același timp, **principal și secundar**, în funcție de situație.

Toate conexiunile de acest tip au loc între mai multe astfel de noduri combinate. În mediile care folosesc **modul asincron echilibrat**, **orice nod combinat poate să inițieze o transmisie** de date **fără** să ceară **permisiunea** unei alte stații.

Protocolul LAPB.

Acest protocol este folosit în rețelele care folosesc tehnologia **X.25**, având aceleași formate și tipuri de cadre, care conțin câmpuri având aceeași semnificație ca și **SDLC** (**fig.5.21**). Spre deosebire de acesta, **LAPB** folosește numai **modul de transfer ABM** (*Asynchronous Balanced Mode* - mod de comunicare "punct la punct" între perechi de stații de același nivel ierarhic (peer-oriented), folosit de **HDLC**, prin care oricare stație poate iniția transmisia) și este **potrivit** doar pentru **noduri combinate**. De asemenea, circuitele **LAPB** pot să fie **inițiate** atât de **DTE** (*Data Terminal Equipment*) cât și de **DCE** (*Data Circuit-terminating Equipment*). O mașină care **inițiază** o cerere, devine **nod principal**, iar mașina care **răspunde** la o cerere de deschidere a unui circuit, devine **nod secundar**.

Modul în care **LAPB** folosește bitul de "alegere" (P/F) poate să difere față de celelalte protocoale. Acest lucru se poate vedea într-o analiză detaliată făcută asupra sistemului **X.25**.

Lungimea câmpurilor (octeți)					
1	1	1 sau 2	variabilă	2	1
fanion	adresa	control	date	FCS	fanion

Fig. 5.21. Formatul unui cadru LAPB.

Protocolul IEEE 802.2.

Acest protocol este cunoscut mai ales sub numele **LLC** (*Logical Link Control*) și este foarte des întâlnit la rețele locale, unde operează împreună cu protocoale ca **IEEE 802.3** (denumit generic Ethernet), **IEEE 802.4** (standard LAN care specifică modul de operare al nivelului fizic cu subnivelul MAC, al legăturii de date. **IEEE 802.4** folosește indicator de acces (*token-passing access*) de-a lungul unei rețele bazată pe o astfel de arhitectură) și **IEEE 802.5** (*IBM Token Ring*). **LLC IEEE 802.2** a fost dezvoltat și operează cu succes ca serviciu pentru protocoalele de rețea, mai des întâlnite, **UNIX-IP**, **Novell-IPX** sau **IBM-NetBIOS**, așa cum se poate vedea în figura 5.22.

Nivele OSI		Protocoale de rețea, clienți LLC		
Rețea		Unix IP	IBM NetBios	Novell IPX
		SAP 80	SAP F0	SAP E0
Legătură	LLC	IEEE 802.2 LLC		
	MAC	IEEE 802.3 CSMA/CD IEEE 802.5 Token Ring		
Fizic		IEEE 802.3x, FDDI, 802.5		

Fig. 5.22. Poziția ocupată de LLC în raport cu subnivelul MAC și nivelul rețea, conform modelului de referință OSI.

Protocolul **LLC** oferă **trei** tipuri de **servicii** și anume:

- **Tipul 1** (*LLC Type 1*) asigură un serviciu de comunicație fără conexiune (fără confirmare a primirii datelor), ceea ce înseamnă că **LLC** de acest tip **nu oferă** posibilitatea **verificării** recepționării corecte a datelor transmise. Datorită faptului că la nivelul superior de **Transport** (nivel **OSI 4**) există protocoale specializate pentru transport cu confirmare (cum este **TCP/IP**) care asigură un transfer sigur, se poate compensa acest neajuns. Serviciul de tipul 1 este cel mai des folosit.

- **Tipul 2** (*LLC Type 2* sau *LLC2*) asigură un serviciu care stabilește **conexiune** logică, sau **circuit virtual** (bazat pe conexiune), între nodul care transmite date și cel care recepționează. **LLC2 asigură confirmarea** datelor transmise (*acknowledgement*), ceea ce face ca acesta să fie mai **sigur** chiar și în **absența unui protocol** specializat de **transport**, de nivel superior. Se folosește în sistemele de comunicare dezvoltate de **IBM**.

- **Tipul 3** (*LLC Type 3*) asigură un **serviciu cu confirmarea** datelor dar **fără conexiune**. Cu toate că acest tip de protocol permite confirmarea datelor transferate, **nu stabilește o conexiune logică între sursă și destinație**. **LLC** de tipul 3, fiind o **soluție de compromis** între primele două tipuri, este util în mediile folosite în **echipamentele industriale de automatizare** (bazate pe automate programabile, nu pe calculatoare personale), deoarece oferă avantajul unei transmisii cu detecție a erorilor, dar fără să folosească circuite virtuale (care necesită spațiu de memorie suplimentar) [1].

Nodurile de la capetele unui canal de comunicație **pot suporta mai multe tipuri de servicii LLC**. Acestea se împart în **patru clase**:

- **Clasa I** suportă doar serviciul **LLC** de tipul 1,
- **Clasa II** suportă servicii **LLC** de tipul 1 și 2,
- **Clasa III** suportă servicii **LLC** de tipul 1 și 3,
- **Clasa IV** suportă toate serviciile **LLC** (de tipul 1, 2 și 3).

Procesele de nivel superior utilizează **serviciile IEEE 802.2** prin intermediul **punctelor de acces la servicii SAP** (*Service Access Points*). Antetul **IEEE 802.2** începe cu un câmp de adresă **DSAP** (*Destination Service Access Point*), definind **punctul-destinație** de acces la servicii, care identifică procesul de nivel superior la care **trebuie să ajungă** datele.

După ce componenta **LLC IEEE 802.2**, a **nodului receptor**, primește și termină de procesat mesajul, **trimite** datele **procesului de nivel superior** identificat în câmpul **DSAP**. Acestuia îi urmează câmpul de adresă a **punctului de acces a serviciului sursă SSAP** (*Source Service Access Point*), care identifică procesul de nivel superior corespunzător nodului care trimite date (**figura 5.23**) [6, 5].

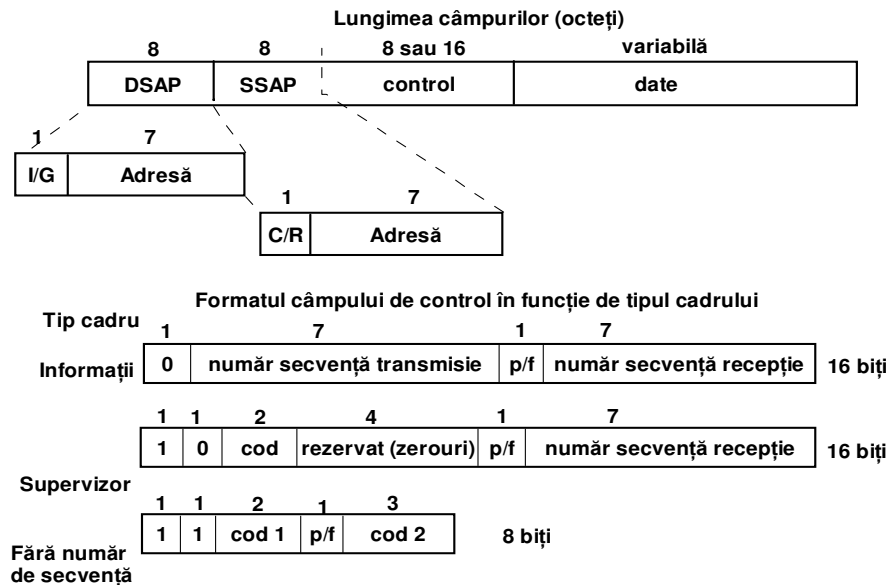


Fig. 5.23. Formatul unui cadru **LLC IEEE 802.2**.

Semnificația câmpurilor este următoarea:

- **DSAP** – (*Destination Service Access Point*) adresa punctului de acces la servicii a componentei **LLC** de pe terminalul destinație, a cărei structură este următoarea:
 - **I/G** (*Individual/Group*) 1 bit care specifică dacă adresa este individuală, sau de grup address may be: 0 adresă individuală; 1 de grup.
 - Restul adresei reprezintă la identificatorul componentei client de la nivelul superior **OSI 3** rețea.
- **SSAP** – (*Source Service Access Point*) adresa punctului de acces la servicii a componentei **LLC** de pe terminalul sursă, a cărei structură este următoarea:
 - **C/R** (*Command/Response*) 1 bit care specifică dacă este vorba despre un cadru de comandă sau de răspuns: 0 comandă; 1 răspuns. Restul adresei reprezintă identificatorul serviciului client de la nivelul superior, **OSI 3** rețea.

Structura câmpului de control depinde de tipul cadrului:

- **P/F** - un bit care comandă transmisia unității de date a protocolului de nivel superior (**PDU**);
- **cod** – doi biți folosiți de cadrul supervisor ai căror valoare au următoarea semnificație: 00 – **RR** (*Receive Ready*), 01 – **REJ** rejectare, 10 – **RNR** (*Receive Not Ready*);
- **cod1, cod2** – (Modifier Function Bits), biți alocați unor funcții speciale

Protocolul QLLC.

QLLC (*Qualified Logical-Link Control* - **LLC** cu bit de "calificare") asigură controlul legăturilor de date cerute la transmiterea datelor de tip **SNA** (*Systems Network Architecture*) de-a lungul rețelelor **X.25**, ca alternativă la **LAPB**. **QLLC** și **X.25** înlocuiește **SDLC** în cazul utilizării protocolului **SNA**. **QLLC** utilizează o componentă proprie de nivel **OSI 3** (rețea), specifică tehnologiei **X.25**.

Pentru a putea **indica** faptul că se **operează** cu un protocol de nivel 3 se folosește un bit (*qualifier bit* – bit de calificare) egal cu **1**, în cadrul câmpului de identificare a formatului **GFI** (*General Format Identifier*), aflat în antetul protocolului de rețea **PLP** (*Packet Layer Protocol* – protocol de nivel **OSI 3** propriu tehnologiei **X.25**).

TESTE DE AUTOEVALUARE**I. Alegeți varianta de răspuns corectă:**

1. Tehnologiile WAN permit realizarea doar a următoarelor tipuri de conexiuni:
 - a) punct la punct;
 - b) cu comutare de circuite și cu schimb de pachete;
 - c) punct la punct și pentru rețele locale;
 - d) punct la punct, cu comutare de circuite și cu schimb de pachete.
 - e) prin linii telefonice
2. Metode de acces la mediul de transmisie, într-o rețea cu mai multe terminale, are rolul de a:
 - a) asigura conectarea unui terminal la linia de transmisie;
 - b) accesul nelimitat la dispozitivele de comunicație;
 - c) evitarea coliziunilor, prin eliminarea accesului simultan la mediu;
 - d) gestiona, în mod egal, accesul periodic al terminalelor la resursele rețelei;
 - e) crește viteza de comunicație prin liniile de transmisie
3. Tehnologiile WAN și LAN sunt situate la nivelul (nivelele):
 - a) 1;
 - b) 2 și 3;
 - c) 1 și 2;
 - d) 1, 2 și 3;
 - e) 2;

II. Alegeți răspunsul corect:

1. Arhitectura unei rețele locale (LAN Topology) definește modul în care sunt organizate dispozitivele din rețea, fiind aceeași pentru toate nivelele OSI.
☐ adevărat ☐ fals
2. Dispozitivele de tip punte multiport, numite și switch, permițând conectarea mai multor segmente de rețea și implicat a mai multor noduri, măresc riscul de apariție a coliziunilor.
☐ adevărat ☐ fals
3. Protocoalele din familia SDLC definesc două tipuri de noduri, pentru terminalele implicate în procesul de comunicație: *master* și *slave*.
☐ adevărat ☐ fals

RĂSPUNSURI

I. Varianta de răspuns corectă:

1. d
2. c
3. c

II. Alegeți răspunsul corect:

1. fals
2. fals
3. fals

Bibliografie

1. **Parker, T.**, *Teach Yourself TCP/IP in 14 Days - Second Edition*, Sams Publishing, 1996
2. http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/introwan.htm
3. http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/introlan.htm
4. http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/tokenrng.htm
5. http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/sdlcetc.htm
6. http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/frame.htm