

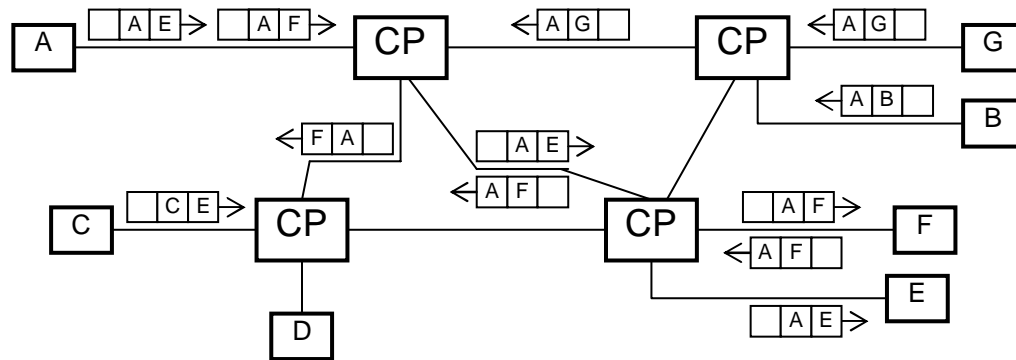
6. REȚELE PUBLICE DE DATE

6.1. Caracteristici generale ale rețelelor publice de date

O rețea publică de date (PDN – Public Data Network) oferă servicii de transmisiuni de date pentru utilizatori aflați într-o arie geografică extinsă. O cerință importantă pentru acest tip de rețele este aceea că ele trebuie să interconecteze echipamente fabricate de diverse firme, echipamente care trebuie să corespundă însă standardelor privind accesul la aceste rețele și utilizarea lor. Recomandările ITU-T din seria X și seria I includ standardele pentru debitele datelor la utilizatori și interfețele acestora cu astfel de rețele.

Sunt două tipuri principale de rețele publice de date: cu comutație de pachete (PSPDN – Packet Switched Public Data Network) și cu comutație de circuite (CSPDN – Circuit Switched Public Data Network). În general, standardele pentru fiecare dintre aceste rețele se referă la cele trei nivele inferioare ale modelului de referință OSI dar, datorită nivelului transport, caracteristicile dependente de rețea ale acestora devin transparente pentru protocoalele nivelelor superioare.

Comutația de pachete este o tehnică ce permite conectarea unui număr mare de utilizatori la un număr limitat de legături și este utilizată în cele mai multe rețele de arie mare (fig. 6.1)



CP - Packet Switching Exchange – Comutator de pachete

A, B, C, D, E, F, G – Data Terminal Equipments (DTE) – Echipamente terminale de date

$\boxed{B|A} \rightarrow$ - Pachet, A= Adresa destinației, B= Adresa sursei

Fig. 6.1 Comutația de pachete

Mesajul (datele) care trebuie transmis este divizat în pachete de lungime limitată, fiecare pachet conținând informația necesară pentru a-l distinge de celelalte pachete din rețea și pentru a indica lungimea sa. Pachetele succesive transmise pe un circuit din rețea pot proveni de la surse diferite și pot avea destinații diferite. Fiecare pachet este rutat în rețea sub controlul comutatoarelor

rețelei, numite și centre de comutație sau noduri, până ajung la destinația lor. Așa cum pachete destinate unor sisteme diferite folosesc în același timp circuitele rețelei, aceste pachete pot proveni de la programe de aplicație diferite care rulează în același calculator. Comutația de pachete este o tehnică avantajoasă în comunicațiile de date deoarece, adesea, datele transmise în rețelele de calculatoare apar sub forma unor succesiuni cu pauze mari între ele.

În comutația de circuite se stabilește o corespondență între cei doi utilizatori, prin intermediul unui circuit, pus la dispoziția lor pe toată durata comunicației. La cele două capete ale circuitului trebuie să se folosească aceleași debite și același mod de reprezentare a informației. În intervalele de timp în care nu se transmit date circuitul nu este utilizat, capacitatea sa de transmisiune fiind astfel risipită.

Tabelul următor prezintă principalele deosebiri între cele două tehnici de comutație.

Comutația de circuite	Comutația de pachete
Asociază cei doi utilizatori la un același debit	Cei doi utilizatori pot folosi debite diferite
Întârziere mică, constantă	Întârziere variabilă
Circuitul de comunicație trebuie să fie fizic disponibil înainte de a începe transmiterea datelor	Se poate începe transmiterea pachetelor imediat
Datele sunt recepționate în ordinea în care au fost emise	Pachetele pot ajunge la recepție în altă ordine
Dacă mai multe procese utilizează aceeași conexiune ele trebuie să aibă același sistem de destinație	Mai multe procese din același sistem sursă pot comunica cu sisteme de destinație diferite
Utilizează întregul circuit pe toată durata apelului (taxare după durata apelului)	Utilizează rețeaua numai cât se transmit pachete (taxare corespunzător traficului)
Adecvată traficului constant	Adecvată traficului variabil

Serviciile oferite de rețelele publice de date cu comutație de pachete sunt de două tipuri: circuit virtual și datagrame. *Circuitul virtual* este o conexiune logică între cei doi utilizatori și implică existența a trei faze: stabilirea conexiunii logice, transferul datelor și eliberarea conexiunii logice. Serviciul de *datagrame* nu implică fazele de stabilire sau eliberare a conexiunii logice, fiecare pachet fiind tratat de rețea în mod independent de celelalte, ceea ce înseamnă că pachetele transmise de la un utilizator către un alt utilizator pot ajunge la acesta din urmă în altă ordine decât cea în care au fost emise.

6.2 Recomandarea X.25: Interfață între DTE și DCE pentru terminale funcționând în mod pachet și conectate la rețele publice de date pe circuite specializate

6.2.1 Prezentare generală

Cele mai multe dintre rețelele cu comutație de pachete, publice sau private, utilizează recomandarea ITU-T X.25 pentru protocoalele de acces ale interfeței dintre DTE (utilizator) și rețea. X.25 are trei nivele care, în mare, corespund celor trei nivele inferioare din modelul OSI. Nivelul 1 din X.25 corespunde nivelului fizic din modelul de referință OSI, nivelul 2 corespunde nivelului legătură de date, iar nivelul 3, numit pachet în X.25, corespunde parțial nivelului rețea din modelul OSI. Deoarece recomandarea X.25 a fost elaborată înaintea modelului de referință OSI, nivelul pachet nu asigură complet serviciul oferit de nivelul rețea în modelul OSI. Toate nivelele din X.25 specifică interfața dintre DTE (terminal) și DCE. În recomandarea X.25 prin DCE se înțelege ceea ce se vede dinspre DTE spre rețea (fig. 6.2), adică modemul pe care se termină circuitul de date, prin care este conectat DTE la un comutator de pachete și comutatorul de pachete cu care terminalul realizează schimbul de informații.

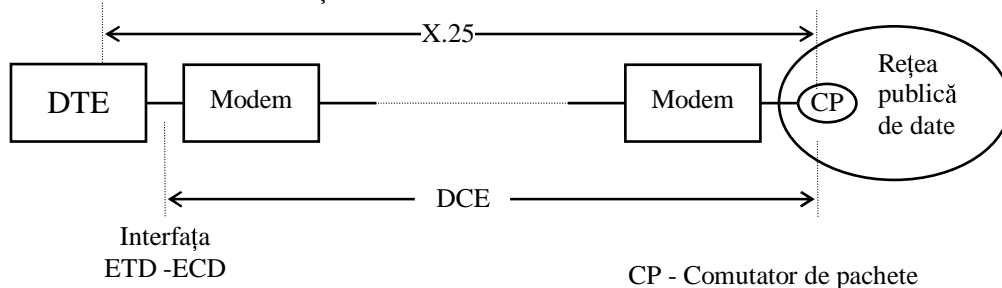


Fig. 6.2 Conexiune X.25

Așa cum se vede în figurile 6.2 și 6.3, protocoalele specificate de X.25 au o semnificație locală.

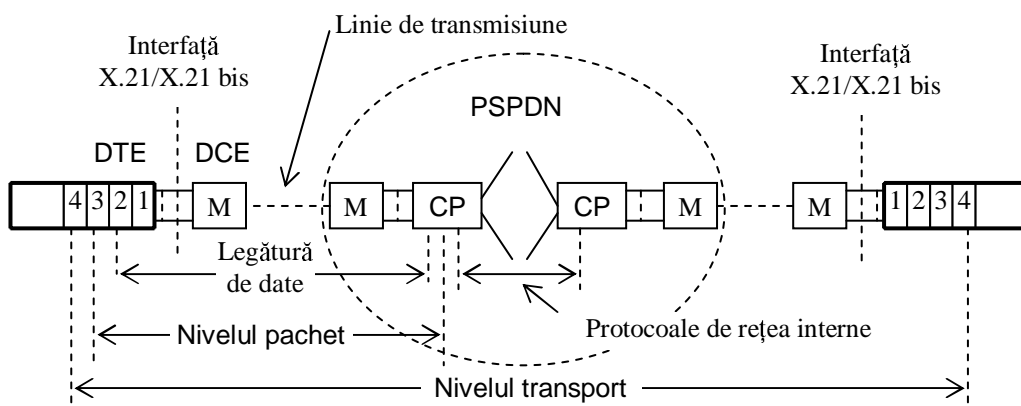


Fig. 6.3 Protocoalele de acces X.25

În recomandarea X.25 sunt prezentate:

- 1) caracteristicile mecanice, electrice, funcționale și procedura pentru a activa, a menține și a elibera legătura fizică între DTE și DCE (nivelul 1 - fizic);
- 2) procedura de acces la legătura de date pentru a schimba datele pe legătura dintre DTE și DCE (nivelul 2 - legătură de date);
- 3) procedurile la nivel pachet, pentru schimbul informației de control și al datelor de utilizator în interfața DTE - DCE.

Datele trecute de la nivelele superioare către nivelul 3 sunt transmise în pachete de date. Fiecare pachet este plasat în câmpul de informație al unui cadru de la nivelul legătură de date. O legătură de date este utilizată, prin multiplexare cu diviziune în timp asincronă, pentru transmiterea pachetelor de date provenite de la mai mulți utilizatori. În principiu, conform protocolului X.25, pe fiecare legătură de date dintre un DTE și comutatorul la care este conectat, se pot stabili 4096 canale logice, fiecare dintre acestea putând fi folosit pentru transmiterea pachetelor provenite de la o anumită sursă.

O succesiune de canale logice în cascadă, stabilită între două DTE, constituie un circuit virtual, pe care se transmit pachete de utilizator în cadrul serviciului cu conexiune, de la un utilizator la altul. Pentru identificare canalele logice stabilite pe o aceeași legătură de date se numerotează de la 0 la 4095.

6.2.2 Nivelul fizic

Nivelul fizic se referă la caracteristicile mecanice, electrice și funcționale ale interfeței dintre DTE și DCE și la procedura necesară stabilirii, menținerii și eliberării conexiunii fizice dintre DTE și DCE. În această procedură este implicat și comutatorul de pachete la care este conectat DTE. X.25 specifică posibilitatea utilizării a două tipuri de interfețe funcționale: X.21 și X.21 bis. Frecvent este utilizată interfața X.21 bis, interfață alcătuită din circuitele de tip V.24: 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 114, 115, 142. Faza de stabilire a conexiunii fizice, incluzând și inițializarea modemurilor, se realizează prin intermediul circuitelor 107, 108, 105 și 106. Urmează faza de transfer date, în care sunt implicate circuitele de date 103 și 104 și circuitele bazei de timp 114 și 115. Faza de eliberare se desfășoară prin intermediul circuitelor 107 și 108.

În ceea ce privește caracteristicile electrice ale acestor circuite, pentru debite mai mici sau egale cu 9600 b/s ele trebuie să corespundă interfețelor V.10 sau V.11, iar pentru debite mai mari de 9600 b/s ele trebuie să corespundă interfeței V.11.

Terminalele pot fi conectate direct la rețea, prin linii dedicate, cu modemuri în banda de bază sau modemuri de bandă vocală, sau pot avea acces prin rețeaua telefonică publică cu comutație, în acest caz folosind numai modemuri de bandă vocală. Terminalele sincrone mod pachet, având implementate protocoalele specificate de X.25, se conectează la comutatorul de pachete. Terminalele asincrone, numite și mod caracter, se conectează la comutator prin intermediul unui echipament asamblor-dezasamblor de pachete (PAD – Packet Assembler-Disassembler) care realizează funcțiunile specificate de X.25.

6.2.3 Nivelul legătură de date

Nivelul legătură de date furnizează nivelului pachet un serviciu de transport al pachetelor, cu controlul erorii și al recepției în secvență, fără lipsuri și fără duplicate, pe conexiunea fizică dintre terminal (DTE) și comutatorul de pachete local. Structura cadrelor și procedurile de control al erorii și al fluxului utilizate de legătura de date se bazează pe protocolul HDLC. Protocolul HDLC funcționează aici în modul asincron echilibrat (ABM), numit LAPB în recomandarea X.25, așa încât, atât DTE, cât și comutatorul de pachete pot iniția transmiterea comenzilor și răspunsurilor în orice moment. Deoarece legătura de date este punct-la-punct, câmpul de adresă al cadrului HDLC este folosit pentru a specifica dacă respectivul cadru este o comandă sau un răspuns. Totdeauna adresa DTE este 3 (00000011) iar adresa DCE este 1 (00000001). Cadrul în care este menționată propria adresă, a celui care emite cadrul, este un răspuns. Cadrul în care este menționată adresa celui care-l va primi este o comandă. Pentru stabilirea conexiunii logice, la nivelul legătură de date, se folosesc cadrele de tipul SABM și UA, iar pentru eliberarea conexiunii logice se folosesc cadrele DISC și UA. În faza de transfer date se utilizează cadre I și S (RR, RNR și REJ). Strategia de control al erorii este de tipul GBN (cu întoarcere la N).

6.2.4 Nivelul pachet

X.25, nivelul 3 (pachet), recomandă modul în care să fie schimbate pachetele între DTE și DCE (mai exact, comutatorul de pachete). Fiecare pachet este conținut în câmpul de informație al unui cadru de la nivelul 2 (legătură de date). Sunt definite patru tipuri de servicii la nivelul pachet: circuit virtual comutat, circuit virtual permanent, datagrame și selecție rapidă.

În serviciul de datagrame fiecare pachet conține informația de adrese necesară pentru a ajunge la destinație și pentru a indica sursa sa. Nu se garantează livrarea sa la destinație.

În principiu, așa cum s-a arătat, conform protocolului X.25, pe fiecare legătură de date dintre un DTE și comutatorul la care este conectat, se pot stabili 4096 canale logice, fiecare dintre acestea putând fi folosit pentru transmiterea pachetelor provenite de la o anumită sursă.

O succesiune de canale logice în cascadă, stabilită între două DTE, constituie un circuit virtual pe care se transmit pachete de utilizator în cadrul serviciului cu conexiune, de la un utilizator la altul. Pentru identificare canalele logice stabilite pe o aceeași legătură de date se numerotează de la 0 la 4095.

Circuitul virtual poate fi de două feluri: comutat sau permanent. Un circuit virtual comutat (CVC) este temporar, se stabilește (faza de apel) și se eliberează la cererea unuia dintre cei doi corespondenți.

Circuitul virtual permanent (CVP) este stabilit de către administrația rețelei, la cerere, între doi utilizatori, pentru un interval de timp determinat. Circuitul este permanent la dispoziția acelorași doi utilizatori și nu necesită, pentru transmiterea datelor, fazele de apel (stabilirea circuitului) și de eliberare.

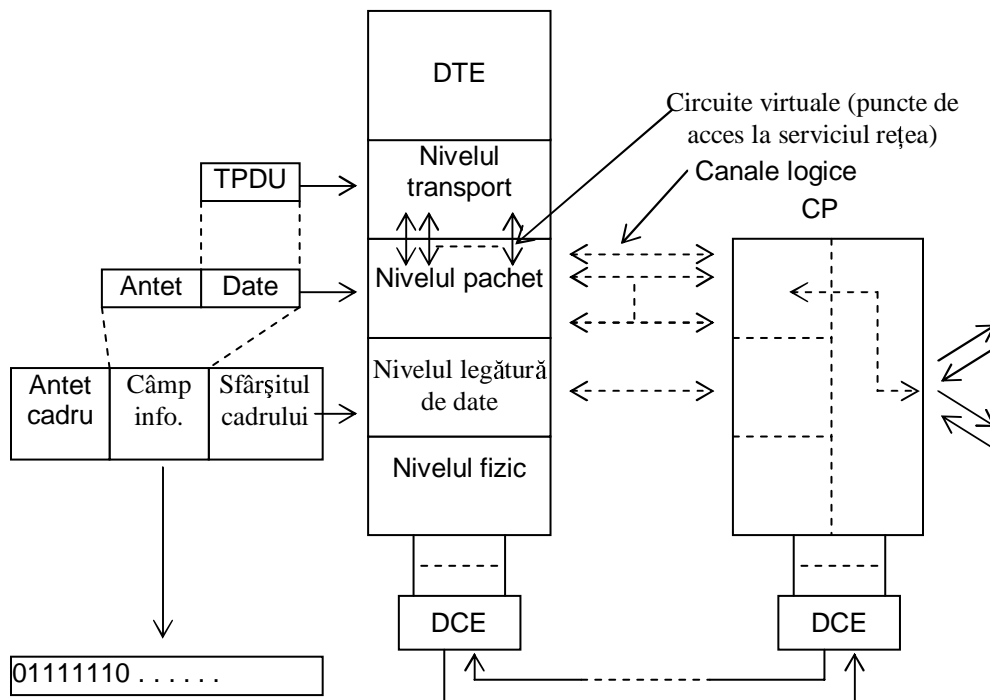


Fig. 6.4 Unități de date X.25 și interacțiunile dintre nivele

Toate pachetele transmise pe un circuit virtual sunt identificate, pe fiecare legătură de date, prin numărul canalului logic utilizat pentru transmiterea lor. Astfel ele se disting de pachetele aparținând altor circuite virtuale care folosesc aceeași legătură de date și, în felul acesta, nivelul pachet realizează și o multiplexare a mai multor circuite virtuale pe același circuit fizic controlat de legătura de date. Unitățile de date și interacțiunile între diferitele nivele sunt prezentate în figura 6.4. Fiecare interfață DTE - DCE își atribuie propriul său set de numere de canale logice. Rezultă că

fiecare circuit virtual, cap la cap între două DTE care comunică unul cu altul, poate folosi numere de canale logice diferite în cele două interfețe de la capetele sale (fig. 6.5).

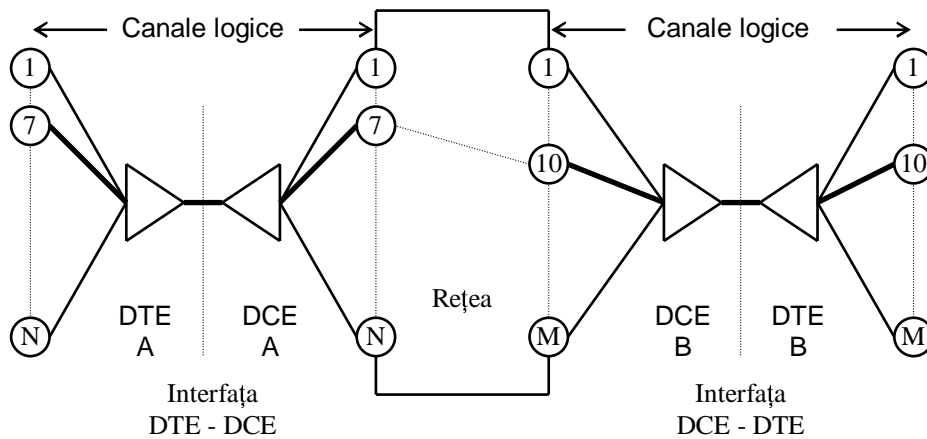


Fig. 6.5 Circuit virtual între două DTE

Se disting trei faze ale comunicației pe un circuit virtual (CV) comutat: stabilirea circuitului (faza de apel), transferul datelor și eliberarea circuitului (fig. 6).

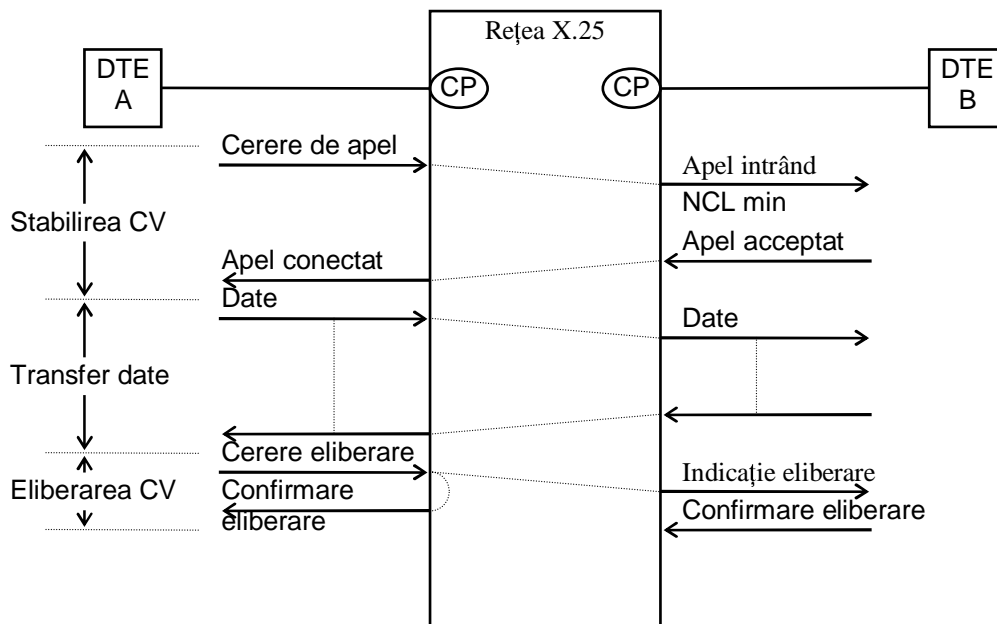


Fig. 6.6 Fazele comunicației pe un circuit

Pentru a solicita stabilirea unui circuit virtual cu DTE B, DTE A va emite un pachet “cerere de apel”. Acest pachet este transmis prin rețea către DTE distant (B) și va fi prezentat acestuia, de către comutatorul la care este conectat, ca un pachet de “apel intrând”. Dacă DTE distant acceptă apelul va răspunde cu un pachet de “apel acceptat”, care este transmis de rețea către DTE chemător,

ajungând la acesta ca un pachet de “apel conectat”. DTE chemător și DCE distant (chemat) aleg numerele de canale logice (NCL) în interfețele la care sunt atașate. Corespondența între numerele canalelor logice utilizate pentru același circuit virtual este asigurată de comutatoarele rețelei. După ce DTE chemător a primit pachetul “apel conectat” circuitul virtual este stabilit și poate începe transmiterea datelor. În orice moment fiecare dintre cei doi utilizatori poate iniția eliberarea circuitului virtual prin emiterea unui pachet “cerere de eliberare”, confirmată de comutator printr-un pachet “confirmare eliberare”. Fiecare dintre aceste pachete de serviciu se distinge prin formatul său (fig. 6.7).

În afară de tipurile de pachete prezentate în figura 6.7 mai sunt folosite și alte pachete, destinate controlului fluxului, întreruperii transmisiunii, reinițializării circuitului virtual.

În antetul pachetului de date primul bit, notat Q și numit bit de calificare a datelor (qualifier bit), particularizează informația transportată, făcând distincție, spre exemplu, între informația de supervizare și date. Bitul D indică o cerere pentru confirmarea pachetului, iar bitul M=1 precizează că următorul pachet aparține aceluiași mesaj.

Numărul canalului logic (NCL) este reprezentat prin 12 biți. Cele 4096 canale sunt împărțite în 16 grupuri, fiecare grup fiind specificat de primii patru biți din cei 12 și fiecare canal logic dintre cele 256 ale unui grup fiind specificat de următorii opt biți.

Adresele de rețea au o lungime variabilă și din această cauză pachetele de apel au câmpuri care specifică lungimile acestor adrese.

P(S) și P(R) reprezintă numerele în secvență, al pachetului care se emite - P(S) și al pachetului ce se așteaptă a fi recepționat - P(R). Cu ajutorul acestor numere se realizează confirmarea pachetelor recepționate și se oferă posibilitatea pentru controlul fluxului în interfața DTE - DCE. Pachetele de date emise de către un DTE spre DCE sau de către DCE spre DTE sunt numerotate în ordine. Numerotarea este ciclică, modulo 8 sau modulo 128. În cazul numerotării modulo 8 numerele P(S) și P(R) sunt reprezentate prin trei biți. P(S) este numărul de ordine, în secvență, al pachetului respectiv. P(R), inclus într-un pachet emis de DTE (DCE), reprezintă numărul în secvență al pachetului pe care DTE (DCE) îl așteaptă de la DCE (DTE), confirmând prin aceasta recepționarea pachetelor numerotate până la P(R) - 1. Se folosește o fereastră de emisie glisantă care, împreună cu numerele în secvență P(S) și P(R), permite controlul fluxului.

Comutatoarele de pachete ale rețelei pot oferi servicii complementare, cum ar fi, de exemplu, posibilități de:

- negociere a dimensiunii ferestrei de emisie;

	Biți	1							
Număr de octeți	1	0	D	0	NCL				NCL – Numărul canalului logic
	1	0	0	0	0	1	0	1	
Variabil	1	L.a. ETD chemător			L.a. ETD chemat				L.a. - Lungimea adresei (În număr de semiocteți)
		Adresele ETD chemat și ETD chemător							
					0	0	0	0	
Variabil	1	Lung. câmpului de servicii complementare							
		Servicii complementare							
		Date (max. 128 octeți)							

Pachet "Cerere de apel"

0	D	0	1	NCL			
0	0	0	0	1	1	1	
0	0	0	0	L.a. ETD chemat			
Adresele ETD chemat și ETD chemător							
				0	0	0	0
Lung. câmpului de servicii							
Servicii complementare							
Date (max. 128 octeți)							

Pachet "Apel acceptat"

Q	D	0	1	NCL			
P(R)	M	P(S)		Date (lungime: 32, 64, 128, 256, 512, 1024 sau 2048 octeți)			

Pachet "Date"

0	0	0	NCL			
0	0	0	1	0	1	1

Pachet "Confirmare eliberare"

0	0	0	NCL			
Cauza						
Diagnostic						
0	0	0	L.a. ETD chemat			
Adresele ETD chemat și ETD chemător						
			0	0	0	0
Lung. câmpului de servicii complementare						
Servicii complementare						
Date (max. 128 octeți)						

Pachet "Eliberare"

Fig. 6.7 Formatele unor tipuri de pachete

- negociere a dimensiunii pachetelor;

- stabilire a unui grup închis de utilizatori, ai cărui membri nu pot fi apeleți de alți utilizatori și care pot comunica numai între ei;
- introducere de restricții pentru apelurile intrânde sau pentru cele ieșinde;
- alegere a rețelei de tranzit (pentru comunicații internaționale);
- selecție rapidă, utilizată pentru a transmite datele, când sunt într-un volum redus, chiar în pachetele “cerere de apel”, “apel acceptat” și “cerere de eliberare”.

În cazul în care rețeaua detectează apariția unor erori de funcționare a unui circuit virtual ea poate declanșa, prin pachete adecvate, fie eliberarea circuitului virtual comutat, fie reinițializarea sa. Există de asemenea posibilitatea de eliberare a tuturor circuitelor virtuale comutate și de inițializare a celor permanente realizate pe o aceeași legătură de date.

De remarcat că X.25, specificând interfața ETD - ECD, nu face nici o referire la protocoale de rutare, lăsând la latitudinea constructorilor de rețea și a administrației rețelei alegerea soluțiilor de rutare.

6.2.5 Asamblor-dezasamblor de pachete (PAD)

Un asamblor-dezasamblor de pachete (PAD-Packet Assembler/Disassembler) permite terminalelor care au interfață asincronă simplă, de obicei V.24, să comunice cu un calculator distant prin rețeaua cu comutație de pachete (fig. 6.8).

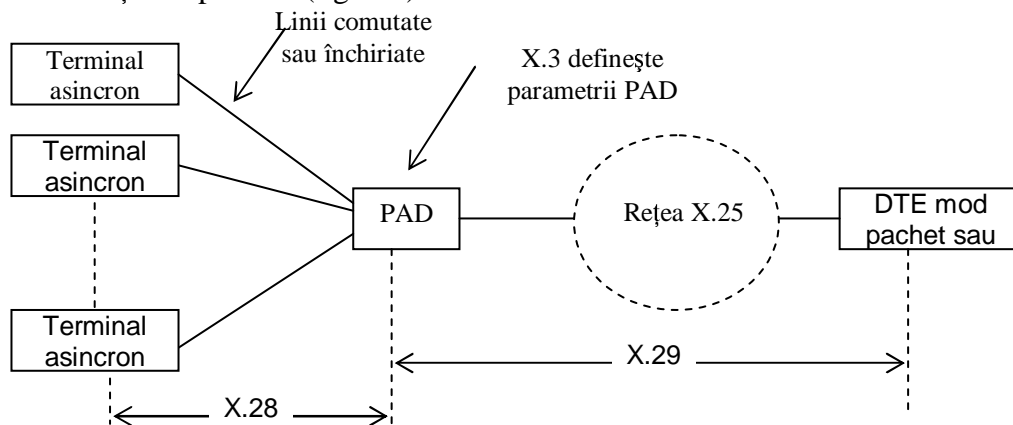


Fig. 6.8 – Accesul la PSPDN prin

PAD funcționează ca o memorie tampon între terminalele orientate pe caracter și rețeaua cu comutație de pachete, care utilizează protocoale orientate pe bit. Un echipament PAD este interfațat cu un număr de terminale și este, de asemenea, conectat la rețeaua cu comutație de pachete ca un DTE mod pachet. Caracteristicile sale sunt specificate de recomandarea ITU-T X.3 iar modul în care terminalele mod caracter comunică cu PAD este prezentat în recomandarea X.28. Recomandarea

X.29 specifică modul în care se desfășoară comunicația între un PAD și un terminal mod pachet prin rețeaua publică.

6.3 Rețele releu de cadre

Elaborarea rețelilor releu de cadre (Frame relay), rețele de mare viteză, reflectă evoluția cerințelor pentru aplicațiile clienților, a echipamentelor de comunicații de date și a suportului de transmisiune. Necesitatea rețelilor de mare viteză și a interconectării lor este determinată de:

- marea răspândire a rețelilor LAN, a sistemelor de calcul performante și a aplicațiilor în timp real la debite mari;
- X.25 oferă debite relativ mici (zeci de kb/s) și de multe ori nu satisface din cauza întârzierii mari introduse;
- închirierea unor linii de 1,5 Mb/s sau 2 Mb/s este o soluție costisitoare și fără flexibilitate;
- introducerea fibrelor optice a permis realizarea unor debite mari; pe de altă parte sistemele utilizatorilor sunt din ce în ce mai performante, mai inteligente, realizând funcțiuni, înainte în sarcina rețelei, precum controlul fluxului și al erorii.

Sunt necesare servicii publice/private pentru transmisiuni de date de mare viteză, în cadrul cărora rețeaua să realizeze protocoale mai puțin complexe și cu o întârziere mai mică. Releul de cadre este o soluție intermediară pentru interconectarea la debite mari, succesoare a soluției X.25.

Motivația istorică pentru X.25

În anii 1970 - 1980 echipamentele de abonat erau neinteligente, liniile de transmisiune erau analogice. Rețeaua era susceptibilă de coeficient de erori mare iar echipamentele terminale nu puteau executa decât câteva funcțiuni de bază, ceea ce a condus la includerea unui mare volum de funcțiuni în nodurile rețelei. A rezultat astfel o rețea (X.25) cu multe prelucrări în noduri, deci cu o întârziere mare a mesajelor la trecerea prin rețea.

Factorii care au impus realizarea serviciului releu de cadre sunt:

- evoluția rețelei către digital (erori mai puține);
- echipamente terminale mai inteligente, preluând o parte din funcțiunile realizate înainte de rețea.

Obiective urmărite în realizarea serviciului (rețelei) releu de cadre sunt:

- eficiență mare a comutatoarelor rețelei (timpuri mici de prelucrare); tabelul următor prezintă comparativ timpilor de prelucrare în comutatoarele X.25 și în cele releu de cadre;

	Întârziere pentru un cadru de 100 octeți (ms)	Întârziere pentru un cadru de 1600 octeți (ms)
Comutator frame relay	1,2	2
Comutator X.25	12	20
Transmisiune la 19,2 kb/s	41,67	666,67
Transmisiune la 56 kb/s	14,28	228,57
Transmisiune la 1544 kb/s	0,52	8,29

Obs. Pentru a obține acest obiectiv în comutatoare se utilizează un protocol simplu de nivel legătură de date; funcțiuni de protocol de nivel mai înalt sunt realizate în echipamentele terminale (cap-la-cap).

- bandă la cerere pentru utilizatori: lărgimea benzii alocate utilizatorilor se determină, conform cererii utilizatorilor și disponibilității resurselor rețelei, în momentul stabilirii circuitului virtual; în cursul transmisiei se realizează controlul admisiei în rețea;
- partajarea dinamică a resurselor rețelei: natura traficului de date (neuniform, în rafale) ar putea fi exploatată permițând unor utilizatori să consume banda alocată altor utilizatori atunci când aceștia din urmă sunt în stare de repaus (idle); nu se alocă deci resurse pentru folosință exclusivă într-un apel particular;
- pentru a maximiza conectivitatea utilizatorilor, pentru a face față diversității tehnologice a sistemelor de extremitate și pentru a depinde mai puțin de furnizorii de echipamente este nevoie de o rețea de tip backbone.

6.3.1 Principiul releu de cadre (FR)

Serviciul releu de cadre a fost definit pentru ISDN dar și-a găsit aplicație și în rețele private. Standardele ANSI și ITU-T (I.122) definesc protocolul pentru legătura dintre un sistem de extremitate și un nod (comutator) al rețelei (interfața utilizator-rețea) nu și funcționarea internă a rețelei. Totuși, pentru a reduce prelucrările suplimentare datorită conversiei multiprotocol, este dorit ca protocolul FR să fie implementat și în rețea.

Serviciile oferite de ISDN sunt:

- comutația de circuite (în nodurile de comutație trecere transparentă, fără arhitectură stratificată);
- comutația de pachete (în noduri cele trei nivele);
- releul de cadre (la nivelul 2; în noduri numai două nivele), un serviciu “best effort”;
- comutația de cadre, ca și la releul de cadre, deosebirea constând în faptul că în noduri se face și un control al fluxului și al erorii.

- *Arhitectura generală (abstractă) a rețelei FR* -

Arhitectura rețelei FR este prezentată în figura 6.9

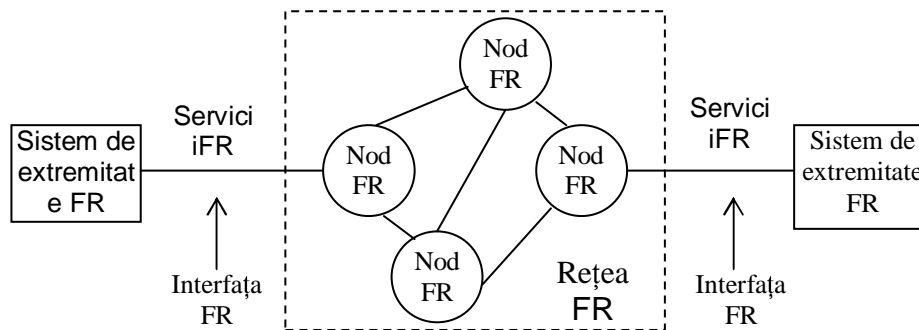


Fig. 6.9 Arhitectura rețelei FR

- *Arhitectura protocoalelor FR* -

Pentru a reduce timpul de prelucrare în noduri, acestea realizează numai următoarele funcțiuni principale (fig. 6.10): comutarea și multiplexarea circuitelor virtuale (la nivelul 2), detecția erorilor și releul cadrelor de la un nod la altul. Celelalte funcțiuni ale nivelului 2 sunt realizate în sistemele de extremitate.

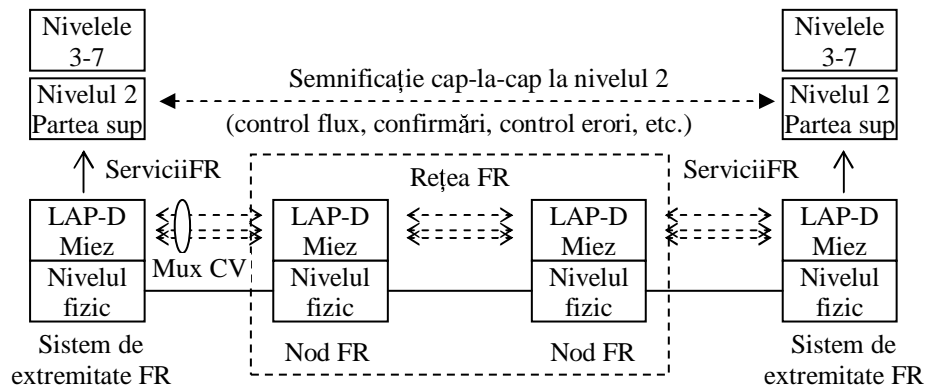


Fig. 6.10 Arhitectura protocoalelor FR

Funcțiunile realizate de nodurile rețelei sunt numite funcțiuni centrale (core) și reprezintă un subset al funcțiunilor procedurii LAP-D (protocol pentru comutația de pachete la nivelul legătură de date pe canalul D în ISDN; funcțiunile realizate de LAP-D: comutația, multiplexarea, detecția erorilor, controlul fluxului prin mecanism de fereastră glisantă, corecția erorilor prin retransmisie; de remarcat că funcțiunile de comutație și multiplexare se realizează la nivelul legătură de date).

Cadrele sunt eliminate în noduri, fără a avertiza sursa, în două situații: 1) congestie în noduri și 2) cadre eronate. Corectarea erorilor se face în sistemele de extremitate prin protocoalele de nivel 2 – partea superioară și de nivel 4 (și aceasta pentru că sistemele de transmisiune sunt mai fiabile), rezultând astfel o eficiență mai mare și o întârziere mai mică în noduri.

- *Interfața utilizator – rețea FR* –

Prezintă două aspecte: fizic și logic.

a) Fizic: specificări privind debitul și numărul canalelor disponibile de tip B (64 kb/s), D (16 kb/s) sau H ($n \times 64$ kb/s: $H_0 = 6 \times 64 = 384$ kb/s, $H_{11} = 24 \times 64 = 1536$ kb/s, $H_{12} = 30 \times 64 = 1920$ kb/s);

b) Logic: specificări privind protocoalele de nivel fizic și legătură de date LAP-D miez;

- *Servicii frame relay* –

Sunt definite două tipuri de servicii frame relay: FR 1 și FR 2.

FR 1: partea de sus a protocolului de nivel 2 este definită în întregime de utilizatori;

FR 2: partea de sus a protocolului de nivel 2 este o extensie a procedurii LAP-D complete.

Circuitele virtuale stabilite la nivelul 2 pot fi: comutate (stabilite pe bază de apel) și permanente (stabilite pe baze administrative, în momentul realizării abonamentului).

- *Apelul* –

Poate fi efectuat în bandă, mesajele de control al apelului și de date (PDU de nivel 3-7) transmițându-se pe aceeași conexiune de nivel legătură de date sau în afara benzii, mesajele de control al apelului transmițându-se pe o altă conexiune, diferită de cea pentru date.

Fiecare circuit virtual este identificat prin DLCI (Data Link Connection Identifier). DLCI are semnificație locală, în interfața utilizator - rețea și nu are nici o legătură cu DLCI folosite în alte interfețe.

După ce conexiunea FR s-a stabilit utilizatorii pot conveni asupra protocoalelor de nivel superior pe care le vor folosi. Rețeaua FR nu face nici un efort pentru a asigura compatibilitatea între nivelele superioare ale sistemelor de extremitate.

În caz de congestie (pe o conexiune sau într-un nod) tehnica FR abandonează cadrele pentru a restabili echilibrul rețelei. Acest procedeu induce un efect vicios imediat: tentativele de retransmitere a cadrelor eliminate măresc traficul. Totuși FR dispune de câteva artificii de protocol pentru a preveni astfel de situații.

6.3.2 Formatul cadrului FR

Formatul general al cadrului FR este prezentat în figura 6.11.

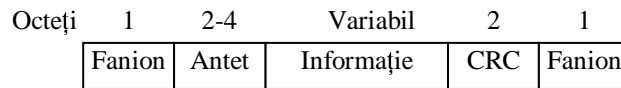


Fig. 6.11 Formatul general al cadrului FR

Spre deosebire de formatul general HDLC lipsește câmpul de control care, în LAP-D, conține numerele de secvență și specifică tipul cadrului (I, S, U); de fapt, în FR, câmpul de control aparține părții de sus a nivelului 2, fiind inclus în câmpul de informație al cadrului FR (LAP-D miez) și nu este interpretat de nodurile FR.

- *Câmpurile cadrului* -

- Fanion – 01111110; inserarea unui simbol 1 după 5 simboluri 0, pentru a asigura transparența datelor devine dificilă la debite mai mari de 50 Mb/s, necesitând mult timp pentru introducerea și extragerea bitului suplimentar.
- Antet (Adresă) – poate ocupa 2, 3 sau 4 octeți, în funcție de mărimea domeniului de adrese (DLCI) utilizate. Câmpul de 2 octeți are structura din figura 6.12.

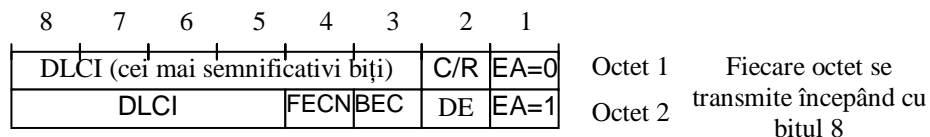


Fig. 6.12 Structura antetului

EA (Address field Extension bits) – Dacă EA=0 următorul octet face parte din câmpul de adresă;

C/R (Command/Response bit) – Acest bit nu este interpretat de nodurile FR; în sistemele de extremitate indică un cadru de comandă sau de răspuns;

DLCI (Data Link Connection Identifier) – Identifică conexiunea virtuală în interfața utilizator – rețea; se pot multiplexa mai multe conexiuni virtuale pe același circuit fizic;

FECN, BECN, DE – biți folosiți pentru soluționarea problemelor de congestie; FECN (Forward Explicit Congestion Notification) este bit care se setează de către rețea (nodurile FR) pentru a avertiza destinatarul și celelalte noduri ale rețelei că a apărut congestia într-un nod al rețelei; BECN (Backward Explicit Congestion Notification) este bit setat de rețea pentru a avertiza sursa și nodurile FR că a apărut congestia într-un nod al rețelei; DE (Discard Eligibility) este bit prin care nodul local FR marchează cadrele în exces (față de banda alocată), cadre ce pot fi eliminate în caz de congestie.

- Câmpul de informație – Numărul maxim de octeți de date este un parametru al sistemului. Lungimea maximă a cadrului poate fi negociată în faza de stabilire a conexiunii. Standardul arată că dimensiunea maximă a câmpului de informație suportată de orice rețea să fie cel puțin 262 octeți dar, deoarece protocoalele cap-la-cap operează cu unități de date mai mari, se recomandă ca rețeaua să suporte o valoare maximă de cel puțin 1600 octeți pentru a evita necesitatea segmentării și reasamblării la utilizatori.
- CRC – Pentru că procentul de erori nu este complet neglijabil și pentru a evita pierderea de bandă prin transmiterea cadrelor eronate, în nodurile FR se face detecția erorilor și se elimină cadrele eronate. Se utilizează un CRC-16 și pentru a face utilă această verificare este necesar ca lungimea maximă a cadrelor să nu depășească 4000 octeți.

6.3.3 Controlul congestiei în rețeaua FR

Datorită protocolului simplificat utilizat în nodurile FR (fără control de flux) există pericolul ca, în cazul unor sarcini mari, provenite din unele servicii sau din fluxurile convergente de la diferite circuite virtuale, să apară congestia în noduri. Se impune deci utilizarea unor mecanisme pentru a evita sau, cel puțin, a controla congestia. Mecanismele folosite în acest scop sunt:

- controlul admisiei;
- constrângerea traficului;
- semnalarea congestiei.

- *Controlul admisiei* – este principalul mecanism utilizat pentru a asigura că necesitățile de resurse, odată acceptate, pot fi garantate. În plus, prin acest mecanism, se asigură performanțe deosebite pentru rețea în cea mai mare parte din timp. Rețeaua va decide, pe baza relației între descriptorul traficului cerut și capacitatea reziduală a rețelei, dacă să accepte o nouă conexiune. Descriptorul traficului constă din trei elemente:

- Debitul de informație garantat (CIR – Committed Information Rate) – este debitul mediu, în bit/s, la care rețeaua garantează transferul unităților de informație într-un interval de măsură ales adecvat: $T=B_c/CIR$, B_c fiind volumul traficului garantat.
- Volumul traficului garantat (B_c - Committed Burst Size) – este numărul maxim de unități de informație (biți) care pot fi transmise în intervalul T .
- Mărimea suplimentului de trafic (B_e – Excess Burst Size) – este numărul maxim de unități de informație (biți) negarantat pe care rețeaua va încerca să le transporte în intervalul T .

Pe baza descriptorului de trafic și a altor informații QoS (tipul serviciului, probabilitatea de blocare, întârzierea în transmiterea cadrelor, etc.) rețeaua poate deduce o bandă echivalentă pentru o conexiune, care va fi utilizată pentru a determina dacă să accepte sau să blocheze un nou apel.

- *Constrângerea traficului* – După ce o conexiune a fost admisă de rețea, nodul local FR va monitoriza fluxul traficului pe acea conexiune pentru ca să nu fie depășite specificările convenite privind utilizarea resurselor rețelei. Rețeaua încearcă să restrângă volumul traficului corespunzător specificărilor și va elimina traficul introdus în rețea prin comutatorul local atunci când volumul stabilit este depășit. Mecanismul de constrângere a traficului funcționează după cum urmează.

- Dacă totalul biților din unul sau mai multe cadre primite de nodul local în intervalul T este mai mic ca B_c , cadrele vor fi transmise fără a fi marcate.
- Când acest total este mai mare ca B_c , dar mai mic decât B_c+B_e , nodul FR marchează bitul DE al cadrelor în exces. Cadrele astfel marcate vor putea fi eliminate în alte noduri ale rețelei dacă nu sunt resurse disponibile suficiente. Această metodă de marcare va încuraja utilizatorii să folosească resursele rețelei.
- Dacă totalul biților conținuți într-unul sau mai multe cadre primite în intervalul T este mai mare decât B_c+B_e cadrele excesive vor fi imediat eliminate de nodul FR local (fig. 6.13).

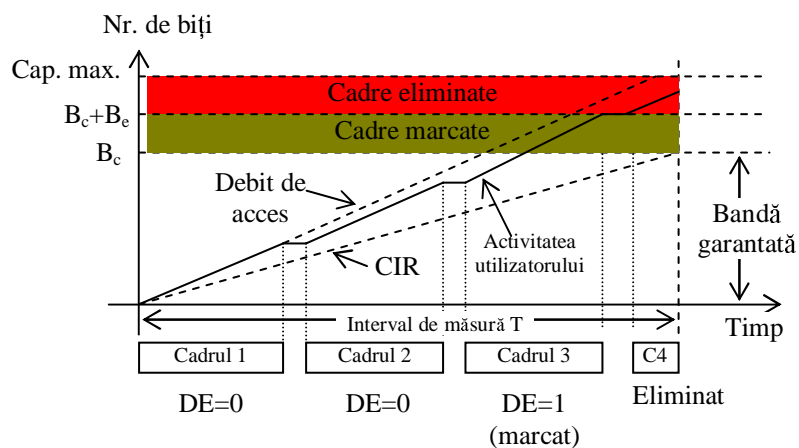


Fig. 6.13 Constrângerea traficului acceptat de rețeaua FR

Figura 6.13 arată relația între parametrii de control ai congestiei în FR: debit de acces, CIR, intervalul de măsură T, B_c , B_c+B_e , DE. Din cele patru cadre transferate în rețea, cadrele 1 și 2 vor fi acceptate ca normale, cadrul 3 este acceptat dar este marcat și va fi posibil de eliminare, iar cadrul 4 va fi eliminat imediat pentru că depășește parametrii de control stabiliți pentru conexiune.

Pentru a minimiza riscul de violare a parametrilor stabiliți și pentru a permite utilizarea mai eficientă a debitului garantat (CIR) este necesar ca utilizatorul să implementeze formarea traficului (spre ex. prin mecanismul leaky-bucket) în sursa sa de trafic.

- *Semnalarea congestiei* -

A. Semnalarea explicită a congestiei urmărește să mențină funcționarea rețelei în punctul de echilibru, astfel încât să fie satisfăcută o anumită calitate QoS pentru serviciile rețelei. Pentru a evita acumularea datelor în rețea se folosesc biții FECN și BECN (fig. 6.14).

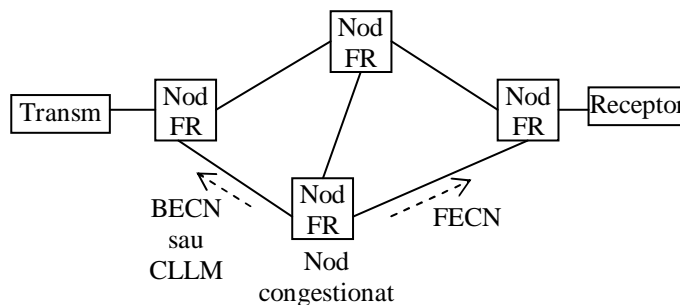


Fig. 6.14 Semnalarea congestiei

- Semnalarea congestiei explicite înainte (FECN) – La trecerea cadrelor printr-un nod de comutație bitul FECN va fi setat sau nu, în funcție de condiția de încărcare (mult sau puțin, pe baza unei măsuri a utilizării memoriei și procesorului). La recepționarea unui anumit procent de biți FECN setați, într-un anumit interval de timp, se comunică unei entități de nivel mai înalt (partea superioară a nivelului 2 sau nivelul transport) această situație și receptorul va reduce fereastra de recepție, ceea ce va avea ca efect și reducerea traficului de la transmițător.
- Semnalarea congestiei explicite înapoi (BECN) – Când nodul de comutație anticipează congestia setează bitul BECN al cadrelor transportate în sens invers (către transmițător), pe același circuit virtual. La recepția cadrului cu bitul BECN setat transmițătorul va reduce imediat debitul (și-l va crește apoi gradual).
- Administrarea suplimentară a nivelului legătură (CLLM – Consolidated Link Layer Management) – BECN este un mecanism cu reacție care lucrează bine doar dacă traficul pe circuitul virtual este simetric (același flux de date și de la receptor spre transmițător). Dacă traficul nu este simetric semnalele de congestie nu sunt transferate către transmițător în timp real. Pentru a depăși această dificultate nodurile sunt echipate cu un mecanism de semnalizare astfel ca, atunci când traficul în sens invers este nul sau foarte redus, nodul aflat în congestie să poată genera mesajul înapoi CLLM, conținând o listă a conexiunilor virtuale congestionate și

cauza congestiei. Mesajul CLLM este transmis pe o conexiune rezervată (DLCI=1023) către toate sistemele ce folosesc rute care implică conexiunea (conexiunile) afectate. Cadrele transmise pe această conexiune sunt retransmise de toate nodurile rețelei.

- B. Semnalarea implicită a congestiei – Prin mecanismele de protocol existente (expirarea contoarelor de timp, întârziere, reducerea eficienței, pierderea unor unități de date ale protocolului de la nivelul Transport - TPDU, etc.) se poate deduce apariția congestiei și, în mod automat, sistemele de extremitate reduc traficul spre rețea.

Obs. Mecanismele de control al congestiei, prezentate mai sus, sunt complementare și pot fi utilizate simultan.

6.4 Aspecte ale interconectării rețelelor locale prin intermediul rețelei FR

Un exemplu de interconectare LAN utilizând rutere IP este prezentat în figura 6.15.

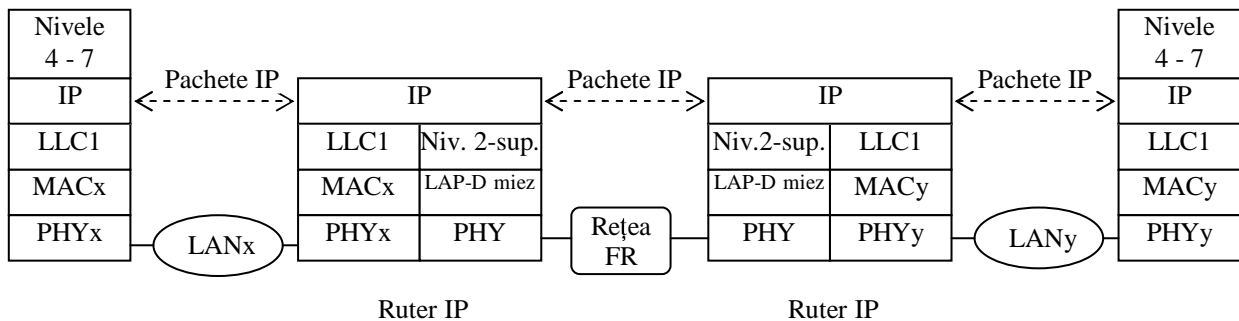


Fig. 6.15 Interconectarea LAN prin rețea releu de cadre

Ruterul primește pachetul IP dintr-un LAN, îl introduce într-un cadru FR și-l dirijează către ruterul îndepărtat, care va proceda în mod adecvat rețelei la care este conectat. Ruterul trebuie să cunoască circuitul virtual pe care va transfera pachetul în rețeaua FR. Pentru aceasta conexiunea FR trebuie mai întâi stabilită (CVC) sau alocată permanent (CVP).

Obs. Dacă în FR se folosește CVC timpul de stabilire a conexiunii trebuie să fie cât mai mic posibil, compatibil cu serviciul fără conexiune asigurat de LAN.