



UNIVERSITATEA TEHNICĂ CLUJ-NAPOCA

DEPARTAMENTUL ELECTROTEHNICĂ ȘI MĂSURĂRI

Cursul 7

TEHNOLOGII BAZATE PE SCHIMB DE PACHETE

Introducere curs	În acest curs sunt prezentate tehnologiile X25 și FRAME RELAY
Obiective curs	• X.25. • Introducere. • Dispozitive specifice și modul de operare al protocolului X.25. • Asamblorul și dezasamblorul de pachete (PAD). • Stabilirea unei sesiuni X.25. • Circuitele virtuale specifice rețelelor X.25. • Suita de protocole X.25. • Protocolul nivelului rețea (pachet). • Protocolul nivelului legăturii de date. • Protocolul X.21bis. • Formatul cadrului LAPB. • Formatul adresei la protocolul X.121. • FRAME RELAY. • Introducere. • Standarde Frame Relay. • Dispozitive specifice pentru Frame Relay. • Circuite Virtuale Frame Relay. • Circuite virtuale comutate (SVC). • Circuite virtuale permanente (PVC). • Identificatorul conexiunii de la nivelul legăturii de date (DLCI). • Standardele Frame Relay asociate. • Mecanismele de control a congestiei. • Verificarea erorilor. Interfața de management local. • Implementarea rețelelor Frame Relay. • Rețele publice de transport. • Rețele private de întreprindere. • Formatele cadrelor Frame Relay. • Formatul Standard al cadrelor Frame Relay. • Formatul cadrelor LMI.
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:

7.1. X.25.....	3
----------------	---

7.1.1.	Introducere.	3
7.1.2.	Dispozitive specifice și modul de operare al protocolului X.25.	3
7.1.3.	Asamblorul și dezasamblorul de pachete (PAD - Packet Assembler / Disassembler).....	4
7.1.4.	Stabilirea unei sesiuni X.25.	4
7.1.5.	Circuitele virtuale specifice rețelelor X.25.....	4
7.1.6.	Suita de protocoale X.25.	5
7.1.7.	Formatul cadrului LAPB.	8
7.2.	Frame Relay.....	9
7.2.1.	Introducere.	9
7.2.2.	Standarde Frame Relay.	10
7.2.3.	Dispozitive specifice pentru <i>Frame Relay</i>	10
7.2.4.	Circuite Virtuale Frame Relay.	11
7.2.5.	Circuite virtuale comutate SVC (<i>Switched Virtual Circuits</i>).	11
7.2.6.	Circuite virtuale permanente PVC (<i>Permanent Virtual Circuits</i>).....	12
7.2.7.	Identificatorul conexiunii de la nivelul legăturii de date DLCI (<i>Data-Link Connection Identifier</i>).	12
7.2.8.	Mecanismele pentru controlul congestiei.....	13
7.2.9.	Verificarea erorilor (<i>Frame Relay Error Checking</i>).....	14
7.2.10.	Implementarea rețelelor <i>Frame Relay</i>	15
7.2.11.	Rețele publice de transfer (<i>Public Carrier-Provided Networks</i>).....	16
7.2.12.	Rețele private de întreprindere (<i>Private Enterprise Networks</i>)	16
7.2.13.	Formatele cadrelor <i>Frame Relay</i>	16
	TESTE DE AUTOEVALUARE	19
	RĂSPUNSURI	20
	Bibliografie.....	20

7.1. X.25.

7.1.1. Introducere.

X.25 este un standard de protocol (**ITU-T International Telecommunication Union-Telecommunication**) utilizat pentru comunicația în rețele cu arie mare de acoperire (**WAN**) care definește modul în care se pot conecta dispozitive într-o rețea, modul în care se stabilesc și operează aceste dispozitive.

X.25 este destinat să opereze cu mai multe tipuri de echipamente, indiferent de tipul constructiv al acestora.

Această suită de protocoale oferă o soluție pentru rețele cu comutare de pachete (**PSNs - Packet-Switched Networks**), utilizând soluții specifice cu semnale purtătoare utilizate de furnizorii de servicii de telefonie. Abonații plătesc accesul la rețea în funcție de durata de utilizare a rețelei (sau în funcție de trafic).

Standardul **X.25** a fost inițiat și dezvoltat în anii 1970 de către furnizorii de servicii de comunicație din acel timp, din necesitatea de a pune la dispoziție un protocol **WAN** capabil să asigure conectarea clienților printr-o rețea publică (**PDN - Public Data Network**).

În prezent **X.25** este considerat a fi un standard internațional administrat de **ITU-T** [3].

7.1.2. Dispozitive specifice și modul de operare al protocolului X.25.

Dispozitivele din rețeaua **X.25** se împart în trei categorii și anume:

- Echipamente terminale de date (**DTE - Data Terminal Equipment**),
- Echipamente de conectare la circuit (de comunicare) (**DCE - Data Circuit-terminating Equipment**),
- Dispozitive de comutare și transfer (schimb) a pachetelor (**PSE - Packet Switching Exchange**).

Dispozitivele **DTE** sunt de obicei terminale de date, calculatoare personale, stații sau servere, conectate la capetele circuitelor unei rețele **X.25** și sunt așezate la sediul abonatului individual.

Dispozitivele **DCE** sunt echipamente de comunicare (modemuri sau dispozitive de comutarea a pachetelor) care asigură interfața dintre **DTE** și **PSE**, fiind localizate de obicei la sediul furnizorului de servicii de comunicație.

Dispozitivele de transfer și "comutare" a pachetelor (**PSE**) stau la baza acestor tipuri de rețele și asigură transferul datelor între dispozitivele **DTE**, de-a lungul unei rețele (**PSN - Packet-Switched Networks** - rețea cu comutare de pachete) **X.25**.

În **figura 7.1** se poate vedea structura unei rețele **X.25** și legătura dintre cele trei tipuri de dispozitive [3].

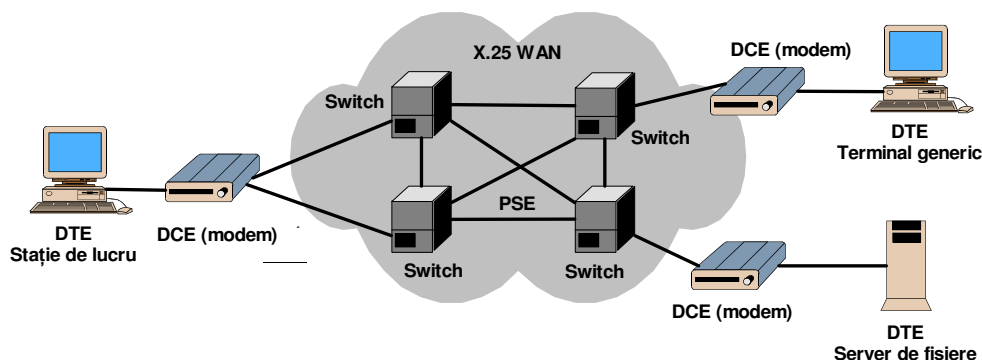


Fig. 7.1. Structura unei rețele X.25 și legăturile dintre DTE, DCE, și PSE. Asamblorul și dezamblorul de pachete.

7.1.3. Asamblorul și dezasamblorul de pachete (PAD - Packet Assembler / Disassembler)

Asamblorul și dezasamblorul de pachete (**PAD** - *Packet Assembler / Disassembler*) este un dispozitiv des întâlnit în rețelele **X.25**, folosit alături de dispozitivele **DTE** care funcționează în modul caracter (console terminal).

În general, complexitatea redusă a acestor tipuri de terminale nu le permite să asigure toate funcțiile specifice standardului. Dispozitivele PAD se conectează între dispozitivele DTE și cele DCE, îndeplinind trei funcțiuni de bază și anume:

- Stocarea datelor (*buffering*) până când terminalul pe care îl servește este pregătit să le proceseze,
- Asamblarea datelor primite de la terminal în pachete (adăugarea unui antet specific **X.25**) și transferarea acestora spre dispozitivul de comunicare (**DCE**),
- Dezasamblarea pachetelor primite de la **DCE** (înlăturarea antetului) și transferul datelor spre **DTE**.

În **figura 7.2** se poate vedea modul de operare al dispozitivului **PAD**, într-o rețea WAN bazată pe **X.25**.

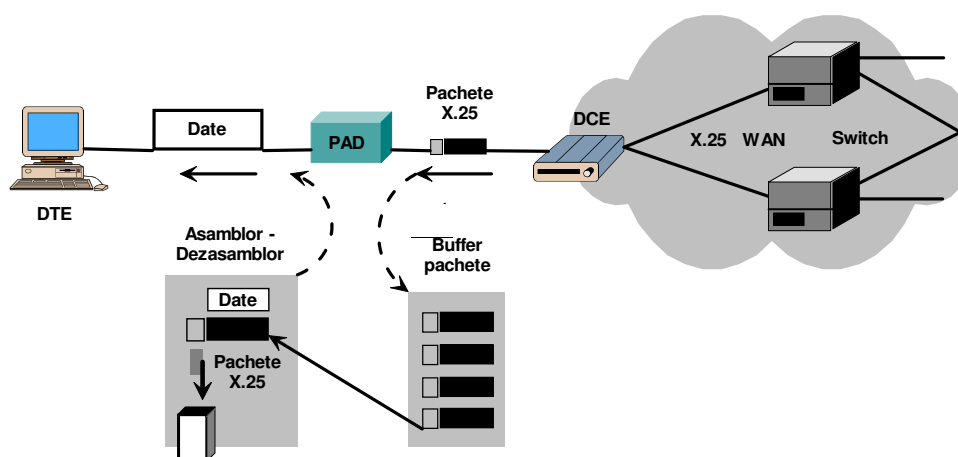


Fig. 7.2. Funcțiile PAD. Stocarea, asamblarea și dezasamblarea pachetelor de date.

7.1.4. Stabilirea unei sesiuni X.25.

Sesiunile unei conexiuni **X.25** se stabilesc atunci când un dispozitiv din rețea face o cerere de conexiune unui alt dispozitiv.

Dispozitivul terminal (**DTE**) care primește cererea poate să o accepte sau să o refuze. În cazul acceptării, cele două sisteme încep transferul bidirecțional al datelor.

În timpul transferului de date, sau la terminarea acestuia, oricare dintre terminale poate închide conexiunea (încheia sesiunea). După închiderea unei conexiuni, orice transfer de date se poate face numai prin stabilirea unei noi sesiuni.

7.1.5. Circuitele virtuale specifice rețelelor X.25.

Un circuit virtual reprezintă o conexiune logică creată pentru a permite o comunicare sigură (cu un grad mare de încredere) între două dispozitive din rețea.

Un astfel de "circuit" presupune existența unei căi logice, bidirecționale între două terminale (dispozitive **DTE**). Din punct de vedere fizic, conexiunea poate trece printr-un număr nelimitat de noduri, dispozitive **DCE** sau **PSE**. Mai multe circuite virtuale (conexiuni logice) pot fi multiplexate printr-o singură conexiune fizică (sau circuit). Circuite virtuale vor fi demultiplexate după traversarea rețelei și transmise apoi destinației corespunzătoare.

În **figura 7.3** se poate vedea modul în care se pot transmite informații prin patru circuite virtuale, prin multiplexare, de-a lungul unei singure conexiuni fizice.

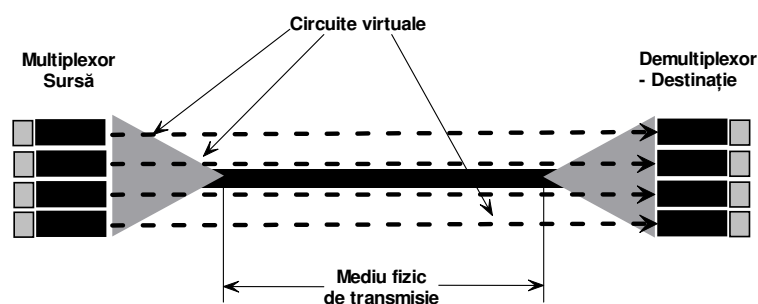


Fig. 7.3. Multiplexarea circuitelor virtuale de-a lungul unei singure conexiuni fizice.

X.25 utilizează două tipuri de circuite virtuale, ocazionale sau comutate (**SVC** - Switched Virtual Circuits) și permanente (**PVC** - Permanent Virtual Circuits). Circuitele virtuale ocazionale (**SVC**) sunt conexiuni temporare utilizate pentru transferuri ocazionale de date. Aceasta presupune că cele două terminale, implicate în transferul de date inițiază, întrețin și închid sesiunea de fiecare dată când trebuie să transmită date [32, 3].

Circuitele virtuale permanente (**PVC**) sunt conexiuni care o dată stabilite devin permanente, utilizate pentru transferuri frecvente și masive de date. Terminalele implicate în transfer pot transmite astfel date, fără a fi nevoie de fiecare dată să stabilească, mențină și întrerupe conexiunea, sesiunea fiind permanent activă.

Funcționarea unui circuit virtual **X.25** începe atunci când un terminal sursă (**DTE**) specifică în antetul pachetului tipul de circuit virtual dorit spre utilizare și trimite pachetul dispozitivului **DCE** la care este conectat. Acesta din urmă examinează antetul pachetului primit, determină ce tip de circuit virtual să folosească și trimite apoi pachetul celui mai apropiat dispozitiv de comutare și schimb de pachete (**PSE**) de pe traseul circuitului virtual.

Dispozitivul **PSE** transferă pachetul mai departe unui alt nod, sau unui dispozitiv de comunicare (**DCE**), procesul repetându-se până pachetul ajunge la destinație. În acest moment, dispozitivul **DCE** examinează antetul pachetului, determină adresa terminalului destinație și îi transmite acestuia pachetul.

În cazul în care s-a cerut utilizarea unui circuit virtual permanent, acesta este astfel stabilit și va fi folosit în continuare. În cazul în care în antetul pachetului s-a cerut folosirea unui circuit virtual comutat (**SVC**), iar terminalele nu mai au nevoie să transmită în acel moment date, sesiunea și circuitul virtual se închid.

7.1.6. Suita de protocoale X.25.

Componente de bază.

Suita de protocoale **X.25** ocupă primele trei nivele ale modelului **OSI**, utilizând pentru fiecare dintre acestea protocoale specifice.

Pentru nivelul **OSI 1 - Fizic** sunt utilizate standarde specifice comunicațiilor seriale, cum ar fi **EIA/TIA-232**, **EIA/TIA-449**, **EIA-530** și **G.703**.

Nivelul **OSI 2 - Legătură** operează cu protocolul **LAPB** (*Link Access Procedure, Balanced* - protocol din familia **SDLC**).

Nivelul **OSI 3 - Rețea**, numit aici **nivel pachet**, utilizează **PLP** (*Packet-Layer Protocol*), un protocol de încapsulare cu adresare de rețea. În **figura 7.4** se poate vedea corespondența dintre nivelele modelului de referință **OSI** și aceste protocoale.

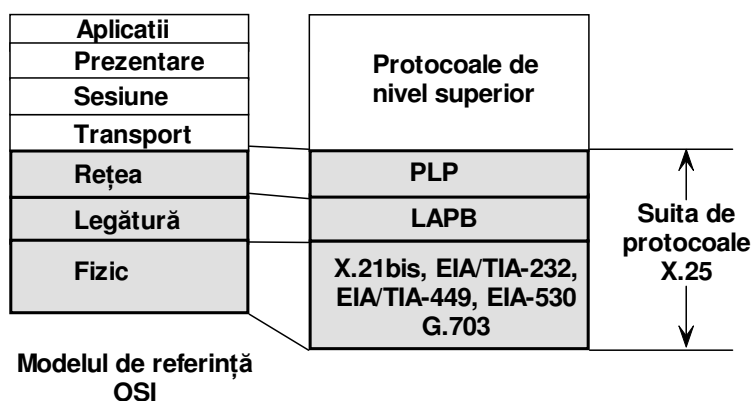


Fig. 7.4. Principalele protocoale X.25 și relația lor cu modelul de referință OSI.

Protocolul nivelului OSI 3 – Rețea, PLP.

PLP (*Packet-Layer Protocol*) este un protocol de nivel **OSI 3** utilizat de **X.25** pentru a gestiona schimbul de pachete între dispozitivele **DTE**, de-a lungul circuitelor virtuale.

Acestea sunt concepute să fie compatibile (să poată fi încapsulate) cu protocoale de nivel **OSI 2**, cum ar fi **LLC2** (*Logical Link Control* de tipul 2) folosit în rețelele locale, sau **LAPD** (*Link Access Procedure*, de tipul *D*) folosit în rețelele **ISDN**. Protocolul **PLP** operează în cinci moduri distincte:

- **Modul configurarea apelului** (*Call Setup*), se folosește doar pentru stabilirea unui circuit virtual comutat (**SVC**) între dispozitivele **DTE**. Pentru aceasta, **PLP** apelează la schema de adresare a terminalelor, definită de standardul **X.121**.

Acest mod de lucru se aplică doar în cazul circuitelor virtuale comutate, pentru fiecare în parte (ceea ce înseamnă că un circuit este în modul "configurare", iar celălalt în modul "transfer de date").

- **Modul transfer de date** se folosește pentru transferul datelor, sub formă de pachete, între două terminale (**DTE**). **PLP** este responsabil de segmentarea (respectiv reasamblarea), completarea cu zerouri până la cuvinte întregi (bit padding), controlul erorilor și a fluxului de date. Acest mod se realizează pentru fiecare circuit virtual în parte, atât în cazul circuitelor virtuale comutate (**SVC**) cât și în cazul celor permanente (**PVC**).

- **Modul așteptare** se folosește atunci când un circuit virtual este stabilit, dar nu a început încă transferul datelor. Acest mod se aplică pentru fiecare circuit virtual în parte și doar în cazul celor comutate.

- Modul **anulare** a legăturii (call clearing) este folosit pentru a închide o sesiune, stabilită între două terminale (**DTE**) și se folosește doar în cazul circuitelor virtuale comutate (**SVC**).

- Modul **restart** se folosește la sincronizarea transmisiei între terminal (**DTE**) și echipamentul de comunicare (**DCE**). Acest mod nu este aplicat pentru fiecare circuit virtual în parte ci afectează toate terminalele conectate la circuitul virtual.

Formatul pachetelor PLP.

Pachetele **PLP** trebuie să conțină pe lângă datele utile și elemente de identificare, sau de control. Pentru aceasta, pachetul **PLP** este format din următoarele patru câmpuri:

- **Identificatorul general al formatului** (**GFI** - General Format Identifier) este un câmp de patru biți care conține parametrii pachetului. Acești parametri definesc tipul informației transportate (date sau control), tipul și mărimea ferestrei folosite și dacă se cere sau nu confirmare.

- **Identificatorul canalului logic** (**LCI** - Logical Channel Identifier) este un câmp de 12 biți care identifică circuitul virtual la nivelul conexiunii (interfeței) dintre **DTE** și **DCE**.

- **Identificatorul tipului de pachet** **PTI** (*Packet Type Identifier*) definește cu ajutorul a opt biți unul dintre cele 17 tipuri ale pachetelor **PLP**.

- **Date utile** (User Data) este un câmp cu dimensiune variabilă care conține informațiile încapsulate de protocoalele de la nivelele superioare.

Acest câmp este prezent doar în pachetele care transportă date. În cazul pachetelor de control, se pot adăuga câmpuri care conțin informații specifice acestora.

Protocolul nivelului OSI 2 – Legătură, LAPB.

LAPB (*Link Access Procedure, Balanced*) este un protocol care gestionează comunicația și încapsularea cadrelor transmise între dispozitivele **DTE** și **DCE**. Este un protocol care asigură transmiterea corectă, în ordine și lipsite de erori a cadrelor de date. Protocolul utilizează trei tipuri de cadre: informații, de supraveghere și ocazionale (*unnumbered*).

- Un **cadru cu informații - I** (*Information frame*) transferă informații ale protocoalelor de nivel superior, sau informații de control. Principalele funcțiuni ale acestui tip de cadru sunt: segmentarea și ordonarea (*sequencing*) datelor, controlul fluxului, detectarea și corectarea erorilor. Cadrele **I** conțin numerele de secvență, pentru ambele sensuri, ale mesajelor transmise.

- **Cadru de supraveghere - S** (*Supervisory frame*) transferă informații de control. Principalele funcțiuni ale acestui tip de cadru sunt legate de emiterea cererilor de inițiere și de întrerupere a transmisiei, raportarea stărilor și confirmarea recepției cadrelor **I**. Un cadru **S** poartă doar numărul secvenței de recepție.

- **Cadrele ocazionale - U** (*Unnumbered frame*) poartă informații de control, funcțiunile principale fiind legate de configurarea liniei, deconectarea acestuia și raportarea erorilor. Aceste cadre nu poartă numere de secvență (nu sunt numerotate).

Protocolul nivelului OSI 1 – Fizic, X.21bis.

X.21bis este un protocol folosit în cadrul suitei **X.25** pentru nivelul fizic, definește electric și mecanic mediul fizic și gestionează activarea și dezactivarea conexiunilor dintre terminale (**DTE**) și echipamentele de comunicație (**DCE**). Protocolul suportă conexiuni punct la punct (point-to-point connections), full-duplex pe patru fire, cu viteze de până la 19200 bps. În **figura 7.5** se poate vedea formatul pachetului **PLP**, poziția acestuia în cadrul **LAPB** și **X.21bis**.

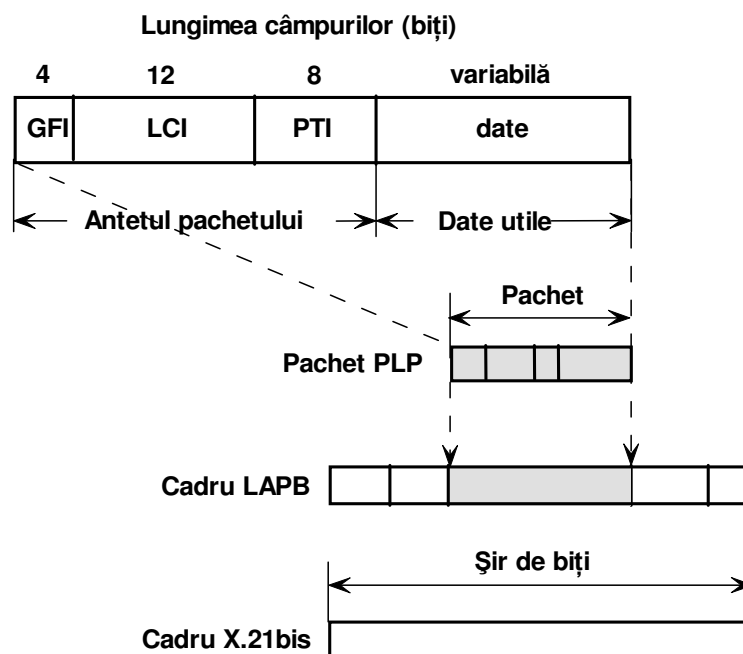


Fig. 7.5. Formatul pachetului PLP, poziția acestuia în cadrul LAPB și X.21bis.

7.1.7. Formatul cadrului LAPB.

Cadrele **LAPB** încapsulează datele utile conținute în pachete **PLP**, adăugând acestora un antet și o coadă [2, 3]. **Figura 7.6** prezintă componentele cadrului **LAPB**, semnificația lor fiind următoarea:

- **Fanion** (*flag*) este un câmp de un octet care delimitează începutul și sfârșitul unui cadru. Acest "semnal de avertizare" se folosește și pentru a proteja datele din corpul mesajului.
- **Adresă** (*Address*) este un câmp de un octet și indică dacă acel cadru poartă o comandă sau un răspuns.
- **Control** (*Control*), un octet care anunță cadrele de comandă și de răspuns, indicând tipul cadrului **I**, **S** sau **U**. În plus, acest câmp conține numărul de secvență al cadrului și funcția acestuia. (de exemplu dacă terminalul de recepție este pregătit, sau deconectat). Cadrele de control au lungime diferită, în funcție de tip.
- **Date** (*Data*), reprezintă un câmp de lungime variabilă care conține datele utile ale protocolului de nivel superior (pachetul **PLP**).
- **FCS** (*Frame Check Sequence*) este un câmp de doi octeți care reprezintă secvența de verificare a erorilor, cu rolul de a asigura integritatea datelor transmise.

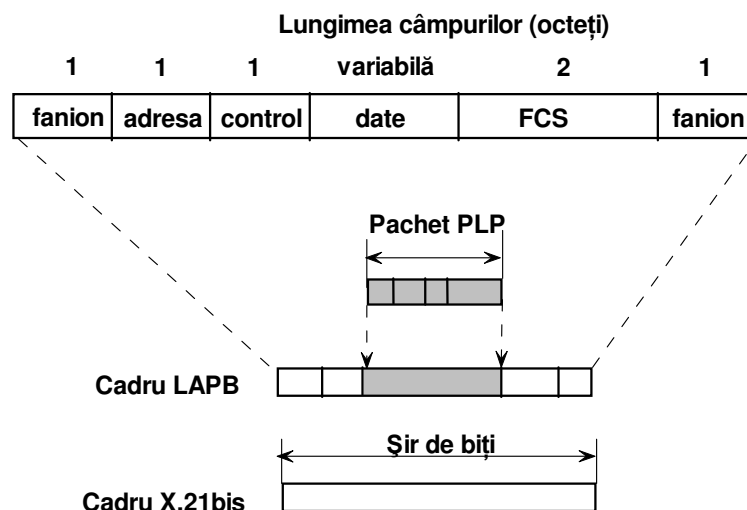


Fig. 7.6. Modul de încapsulare a datelor într-un cadru LAPB prin adăugarea la pachetul PLP a unui antet și a unei cozi.

Formatul adresei la protocolul X.121.

Adresele definite de protocolul **X.121** sunt folosite de protocolul de la nivelul "pachet" (**PLP**), din cadrul suitei **X.25**, în modul de configurare a apelului, pentru a stabili un circuit virtual comutat (**SVC**).

Adresa conține un identificator internațional numit **IDN** (*International Data Number*), împărțit în două câmpuri **DNIC** (*Data Network Identification Code*, - codul de identificare al rețelei de date) și **NTN** (*National Terminal Number* - identificatorul național al terminalului). În modul de adresare se poate face o analogie între acestea și rețeaua de telefonie.

Primul dintre ele (**DNIC**) este opțional și identifică locația în rețeaua cu comutare de pachete (**PSN** - *Packet-Switched Networks*) în care se află terminalul destinație. Acest câmp poate fi omis în cazul transferării datelor în cadrul aceleiași rețele (naționale). **DNIC** este împărțit în două, identificatorul de țară și de rețea.

Al doilea câmp, **NTN** identifică terminalul (**DTE**) destinație în cadrul rețelei și are lungime variabilă în funcție de dimensiunile rețelei.

Formatul adresei se poate vedea în **figura 7.7**.

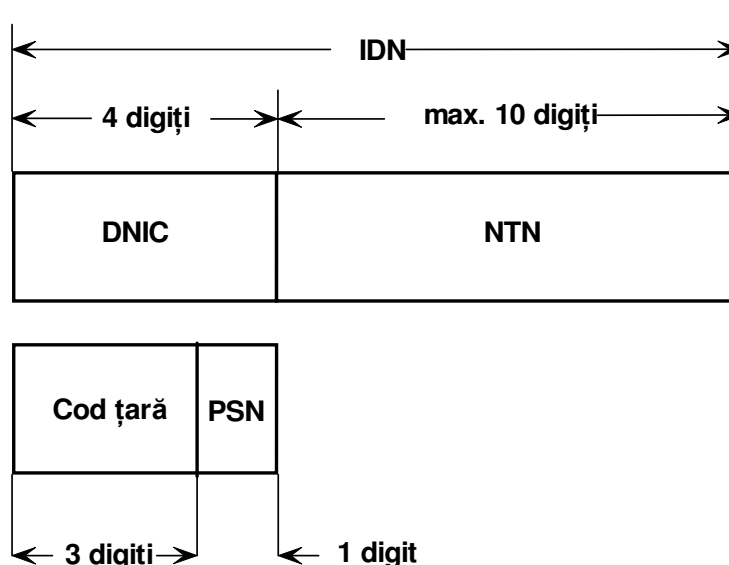


Fig. 7.7. Formatul adresei la protocolul X.121. Câmpurile identificatorului (IDN - International Data Number).

7.2. Frame Relay.

7.2.1. Introducere.

Frame Relay ("ștafetă" pentru cadre) este un protocol specific rețelelor cu arie mare de acoperire (**WAN**), care operează la primele două nivele (fizic și al legăturii de date) ale modelului de referință **OSI**.

Sistemul **Frame Relay** a fost proiectat inițial pentru rețelele digitale de servicii integrate **ISDN** (*Integrated Services Digital Network*). Dezvoltările ulterioare au permis utilizarea protocolului și pentru alte tipuri de rețele.

Scopul capitolului este de a prezenta specificațiile acestui protocol și modul său de aplicare în serviciile furnizate de tehnologiile **WAN**. **Frame Relay** este un exemplu de tehnologie de rețea, cu schimb de pachete (*Packet-Switched*), ceea ce permite stațiilor de la capete să folosească în mod dinamic mediul comun de transmisie. **Frame Relay** utilizează două tehnici specifice tehnologiilor de comutare a pachetelor: pachete cu lungime variabilă și multiplexarea statistică [1, 4].

- Tehnica pachetelor cu dimensiune variabilă se folosește pentru o transmisie mai eficientă și flexibilă a datelor. Pachetele sunt schimbate între diferite segmente de rețea până când acestea ajung la destinație.

- Tehnicile de multiplexare statistică (nedeterministă) controlează accesul la rețea și au avantajul că permit utilizare mai eficientă și flexibilă a lărgimii de bandă. În prezent cele mai multe dintre tehnologiile specifice rețelelor locale folosesc tehnici de schimb de pachete. Spre deosebire de Token Ring, care folosește o tehnică de transfer deterministă, Ethernet transferă date în mod nedeterminist.

Frame Relay este considerat ca o variantă îmbunătățită a protocolului **X.25**, dar de la care **nu** moștenește câteva dintre caracteristicile mai importante, cum sunt **fereastra variabilă** și **retransmiterea datelor pierdute**. Aceste funcții sunt lăsate pe seama protoalelor de la nivelul **OSI 4 – Transport**, furnizate de alte suite de protoale, cum este **TCP** (*Transmission Control Protocol*) sau **SPX** (*Sequenced Packet Exchange*).

Frame Relay operează prin conexiuni specifice **WAN** (nivelele **OSI 1** și **2**) care sunt, în ultimul timp, mai sigure din punctul de vedere al integrității datelor transmise, decât ceea ce ofereau conexiunile de **X.25**, la momentul apariției aceluiași protocol.

Frame Relay este un protocol de la nivelul **OSI 2** și folosește, pentru manipularea circuitelor virtuale, încapsularea **HDL**C, fără să aibă componente ale nivelelor **OSI 3** și **4**, spre deosebire de **X.25** care folosește **PLP** (*Packet Layer Protocol*) componentă a nivelului **OSI 3 - Rețea** și transferă date prin confirmare cu „fereastră” variabilă și retransmisia cadrelor pierdute, componente simple ale nivelului **OSI 4 - Transport**.

Renunțarea la acestea din urmă permite ca **Frame Relay** să aibă performanțe superioare lui **X.25**, în ceea ce privește eficiența transmisiei, ceea ce îl face mai potrivit pentru conexiunile **WAN** actuale și pentru interconectarea rețelelor locale (**LAN**). O rețea **Frame Relay** poate fi compusă din calculatoare-client sau server, ca echipamente terminale (**DTE**) și echipamente de comutare și comunicație în rețea (*switch*), rutere, **CSU/DSU** și multiplexoare.

7.2.2. Standarde Frame Relay.

Propunerea pentru un standard, care se referea la *Frame Relay*, a fost prezentată pentru analiză la **CCITT** (*Consultative Committee on International Telephone and Telegraph*) și **ANSI** (*American National Standards Institute*), în 1984.

Datorită unor lipsuri legate de incompatibilitatea cu alte sisteme de co-municație și a unor vicii de standardizare, protocolul nu s-a răspândit foarte mult în acel moment. În 1990, mai multe companii implicate în producerea și dezvoltarea tehnologiilor de rețea, de exemplu **Cisco**, **DEC** (*Digital Equipment Corporation*), **Northern Telecom**, și **StrataCom**, formează un consorțiu care își concentrează atenția asupra dezvoltării tehnologiei **Frame Relay**.

Pornind de la specificațiile inițiale ale protocolului, sunt adăugate funcțiuni noi cu caracteristici care să permită utilizarea protocolului în medii de rețea complexe.

Aceste funcțiuni sunt cunoscute sub denumirea generală de interfață pentru management local (**LMI - Local Management Interface**). După publicarea specificațiilor propuse de acest consorțiu, au apărut mai multe variante propuse și de alți producători de echipamente. **ANSI** și **CCITT** au elaborat ulterior propriile standarde ale unor variante de **LMI**, standarde care sunt mai frecvent utilizate în acest moment decât variantele inițiale.

În acest moment, *Frame Relay* face obiectul unor standarde internaționale **ITU-T** (*International Telecommunication Union - Telecommunications Standards Section*).

7.2.3. Dispozitive specifice pentru Frame Relay.

Dispozitivele utilizate în structura unei rețele *Frame Relay* se împart în două mari categorii: echipamente terminale de date (**DTE**) și echipamente de comunicare (**DCE - Data Circuit-terminating Equipment**).

- Dispozitivele **DTE** sunt considerate ca fiind elementele de la capetele unei rețele și sunt așezate în imediata apropiere a beneficiarului de servicii de rețea și pot fi în proprietatea acestuia (terminale, calculatoare personale, rutere etc.) [4].

- Dispozitivele **DCE** sunt echipamente din dotarea furnizorilor de servicii de comunicație și asigură schimbul de servicii, contorizarea, adică transmiterea datelor de-a lungul unei rețele cu arie mare de acoperire (**WAN**). **Figura 7.8** prezintă relația dintre aceste două tipuri de dispozitive.

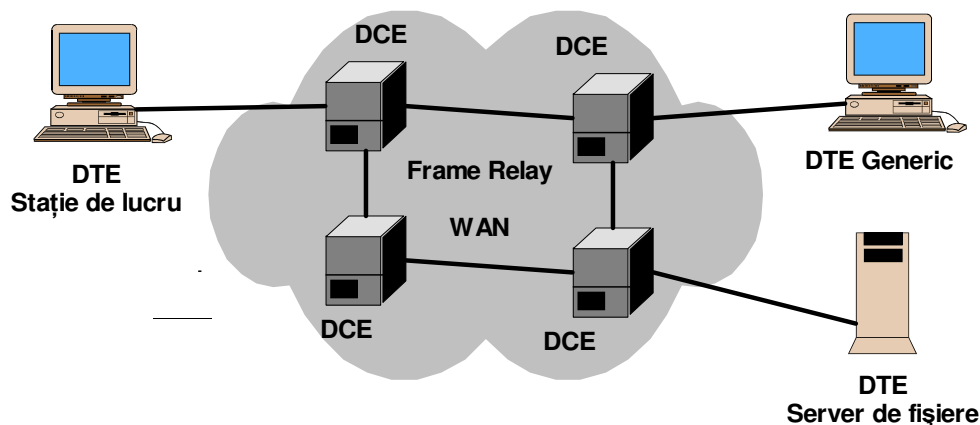


Fig. 7.8. Relația dintre echipamentele DTE și DCE în cadrul WAN.

Conexiunea dintre DTE și DCE este compusă din componente ale nivelelor fizic și al legăturilor de date (**OSI 1 și 2**). Una dintre interfețele folosite pentru materializarea nivelului fizic este standardul IEA/TIA 232. Componenta nivelului legăturii de date se referă la protocolul prin care comunică un dispozitiv DTE (terminal sau ruter) cu unul DCE (*switch*), acesta fiind **Frame Relay**.

7.2.4. Circuite Virtuale Frame Relay.

Frame Relay furnizează o legătură de date bazată pe conexiune, ceea ce înseamnă că se inițiază un canal de comunicație, între fiecare pereche de terminale, căruia îi este asociat un identificator de conexiune. Acest serviciu este implementat cu ajutorul circuitelor virtuale, de-a lungul unei rețele cu schimb de pachete **PSN** (*Packet-Switched Network*), specifice tehnologiei **Frame Relay**. Circuitele virtuale furnizează o cale de comunicație bidirecțională între cele două DTE, identificate în mod unic printr-un identificator al conexiunii de la nivelul legăturii de date, numit **DLCI** (*Data-Link Connection Identifier*). Se pot astfel deschide și transmite prin rețea mai multe circuite virtuale, printr-un singur circuit fizic, cu ajutorul unui proces de multiplexare. Aceasta poate reduce complexitatea infrastructurii de rețea, necesară pentru conectarea simultană a mai multor terminale (DTE).

Un circuit virtual poate străbate mai multe dispozitive de comunicație DCE intermediare, în acest caz de tip *switch*, localizate în interiorul rețelei cu schimb de pachete (PSN) **Frame Relay**. Circuitele virtuale se împart, ca și în cazul protocolului **X.25**, în două categorii: circuite virtuale comutate (**SVC**) și circuite virtuale permanente (**PVC**).

7.2.5. Circuite virtuale comutate SVC (*Switched Virtual Circuits*).

Circuitele virtuale comutate (**SVC**) sunt conexiuni temporare utilizate pentru transferuri de date ocazionale, de-a lungul unei rețele **Frame Relay**. O sesiune de comunicație presupune efectuarea următoarelor patru faze:

- Configurarea legăturii (*Call setup*) - Stabilirea circuitului virtual între cele două dispozitive terminale,
- Transferul datelor - Transferul datelor între cele două terminale,
- Așteptare (*Idle*) - Conexiunea este activă, dar nu are loc transfer de date. Dacă după un anumit interval de timp de așteptare nu are loc transfer de date, conexiunea virtuală se poate închide.
- Întreruperea legăturii - Circuitul virtual dintre cele două terminale este întrerupt.

După întreruperea unui circuit, terminalele trebuie să stabilească un nou circuit virtual în cazul în care se cere un nou transfer de date, ceea ce înseamnă stabilirea unei noi sesiuni, menținerea și încheierea ei, pe baza acelorași protocoale de semnalizare folosite la **ISDN**. Deoarece sunt puțini producători de echipamente de comunicație (DCE), pentru rețelele **Frame Relay**, care

suportă conexiuni prin circuite virtuale comutate (**SVC**), utilizarea acestora în ultimul timp este redusă. Cu toate acestea, conexiunile prin circuite virtuale comutate sunt mai economice datorită faptului că circuitele nu sunt folosite tot timpul.

7.2.6. Circuite virtuale permanente PVC (*Permanent Virtual Circuits*).

Circuitele virtuale permanente sunt conexiuni stabilite permanent care se utilizează pentru transferuri frecvente și semnificative de date, între terminale. Comunicația de-a lungul unei rețele **Frame Relay**, printr-un circuit virtual permanent (**PVC**) nu necesită faza de configurare și întrerupere a apelului (legăturii), ca în cazul circuitelor virtuale comutate (**SVC**). Conexiunile prin circuite virtuale permanente (**PVC**) se pot afla doar în una dintre următoarele două stări:

- Transfer de date - Datele sunt transmise între terminale de-a lungul circuitului virtual,
- Așteptare - Conexiunea între terminale este activă, dar nu are loc transfer de date între terminale. Spre deosebire de circuitele virtuale comutate (**SVC**), circuitele virtuale permanente nu sunt întrerupte, nici chiar după o anumită perioadă de timp, starea de așteptare se păstrează până la următorul transfer de date.

Terminalele pot transmite date în orice moment, deoarece circuitul virtual este stabilit permanent.

7.2.7. Identificatorul conexiunii de la nivelul legăturii de date DLCI (*Data-Link Connection Identifier*).

Frame Relay este o interfață între echipamentele terminale și cele de comunicație. Pentru a putea multiplexa mai multe canale logice de transfer de date, numite circuite virtuale, de-a lungul aceluiași mediu se atribuie fiecărei perechi **DTE/DCE** un identificator numeric **DLCI** (*Data-Link Connection Identifier* - identificatorul conexiunii de la nivelul legăturii de date). Prin multiplexare se poate crește eficiența utilizării resurselor de rețea (circuite și lățime de bandă), aceleași dispozitive de comunicație fiind folosite de mai mulți utilizatori simultan. Spre deosebire de aceasta, o rețea clasică de telefonie utilizează circuite electrice individuale, pentru o anumită conexiune între două terminale. Dacă transmisia de date este periodică, în cazul comunicației prin circuite comutate (rețea de telefonie) există două situații: conectarea la cerere (*Dial-Up Networking*, *Dial on Demand Routing*) și circuite telefonice dedicate (linii închiriate). În oricare dintre aceste două cazuri cheltuielile, asociate transferului de date, pot fi mari datorită utilizării ineficiente a rețelei de comunicație. Printr-o analogie simplă, o rețea **Frame Relay** poate fi asemănată cu o autostradă pe care circulă autovehicule, spre diferite direcții, unele după altele. În baza aceleiași analogii, într-o rețea de telefonie (cu circuite electrice comutate, sau dedicate) se asigură câte un drum pentru fiecare autovehicul.

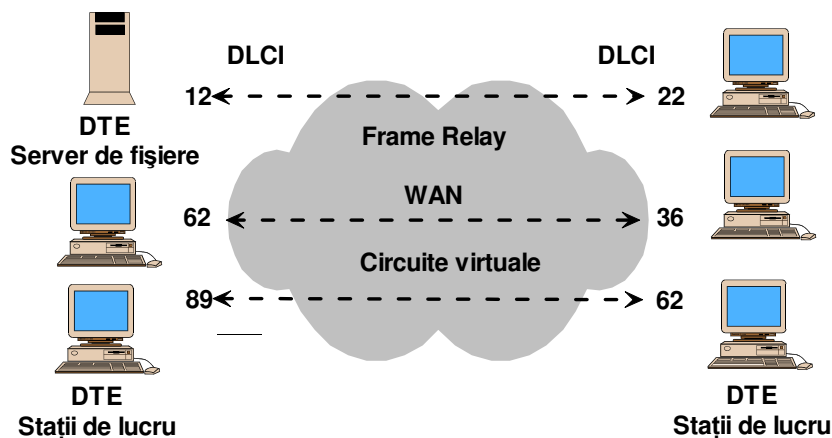


Fig. 7.9. Adresarea terminalelor la circuitele virtuale Frame Relay.

În cazul protocolului **Frame Relay**, conexiunile virtuale sunt identificate de un număr **DLCI** (*Data-Link Connection Identifier*) a cărui valoare este **atribuită** de **furnizorul de servicii Frame**

Relay (în unele cazuri compania de telefonie). Identificatorul **DLCI** are doar semnificație locală, ceea ce înseamnă că valoarea sa este unică doar în cadrul rețelei locale (LAN), nu și în cea cu arie largă de întindere (WAN). În **figura 7.9** se poate vedea cum la două terminale diferite se poate alocă aceeași valoare **DLCI**, în cadrul aceleiași rețele **Frame Relay** (WAN).

7.2.8. Mecanisme pentru controlul congestiei.

Înainte de a vedea cum funcționează mecanismul de control a congestiei trebuie prezentate câteva elemente legate de rata de transfer a circuitelor. Termenii mai importanți sunt:

- **Rata de acces** este viteza portului (conexiunii locale - *local loop*) cu care datele sunt transferate între terminal și rețeaua *Frame Relay*.
- **Rata de transfer garantată (CIR - Committed Information Rate)** reprezintă rata de transfer, în biți pe secundă, pe care furnizorul de servicii de rețea o garantează clienților.
- **Bc (Committed Burst - "explozie" garantată)** este numărul maxim de biți pe care un echipament de comunicație (*switch*) îl poate primi într-un anumit interval de timp.
- **Be (Excess burst)** este numărul maxim (negarantat) de biți pe care dispozitivele de comunicație le poate transmite peste rata de transfer garantată (**CIR**). Valoarea acesteia depinde de oferta de servicii a furnizorului, dar este limitată și de viteza conexiunii locale.

Pentru reducerea încărcării rețelei (evitarea congestiei) se folosesc mecanisme simple de notificare a congestiei apărute undeva în rețea. Se permite astfel controlul fluxului pe seama protocoalelor de la nivele superioare, pentru fiecare circuit virtual în parte, fără să fie nevoie de "sacrificarea" datelor (abandonarea lor pe traseu). Aceasta face ca acest tip de rețea să fie sigură din punctul de vedere al integrității datelor.

Pentru acesta se folosesc două mecanisme de notificare a congestiei:

- **Notificarea explicită "în față" a congestiei FECN (Forward -Explicit Congestion Notification),**
- **Notificarea explicită "în urmă" a congestiei BECN (Backward -Explicit Congestion Notification).**

Atât notificarea "în față" (**FECN**) cât și cea "în urmă" (**BECN**), sunt controlate de câte **un** singur **bit**, aflat în **antetul cadrului Frame Relay**. Antetul conține un bit **DE (Discard Eligibility)** care identifică acele cadre care conțin date mai puțin importante și care pot fi abandonate în caz de congestie.

Bitul de notificare explicită "în față" a congestiei FECN (Forward-Explicit Congestion Notification).

Bitul **FECN** face parte din câmpul de adresă, aflat în componența cadrului *Frame Relay*. Mecanismul prin care se face notificarea de tip **FECN** se declanșează atunci când un terminal (**DTE**) transmite cadre cu date spre rețea. Dacă rețeaua este congestionată, dispozitivul de comunicație (**DCE, switch**) fixează la **1** bitul **FECN**. Când cadrul cu datele ajunge la terminalul destinație, câmpul de adresă, cu bitul de congestie **FECN** egal cu **1**, indică existența congestiei undeva pe drum, între sursă și destinație.

Componenta de la nivelul legăturii de date, de pe terminalul destinație (care primește cadrul), extrage și interpretează această informație, transmi-țând-o apoi protocolului de la nivelul superior. Dacă protocolul dispune de mecanismele necesare, pentru controlul fluxului de date, va putea decide dacă să micșoreze nivelul acestuia, sau să ignore notificarea.

Bitul de notificare explicită "în urmă" a congestiei BECN (Backward-Explicit Congestion Notification).

Bitul **BECN** este, de asemenea, parte a câmpului de adresă, aflat în componența antetului cadrului *Frame Relay*. Dispozitivele de comunicație (**DCE**) fixează bitul **BECN** la valoarea 1 într-un cadru care circulă în sens invers (spre terminalul dinspre care tocmai a primit date, în sens opus față de sensul în care a trimis cadrul cu bitul **FECN**). Prin aceasta terminalul (**DTE**), conectat direct la dispozitivul de

comunicație, va fi informat că o parte din drumul parcurs de cadrul cu date, între sursă și destinație, este congestionat. Componenta de la nivelul legăturii de date, de pe terminalul care primește cadrul, va transmite această informație protocolului de la nivelul superior, care va decide dacă să micșoreze nivelul fluxului de date, sau să ignore notificarea.

Bitul de marcare a cadrelor cu date fără importanță DE (*Frame Relay Discard Eligibility*).

Bitul **DE** (*Discard Eligibility*) marchează cadrele care conțin date fără importanță și este folosit pentru a anunța echipamentele de pe drum că acestea pot fi descărcate în cazul apariției unei congestii, în rețea.

Bitul **DE** face parte din câmpul de adresă și este activ dacă are valoarea 1. Dispozitivul terminal poate fixa valoarea acestui bit în funcție de importanța datelor din cadru. Când rețeaua este foarte încărcată, dispozitivele de comunicație (**DCE**) vor abandona cadrele care au bitul **DE** egal cu 1, înaintea celorlalte. Aceasta reduce probabilitatea abandonării, de către dispozitivele de comunicație, a datelor importante, în timpul stărilor de congestie.

7.2.9. Verificarea erorilor (*Frame Relay Error Checking*).

Frame Relay folosește un mecanism de verificare a erorilor, întâlnit des în transferul și stocarea informației, cunoscut sub numele de **CRC** (*Cyclic Redundancy Check*). **CRC** compară două valori, calculate la sursă și la destinație, folosind datele conținute de cadre, pentru a determina dacă au apărut erori (modificări ale conținutului cadrelor cu date) în timpul transmisiei.

Mecanismele de verificare a integrității datelor transmise sunt mai eficiente, decât cele de corecție a erorilor, deoarece reduc încărcarea echipamentelor din rețea.

Cadrele alterate în timpul transmisiei sunt abandonate, sarcina de recuperare a informației pierdute, fiind lăsată protocoalelor de la nivelul **OSI 4 - Transport**. De aceea, este asociat de obicei cu protocoale evaluate, care au componente de transport, cum este **TCP/IP** (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*).

Fiind lipsit de mecanisme de corecție a erorilor, *Frame Relay* trebuie să utilizeze medii de transmisie sigure (puțin afectate de surse de erori), cu o rată de pierderi redusă.

Interfața de management local (*Frame Relay Local Management Interface*).

LMI – (*Local Management Interface*), interfața de management local este un standard de semnalizare între echipamentele de la sediul clientului (**CPE** - *Customer Premises Equipment*) și echipamentele de comunicație ale rețelei *Frame Relay*. **LMI** conține o suită de îmbunătățiri ulterioare aduse celor de bază, în 1990 de către firma Cisco Systems, StrataCom, Northern Telecom și Digital Equipment Corporation.

Aceasta oferă câteva caracteristici suplimentare (extensii) folosite la administrarea conexiunilor dintre rețelele complexe. Sunt incluse aici soluții pentru adresarea globală, mesaje de stare ale circuitelor virtuale și transmisii *multicast*.

Principalele avantaje ale **LMI** sunt legate de determinarea stării operaționale a diferitelor circuite virtuale, informații foarte utile pentru procesele de rutare. Ruterele pot astfel să fie bine informate asupra circuitelor virtuale disponibile.

Transmiterea de pachete de menținere în activitate a circuitelor virtuale permanente (*keepalive packets*), necesare evitării stărilor prelungite de inactivitate și întreruperea circuitelor. Mai răspândite sunt trei dintre variantele de **LMI** și anume **ANSI**, **Cisco** și **Q933a**.

În plus față de specificațiile inițiale de transfer de date, specificațiile **LMI** oferă suport pentru adresare la scară mare (*global addressing*), în rețele de mari dimensiuni.

- Extensia **LMI** (opțională) de adresare globală oferă identificatorului de conexiune de la nivelul legăturii de date (**DLCI**) valori globale (unice în **WAN**) nu doar locale. Prin identificarea unică a terminalului, **DLCI** oferă mai multe avantaje de interconectare și administrare. Se pot aplica astfel tehnici standard de asociere și determinare a adreselor ierarhice (prin aplicare de protocoale **ARP** - *Address*

Resolution Protocol), ceea ce face ca rețeaua astfel concepută să fie similară, din punctul de vedere al adresării, cu o rețea locală (**LAN**). O astfel de rețea are, de obicei, rutere ca echipamente terminale.

- O altă extensie **LMI** (opțională) oferă posibilitatea transmiterii de mesaje despre starea circuitelor virtuale și asigură funcțiuni de comunicare și sincronizare între terminale (**DTE**) și dispozitivele de comunicație (**DCE**). Aceste mesaje sunt folosite pentru comunicarea periodică a stării circuitelor virtuale permanente (**PVC**), apariția unora noi, sau încheierea lor. Aceste mesaje sunt foarte importante în prevenirea transmiterii "în gol" a pachetelor de date în cazul întreruperii circuitelor.

- Extensia **LMI** (opțională) pentru transmisia multiplă (multicasting) permite transmiterea multiplă spre mai multe terminale de rețea (adresă de grup). Transmisia multiplă micșorează traficul, deoarece pachetele de date, informațiile de rutare (*routing updates*) și mesajele pentru determinarea adresei (*address-resolution messages*) se trimit o singură dată spre mai multe destinații, rutarea făcându-se doar spre un anumit grup de rutere și terminale. Extensia **LMI** pentru multicasting trimite periodic și mesaje cu rapoarte despre starea grupurilor de adrese.

- **LMI** oferă și o extensie opțională de control a fluxului, diferit de cel care utilizează notificările asupra congestiei deoarece nu toate protocoalele de nivel superior pot să utilizeze aceste notificări. Această extensie furnizează un mecanism **XON/XOFF** de control al fluxului, aplicat de-a lungul întregii rețele.

7.2.10. Implementarea rețelelor *Frame Relay*.

În general, o rețea tipică **Frame Relay** se folosește, alături de alte protocoale, de circuite și echipamente specifice tehnologiilor de telecomunicație (în ultimul timp **T1** sau **E1**). Interfețele **Frame Relay** transmit traficul dinspre rețeaua de telecomunicații spre rețeaua de date și invers, traficul altor protocoale utilizate pentru telefonie, tele sau video conferințe fiind manipulat de către alte echipamente și aplicații specifice, ca **PBX** (*Private Branch Exchange* - sistem de transfer, utilizat pentru conectarea rețelei telefonice analogică, sau digitală, aflat la sediul abonatului).

Rețeaua este compusă dintr-un număr de echipamente **DTE** (de obicei rutere) conectate prin echipamente de multiplexare la circuite tradiționale punct-la-punct (**T1**, **E1** sau fracțiuni ale acestora, linii de 56 kbps etc.). Un exemplu de astfel de rețea se poate vedea în **figura 7.10**.

Rețelele **Frame Relay** dezvoltate în ultimul timp, sunt destinate să furnizeze unor clienți, servicii publice de transmisii de date, dar pot fi întâlnite și ca soluții pentru rețele private de întreprindere. În paragraful care urmează se vor prezenta aceste două variante tipice de implementare.

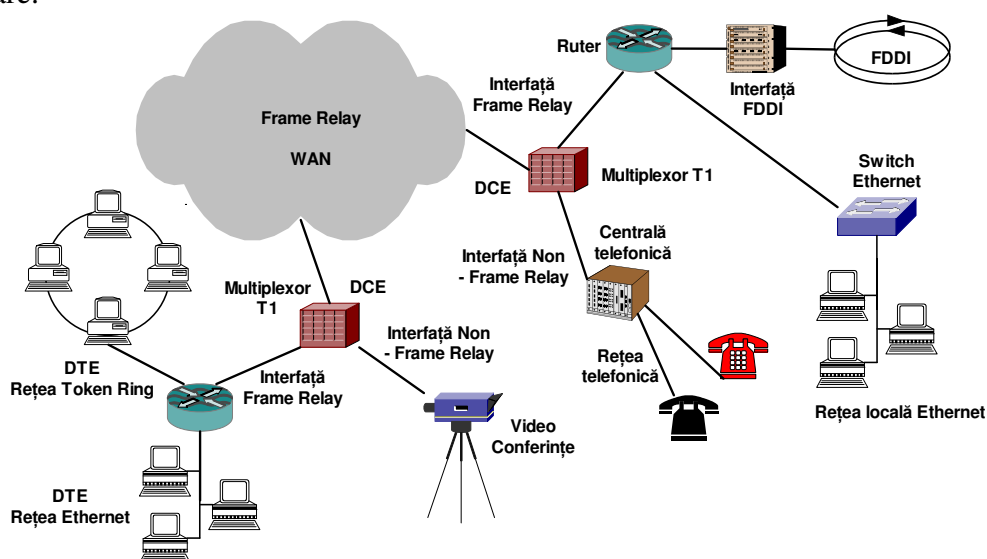


Fig. 7.10. Un exemplu simplu de rețea *Frame Relay* care conectează la WAN diferite tipuri de echipamente.

7.2.11. Rețele publice de transfer (*Public Carrier-Provided Networks*).

În rețelele publice de transport, echipamentele de comutare sunt localizate la sediul furnizorului de servicii de telecomunicație. Abonații folosesc servicii și echipamente aflate în dotarea propriei lor rețele, dar nu sunt încărcăți cu întreținerea și administrarea acestora.

Echipamentele de comunicație (**DCE**) sunt, în general, în proprietatea furnizorului de servicii de telecomunicații, dar se pot afla și în custodia, sau proprietatea clientului. Majoritatea rețelilor **Frame Relay** sunt rețele publice de furnizare a transportului de date.

7.2.12. Rețele private de întreprindere (*Private Enterprise Networks*)

În multe situații întâlnite în ultimul timp, organizații de mari dimensiuni își dezvoltă rețele private **Frame Relay**, pentru care își asumă responsabilitatea administrării și întreținerii.

În acest caz, toate echipamentele, atât cele terminale (**DTE**), cât și cele de comunicație și comutare (**DCE**, switch) sunt în proprietatea clientului.

7.2.13. Formatele cadrelor *Frame Relay*.

Pentru a înțelege rolul și funcțiunile cadrelor *Frame Relay*, trebuie să urmărim structura acestora prezentată în **figurile 7.11. și 7.12.** În primul caz avem de-a face cu formatul de bază (inițial) al cadrului, iar în cel de-al doilea cu versiunea ulterioară utilizată de LMI.

Fanioanele (*flags*) indică începutul și sfârșitul cadrului. În afară de acestea mai există trei componente de bază, și anume: antetul și câmpul de adresă, câmpul cu datele utile și secvența de verificare a cadrului (**FCS - Frame Check Sequence**) [4].

Formatul Standard al cadrelor *Frame Relay*

Cadrelor standard sunt formate din câmpurile prezentate în **figura 7.11.**

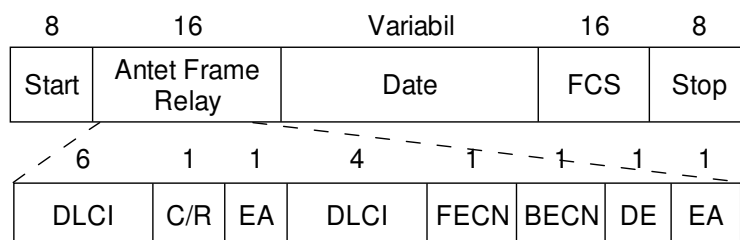


Fig. 7. 11. Formatul cadrelor standard *Frame Relay*.

Semnificația acestora este următoarea:

- **Start/Stop (Flag start/stop cadru)** - Delimitează începutul și sfârșitul unui cadru. Acesta este un câmp de "semnalizare", valoarea acestuia fiind întotdeauna aceeași (în hexazecimal 7E, iar în binar 01111110). Rolul acestuia este de a delimita cadrele *Frame Relay* de cadrele altor protocoale care pot să coexiste pe același mediu fizic.

- **Adresă** - este un câmp compus din 16 biți, care conține următoarele informații:

- **DLCI** - 10 biți (primii șase biți ai primului octet, împreună cu primii patru ai celui de-al doilea) care reprezintă identificatorul conexiunii virtuale dintre dispozitivul terminal și cel de comunicație (în acest caz *switch*). Fiecare circuit virtual, multiplexat prin același canal fizic, va avea un identificator unic de-a lungul acestuia. Valoarea DLCI are doar semnificație locală, dispozitivele aflate la capetele unei conexiuni putând avea valori ale DLCI diferite, pentru a specifica aceeași conexiune virtuală.

- **EA (Extended Address - adresă extinsă)**, al 8-lea bit al fiecărui octet din câmpul de adresă, se utilizează pentru a indica dacă avem de-a face cu adresă extinsă sau nu. Dacă EA este egal 1, octetul din care face parte este ultimul octet de adresă, adică ultimul câmp DLCI, iar dacă EA este

egal cu 0, atunci înseamnă că mai urmează încă un octet de adresă, care conține biți alocați pentru DLCI. Deși versiunile actuale de Frame Relay utilizează doi octeți pentru DLCI, bitul EA permite extinderea în viitor a dimensiunii DLCI la mai mult de 10 biți.

- **C/R (Command/Response)** - este un bit (al 7-lea din câmpul "Adresă") care urmează după primul câmp DLCI, din octetul cel mai semnificativ al câmpul de adresă. Acest bit este rezervat pentru scopuri particulare.

- **FECN, BECN și DE** (controlul congestiei) este un câmp de trei biți, (de la al 13-lea, până la al 15-lea) din câmpul de adresă, prin care Frame Relay transmite mesaje de notificare a congestiei, punând astfel în funcțiune mecanismul de control al congestiei.

FECN (*Forward-explicit congestion notification*) este un bit pe care un echipament de comunicație (*switch*) poate să-l fixeze la valoarea 1, pentru a indica echipamentului terminal-destinație (DTE, ruter) că în timpul transmiterii cadrelor, pe ruta sursă-destinație, a apărut o situație de congestie.

BECN (*Backward-explicit congestion notification*) este un bit pe care un echipament de comunicație (*switch*) poate să-l fixeze la valoarea 1, pentru a indica echipamentului terminal-sursă (DTE, ruter) că în timpul transmiterii cadrelor, pe ruta sursă-destinație, a apărut o situație de congestie.

DE (*Discard Eligibility*) este un bit pe care echipamentul terminal (DTE) sursă poate să îl fixeze la valoarea 1 în cazul cadrelor mai puțin importante. Cadrele marcate cu DE egal cu 1 pot fi abandonate, înaintea altora, în cazul apariției unei situații de congestie.

- **Date** - câmp, de dimensiune variabilă, în care sunt încapsulate datele utile, unități de date (PDU) ale protocoalelor de nivel superior. Fiecare cadru poate transporta date cu dimensiune variabilă, de la 1 până la 16.000 octeți.

- **Secvența de verificare a cadrului (FCS - Frame Check Sequence)** se folosește pentru verificarea integrității datelor transmise. Valoarea sa se calculează de către sursă, în timpul procesului de încapsulare, pe baza unei metode CRC (Cyclic Redundancy Check) și se verifică apoi la destinație.

În cazul transferării corecte a datelor, cele două valori trebuie să fie egale. Frame Relay nu folosește mecanisme de corecție a erorilor, acestea fiind lăsate în sarcina protocoalelor de nivel superior.

Formatul cadrelor LMI.

Cadrele Frame Relay care respectă specificațiile LMI au componentele prezentate în **figura 7.12**.

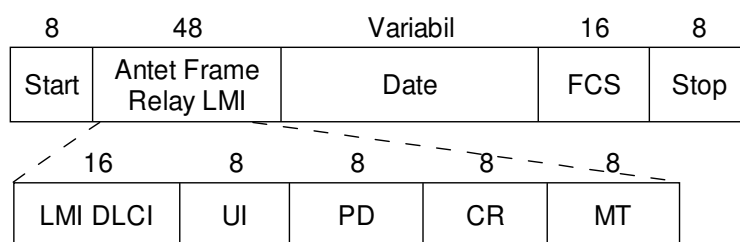


Fig. 7.12. Formatul cadrelor de tip **LMI** Frame Relay.

Specificația LMI.

Spre deosebire de cadrele standard, cadrele care respectă specificația **LMI** au patru octeți imputerniciți cu funcțiuni speciale (**UI, PD, CR și MT**). În afară de câmpurile *Flag*, *Date* și *FCS*, care au aceeași semnificație ca la cadrele standard, celelalte câmpuri au semnificația următoare:

- **Flag** (fanion) (un octet) este un câmp de semnalizare a începutului și sfârșitului unui cadru. Este definit de secvența binară 01111110.

- **LMI DLCI**, un câmp de doi octeți care identifică formatul LMI al cadrului (diferit de cel standard) și are valoarea, convenită, de consorțiul care a elaborat versiunea, de 1023 (DLCI=1023).

- **UI** (*Unnumbered Information Indicator*) un octet care are același format și semnificație ca și indicatorul de cadru corespunzător protocolului LAPB (vezi X.25) care are fixat la zero bitul "de alegere" (final).
- **PD** (*Protocol Discriminator*) este un câmp de un octet a cărui valoare indică tipul extensiei **LMI** pentru care se utilizează cadrul respectiv.
- **CR** (*Call Reference*), un octet care nu se folosește încă pentru nici un scop, fiind rezervat pentru extensii viitoare. Toți biții acestui octet sunt egali cu zero.
- **MT** (*Message Type*), un octet care definește tipul mesajului transmis de cadrul respectiv. Sunt definite două tipuri de mesaje:
 - **Mesaje de investigare a stării** (*Status-inquiry message*) permit unui terminal să ceară informații despre starea rețelei.
 - **Mesaje de stare** (*Status message*), se transmit ca răspuns la un mesaj de interogare transmis anterior. Mesajele de stare includ informații despre starea și durata de menținere (*keepalives*) a circuitelor virtuale permanente (PVC). Mesajele de stare împreună cu cele de interogare a stării permit verificarea integrității legăturilor fizice și logice. Acestea sunt foarte importante în rețelele care folosesc protocoale de rutare de tip "*link state*" (OSPF, BGP etc.), care aleg rutele în funcție de starea legăturilor.
- **Informații** (IE - *Information Elements*) este un câmp, cu dimensiune variabilă care urmează celui care indică tipul mesajului, compus din mai multe informații individuale
 - **Identificatorul IE** (*IE Identifier*) un octet care permite identificarea unică a tipului elementului de informație.
 - **Lungimea IE** (*IE Length*) un octet care indică lungimea câmpului IE.
- **Date** este un câmp variabil între un octet și 16.000 în care sunt încapsulate datele provenite de la protocolul de nivel superior.
- **Frame Check Sequence (FCS)** este un câmp de doi octeți care conține secvența de verificare a cadrului.

TESTE DE AUTOEVALUARE**I. Alege ☐ i varianta de răspuns corectă:**

1. Suita X.25 ocupă următoarele nivele ale modelului de referință OSI:
 - a) fizic, legătură, transport;
 - b) fizic, legătură, pachet;
 - c) fizic, legătură, rețea;
 - d) EIA/TIA-449, LAPB, PLP și HDLC;
 - e) fizic, legătură, rețea și transport;
2. Frame Relay este serviciu implementat cu ajutorul circuitelor virtuale, care sunt de următoarele tipuri:
 - a) primare (PVC) și secundare(SVC);
 - b) primare (PSN) și logice (LMI);
 - c) primare (PVC) și secundare (SVC);
 - d) permanente (PVC) și ocazionale (SVC);
 - e) DLCI și LMI.
3. Mecanismul pentru controlul congestiei utilizează următoarele mesaje de notificare:
 - a) CIR și DLCI;
 - b) DE, BC și BE;
 - c) DE, FECN și BECN;
 - d) Nu are mecanism de notificare;
 - e) FCS, FECN și BECN.

II. Alege ☐ i răspunsul corect:

1. Circuitele virtuale comutate (SVC) sunt conexiuni temporare utilizate pentru transferuri de date ocazionale, de-a lungul unei rețele Frame Relay.
☐ adevărat ☐ fals
2. Câmpul de date al unui cadru Frame Relay are dimensiune variabilă, cuprinsă între 1 și 65.535 octeți.
☐ adevărat ☐ fals
3. 3. Câmpul Flag (un octet) este un câmp de semnalizare a începutului și sfârșitului unui cadru, fiind definit de secvența binară 11111110.
☐ adevărat ☐ fals

RĂSPUNSURI**I. Varianta de răspuns corectă:**

1. c
2. d
3. c

II. Alegeți răspunsul corect:

1. adevărat
2. fals
3. fals

Bibliografie

1. http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/introwan.htm
2. http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/sdlcetc.htm
3. http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/x25.htm
4. http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/frame.htm