

Rețele de calculatoare

#10 Internet

Adrian Runceanu

<https://www.runceanu.ro/adrian/>

Curs 10

Internet



Internet

- 1. Definiție și concepte de bază**
- 2. Definiția unui protocol de rețea**
- 3. Apariția protocolului TCP/IP**
- 4. Arhitectura Internetului**
- 5. Componentele ale Internetului**
 - 5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți**
 - 5.2. Servicii de conexiune**
- 6. Tipuri de comunicații**
 - 6.1. Comutare de circuite**
 - 6.2. Comutare de pachete**
 - 6.3. Comutare de mesaje**
- 7. Rutarea în rețele**
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame**
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale**

1. Definiție și concepte de bază

- **Internetul** este o **rețea de calculatoare** (de fapt, o *rețea de rețele*) la nivel mondial prin intermediul cărora sunt interconectate milioane de echipamente de calcul (aici sunt incluse și calculatoarele personale) din întreaga lume.
- O **rețea de calculatoare** reprezintă o **colecție de calculatoare interconectate** între ele, adică sunt capabile să schimbe informație între ele. [Tanenbaum, 1996].



1. Definiție și concepte de bază

- *Internetul este denumirea celei mai vaste grupări de surse de informație din lume.*
- Rețeaua Internet este extinsă la întreaga planetă și cuprinde o cantitate imensă de resurse fizice, logice, informaționale.
- Printre echipamentele interconectate se găsesc:
 - calculatoare personale
 - stații de lucru având diferite SO: Linux, Unix, OS2, etc
 - servere de Web sau de e-mail
 - laptop-uri
 - tablete
 - pagere sau telefoane mobile
 - dispozitive electrocasnice (frigidere sau cuptoare cu microunde), etc.
- **Toate aceste echipamente sunt denumite sisteme gazdă (*hosts* sau *end systems*).**

1. Definiție și concepte de bază

- Pentru a comunica între ele, sistemele gazdă folosesc *protocoale* pentru:
 - controlul transmiterii
 - controlul recepției
 - controlul corecției informațiilor care circulă prin Internet
- Dintre aceste protocoale, **TCP (Transmission Control Protocol)** și **IP (Internet Protocol)** sunt cele mai importante.

1. Definiție și concepte de bază

- De asemenea, pentru asigurarea conexiunii, sistemele gazdă folosesc **legături de comunicație** ce constau din:
 - diverse tipuri de cabluri, printre care:
 - cablu coaxial
 - torsadat
 - fibră optică
 - sau pot fi conexiuni fără fir, prin **unde radio**
- Una dintre caracteristicile importante ale acestor legături este viteza teoretică de transfer a datelor care este denumită **lățime de bandă (*bandwidth*)** și care se exprimă în **biți sau multipli** ai acestora pe secundă (**1 Mb/s (2^{10}) \approx 1000 biți/s**).

1. Definiție și concepte de bază

- Sistemele gazdă nu sunt interconectate direct între ele, ci prin intermediul unor dispozitive intermediare denumite **router**.
- Pe scurt, un **router** este *un dispozitiv care preia informația ce ajunge la el prin intermediul uneia dintre legăturile (de intrare) de comunicație și o trimite mai departe pe o altă legătură (de ieșire)*.
- **Formatul informațiilor** care sunt recepționate și transmise mai departe între routere și sistemele gazdă sunt precizate de **protocolul IP**.
- **Drumul** pe care îl parcurg informațiile **de la transmițător la receptor** poartă numele de *rută (route sau path)* în rețea.

1. Definiție și concepte de bază

- **Modalitatea de stabilire a unei conexiuni în Internet** (pentru a putea transmite informații de la un transmițător la un receptor) se bazează pe o tehnică denumită *comutare de pachete*, care permite mai multor sisteme să comunice pe o rută (sau o porțiune dintr-o rută) Internet, în același timp.

1. Definiție și concepte de bază

Topologia Internetului (structura sistemelor conectate la Internet) este ierarhizată în modul următor:

- *la bază sunt sistemele gazdă conectate la un ISP* (Internet Service Provider - Furnizor de Servicii Internet) local prin intermediul unor rețele de acces,
- *furnizorii locali sunt conectați la niște furnizori naționali sau internaționali*
- iar aceștia din urmă sunt conectați împreună la cel mai înalt nivel din această ierarhie

- Această rețea uriașă nu ar fi s-ar fi putut crea dacă nu ar fi fost realizate, testate și implementate o serie de standarde.
- Astfel au luat ființă **standardele deschise** (*open-standard*) și **necesitatea conectivității indiferent de platformă** (*cross-platform*).
- Aceste standarde sunt dezvoltate de organisme internaționale specializate, precum **IETF (Internet Engineering Task Force)** ale cărui documente poartă denumirea de documente **RFC** (Request For Comments).
- După cum reiese și din denumirea originală (cereri pentru observații, comentarii), RFC-urile au apărut pentru a rezolva problemele arhitecturale ale predecesorilor Internetului.

1. Definiție și concepte de bază

- **Internetul este un domeniu *public***, care cuprinde, o varietate de rețele publice ale unor companii private, instituții educaționale sau guvernamentale.
- Există însă și **rețele asemănătoare *private***, ale căror calculatoare gazdă nu sunt accesibile din afara rețelei respective.
- O astfel de rețea se numește ***Intranet*** și de regulă folosește aceleași tehnologii ca cele folosite în Internet.



Internet

1. Definiție și concepte de bază
2. Definiția unui protocol de rețea
3. Apariția protocolului TCP/IP
4. Arhitectura Internetului
5. Componentele ale Internetului
 - 5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți
 - 5.2. Servicii de conexiune
6. Tipuri de comunicații
 - 6.1. Comutare de circuite
 - 6.2. Comutare de pachete
 - 6.3. Comutare de mesaje
7. Rutarea în rețele
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

2. Definiția unui protocol de rețea

- Toate activitățile dintr-o rețea de calculatoare (deci și din Internet) sunt bazate pe funcționarea unui anumit **set de protocoale**.

Exemple:

1. comunicarea dintre două calculatoare în rețea se face prin **protocoale implementate în hardware** la nivelul plăcii de rețea pentru controlul fluxurilor de biți transmiși prin intermediul suportului fizic
2. **protocoalele de control al congestiilor** controlează viteza de transmitere a datelor între un transmițător și un receptor
3. iar **protocoalele de poștă electronică** guvernează modalitatea de transmitere și de recepție a mesajelor de tip e-mail

2. Definiția unui protocol de rețea

Un **protocol** definește formatul și ordinea mesajelor schimbate între două sau mai multe entități ce comunică între ele, precum și acțiunile ce sunt întreprinse odată cu transmiterea sau recepția unui mesaj sau a unui alt eveniment.

Internet

1. Definiție și concepte de bază
2. Definiția unui protocol de rețea
3. Apariția protocolului TCP/IP
4. Arhitectura Internetului
5. Componentele ale Internetului
 - 5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți
 - 5.2. Servicii de conexiune
6. Tipuri de comunicații
 - 6.1. Comutare de circuite
 - 6.2. Comutare de pachete
 - 6.3. Comutare de mesaje
7. Rutarea în rețele
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

3. Apariția protocolului TCP/IP

- Nașterea Internetului a dus în 1973 la începutul dezvoltării stivei de protocoale TCP/IP, care se dorea a fi o colecție de protocoale de rețea implementate în software, **care să permită oricărui sistem să se conecteze cu orice alt sistem, folosind orice topologie de rețea.**
- Odată cu introducerea TCP/IP fiecare echipament din rețea era tratat independent, fără a depinde de un nod central.
- Această nouă concepție arhitecturală a permis partajarea aplicațiilor și a resurselor la scară largă, având în vedere că un model centralizat *top-down* nu mai era viabil în cazul existenței a milioane de echipamente larg răspândite.

Internet

1. Definiție și concepte de bază
2. Definiția unui protocol de rețea
3. Apariția protocolului TCP/IP
4. **Arhitectura Internetului**
5. Componentele ale Internetului
 - 5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți
 - 5.2. Servicii de conexiune
6. Tipuri de comunicații
 - 6.1. Comutare de circuite
 - 6.2. Comutare de pachete
 - 6.3. Comutare de mesaje
7. Rutarea în rețele
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

4. Arhitectura Internetului

În rețeaua Internet există, ca entități importante:

1. **Furnizorii de servicii Internet** care asigură clienților acces la Internet - **ISP**
2. **Furnizorii de servicii de rețea**, care asigură conexiunile între furnizorii de acces la Internet din întreaga lume - **NSP** (*Network Service Provider* sau *Backbone Provider*)
3. **NAP** (*Network Access Points*) care reprezintă punctele de acces la rețea

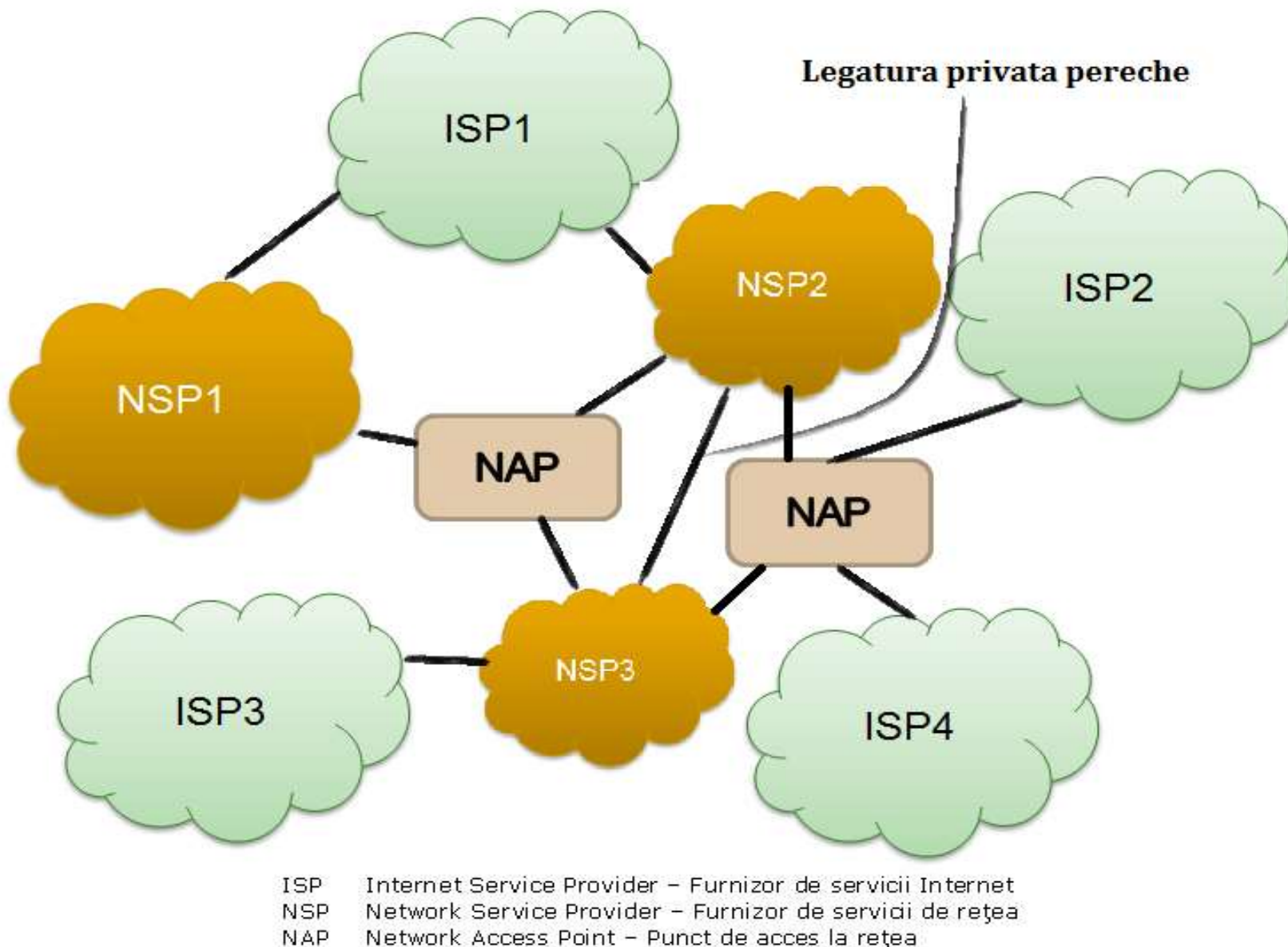


Fig. 1 Arhitectura generală a Internetului (variantea initiala)

Astăzi se tinde spre o arhitectură mai structurată, organizată ierarhic ca un arbore (Fig. 2).

- **La primul nivel din arbore** se află câțiva **furnizori de servicii** care oferă majoritatea serviciilor de interconectare la nivelul unei țări sau la nivel mondial, care se numesc **furnizori naționali**.
- **Pe următorul nivel în arbore** găsim **furnizorii de acces Internet sau de servicii Internet** (întâlniți uneori și sub denumirea de **IAPs – Internet Access Providers**) pe care îi denumim furnizori regionali.
 - Aceștia oferă acces la nivelul unei localități sau regiuni geografice restrânse, având servicii de conexiune la viteze mai reduse decât furnizorii naționali.
- Următorul nivel îl constituie **clienții rețelei** (fie ei clienți PC sau servere) ce sunt conectați prin intermediul unui furnizor de servicii Internet la un punct de acces la rețea, de unde se face legătura spre întreaga rețea Internet.

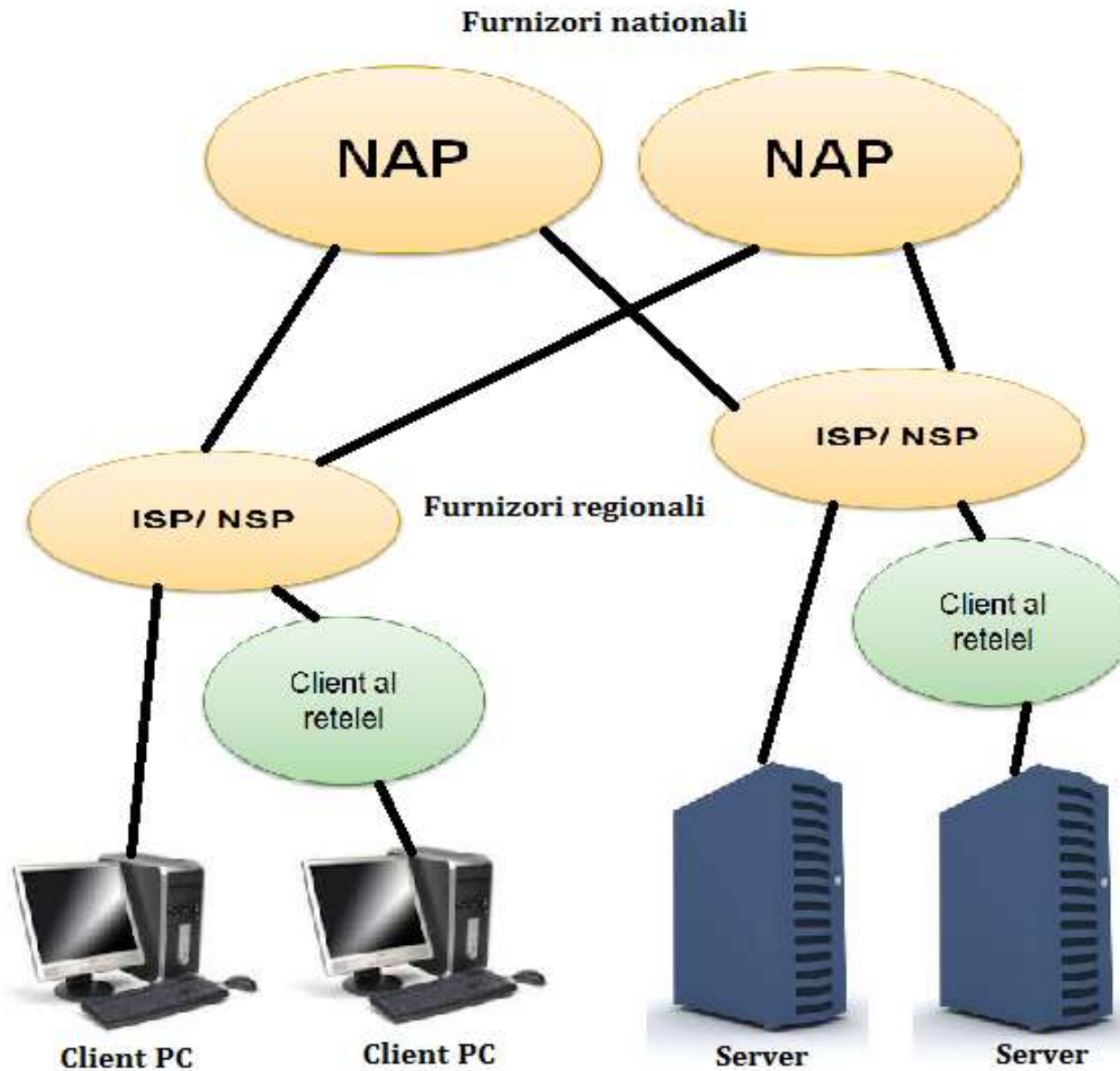


Fig. 2 Structura ierahica a Internetului (varianta actuala)

Internet

1. Definiție și concepte de bază
2. Definiția unui protocol de rețea
3. Apariția protocolului TCP/IP
4. Arhitectura Internetului
5. **Componentele ale Internetului**
 - 5.1. **Sisteme gazdă, servere și clienți**
 - 5.2. Servicii de conexiune
6. Tipuri de comunicații
 - 6.1. Comutare de circuite
 - 6.2. Comutare de pachete
 - 6.3. Comutare de mesaje
7. Rutarea în rețele
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți

- Computerele folosite în rețelele de calculatoare sunt denumite, de regulă, **calculatoare gazdă** sau **sisteme terminale**.
- Denumirea de **calculator gazdă** provine de la faptul că acesta găzduiește programe de nivel aplicație (program de e-mail, navigator Web, program de Chat etc.).
- Denumirea de **sisteme terminale** provine de la faptul că ele se află la "marginea" Internetului (Fig. 3).

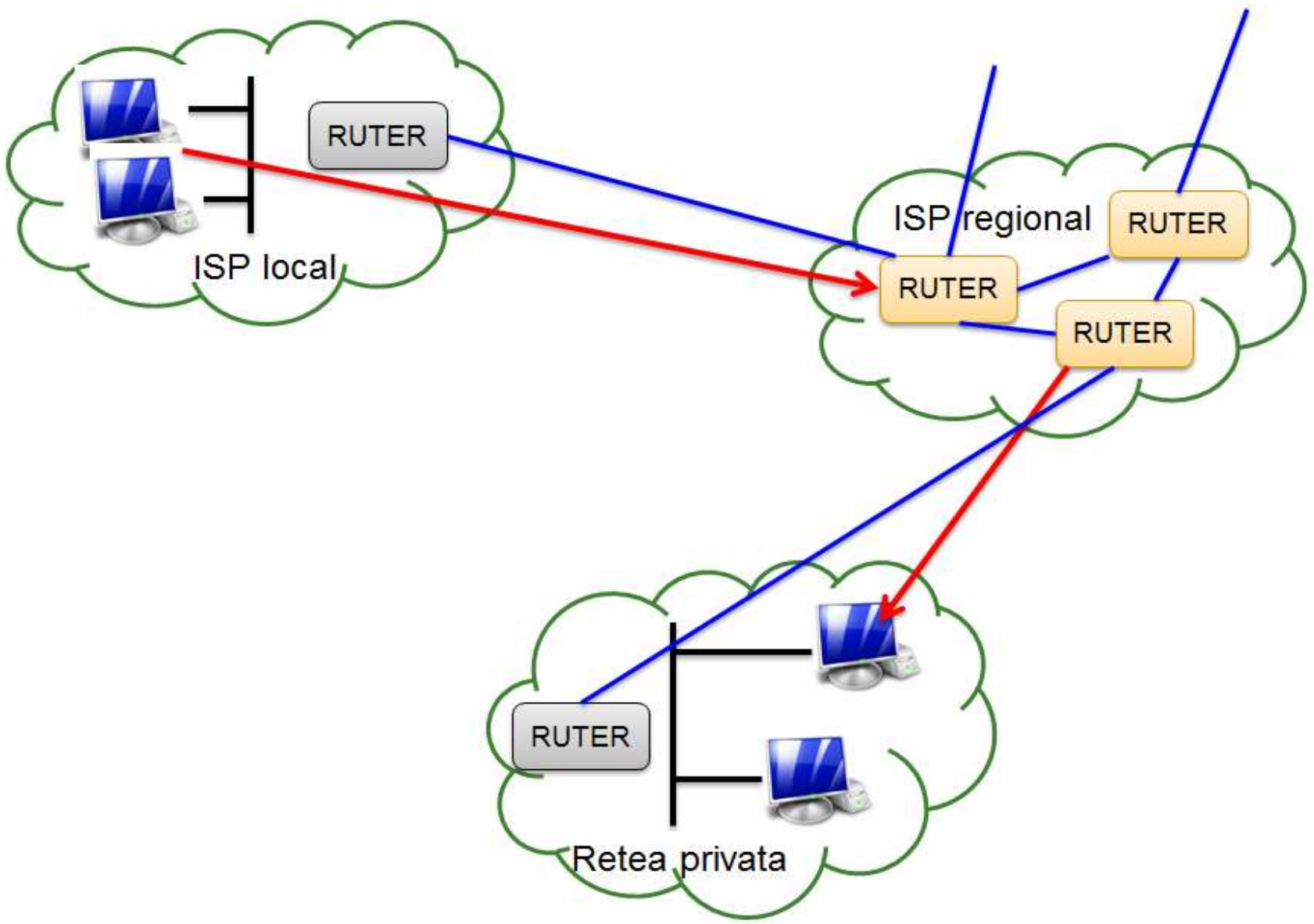


Fig. 3 Componente ale Internetului
Rețele de calculatoare

Internet

1. Definiție și concepte de bază
2. Definiția unui protocol de rețea
3. Apariția protocolului TCP/IP
4. Arhitectura Internetului
5. **Componentele ale Internetului**
 - 5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți
 - 5.2. **Servicii de conexiune**
6. Tipuri de comunicații
 - 6.1. Comutare de circuite
 - 6.2. Comutare de pachete
 - 6.3. Comutare de mesaje
7. Rutarea în rețele
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

5.2. Servicii de conexiune

- Sistemele terminale aflate în rețea comunică între ele și fac schimb de informații conform unui protocol de comunicație.
- *Serverele, routerele, legăturile fizice și alte componente ale Internetului oferă mijloacele pentru transportul acestor mesaje între aplicațiile sistemelor terminale.*
- Serviciile de conexiune oferite se împart în două tipuri:
 1. servicii neorientate pe conexiune (*connectionless*)
 2. servicii orientate pe conexiune (*connection-oriented*)

5.2. Servicii de conexiune

1. Serviciile orientate pe conexiune

- Într-un astfel de serviciu, *programele client și server trimit pachete de control unul altuia înainte de a trimite pachetele cu date.*
- Acest procedeu se numește "*strângere de mână*" (*handshaking*) și are rolul de a atenționa atât clientul cât și serverul că urmează să aibă loc schimbul de date.

5.2. Servicii de conexiune

- O dată încheiată procedura de *handshaking*, se stabilește o conexiune între cele două sisteme terminale.

- *Serviciul orientat pe conexiune din Internet* oferă și alte facilități cum sunt:
 - a) transferul sigur al datelor
 - b) controlul fluxului
 - c) sau controlul congestiilor

5.2. Servicii de conexiune

a) Transferul *sigur* al datelor (*reliable data transfer*)

înseamnă faptul că o aplicație se poate baza pe conexiune pentru a transmite datele fără erori și în ordinea corectă.

- Siguranța transmisiei datelor în **Internet** se face prin utilizarea confirmărilor și a retransmisiilor.

5.2. Servicii de conexiune

b) Controlul fluxului este folosit pentru a ne asigura de faptul că nici una dintre părțile implicate în conexiune nu-și aglomerează "interlocutorul" trimițând mai multe date decât acesta este capabil să recepționeze în unitatea de timp.

- Într-adevăr, o aplicație de la unul dintre capetele conexiunii poate să nu fie în stare să proceseze informația la fel de repede așa cum ea sosește, existând riscul supra-încărcării.
- *Serviciul de control al fluxului* forțează sistemul ce transmite datele să reducă viteza de transmitere ori de câte ori apare riscul supra-încărcării.

5.2. Servicii de conexiune

c) *Serviciul de control al congestiilor* previne intrarea într-o situație de blocaj.

- Când un router devine congestionat, dimensiunea memoriilor sale tampon poate fi depășită și se produc pierderi de pachete.
- În astfel de situații, dacă fiecare dintre sistemele pereche ce comunică continuă să trimită pachete în rețea, are loc un blocaj și astfel puține dintre aceste pachete vor mai ajunge la destinație.
- Se poate evita această problemă obligând sistemele terminale să-și reducă ratele de transfer în astfel de perioade de congestie.
- *Sistemele terminale sunt atenționate de existența congestiilor atunci când nu mai primesc confirmări pentru pachetele pe care le-au trimis la destinație.*

5.2. Servicii de conexiune

- Serviciul orientat pe conexiune din Internet este **TCP**, definit inițial în documentul RFC 793.
- Caracteristicile **TCP** includ:
 - transferul sigur de date
 - controlul fluxului
 - controlul congestiilor

2. *Serviciile neorientate pe conexiune*

- Într-un astfel de serviciu nu există procedura de *handshaking*.
- Având în vedere că nu mai există procedura inițială de stabilire a conexiunii, înseamnă că datele pot fi transmise mai rapid.
- Cum nu există nici confirmări de primire a pachetelor, înseamnă că cel care trimite datele nu este niciodată sigur că acestea au ajuns la destinație.
- *Acest tip de serviciu nu asigură nici controlul fluxului, nici controlul congestiilor.*
- **Serviciul neorientat pe conexiune** din Internet poartă numele de **UDP (User Datagram Protocol)** și este definit în documentul RFC 768.

5.2. Servicii de conexiune

Printre aplicațiile Internet ce folosesc **serviciul TCP** se numără:

- **TELNET** – conectare la distanță
- **SMTP** – poștă electronică
- **FTP** – transfer de fișiere
- **HTTP** – World Wide Web

Exemple de aplicații Internet care folosesc **UDP** sunt:

1. *Internet phone*
2. *Audio-la-cerere* (audio-on-demand)
3. *Video-conferințe*

Internet

1. Definiție și concepte de bază
2. Definiția unui protocol de rețea
3. Apariția protocolului TCP/IP
4. Arhitectura Internetului
5. Componentele ale Internetului
 - 5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți
 - 5.2. Servicii de conexiune
6. Tipuri de comunicații
 - 6.1. Comutare de circuite
 - 6.2. Comutare de pachete
 - 6.3. Comutare de mesaje
7. Rutarea în rețele
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

6. Tipuri de comunicații

Comunicația într-o rețea de calculatoare este realizată, de regulă, folosindu-se unul dintre cele două concepte de bază:

1) comutarea pe bază de circuite

2) comutarea pe bază de pachete

6. Tipuri de comunicații

Diferența esențială între aceste două abordări este următoarea:

1. în **rețelele bazate pe comutare de circuite**, **resursele** necesare de-a lungul unei rute din rețea pentru comunicația dintre sistemele terminale sunt **rezervate** pe toată durata sesiunii de comunicație
2. în **rețelele bazate pe comutare de pachete**, acestea **nu sunt rezervate**.
 - În acest ultim caz, sistemele solicită resurse atunci când au nevoie de ele, de aceea pot fi introduse într-o coadă de așteptare pentru a avea acces la resurse

6. Tipuri de comunicații

- **Rețelele telefonice clasice** sunt exemple de rețele bazate pe **comutare de circuite**.
- Înainte ca cineva să trimită informația (voce sau fax) folosind rețeaua telefonică, aceasta trebuie să stabilească într-o primă fază o conexiune între expeditor și destinatar, conexiune care se numește **circuit**.
- Atunci când acest circuit este creat, se rezervă o **rată de transmisie constantă** pe toată durata conexiunii.
- Această rezervare permite expeditorului să trimită date destinatarului la o **viteză constantă garantată**.

6. Tipuri de comunicații

- Spre deosebire de rețeaua telefonică clasică, **rețeaua Internet** este, în principal, **bazată pe comutare de pachete**.
- Ca și în cazul comutării de circuite, informațiile sunt transmise de-a lungul unor legături de comunicație.
- În cazul **comutării de pachete**, pachetele de date sunt transmise în rețea:
 - fără rezervarea prealabilă a unei lățimi de bandă
 - și fără a se stabili o viteză *garantată* de transfer

6. Tipuri de comunicații

- Dacă una din legături este congestionată din cauza altor pachete de date care trebuie transmise pe aceeași rută în același timp, atunci pachetele de date trebuie să aștepte într-o memorie tampon la capătul liniei de transmisiune și în acest caz va apărea o întârziere în transmiterea pachetelor de date.
- *Internetul „face” tot posibilul pentru transportul datelor la destinație în cele mai bune condițiuni*, dar nu oferă nici un fel de garanție că acest lucru se va întâmpla.
- Acest sistem de transport de date se numește **transport best effort**.

Internet

1. Definiție și concepte de bază
2. Definiția unui protocol de rețea
3. Apariția protocolului TCP/IP
4. Arhitectura Internetului
5. Componentele ale Internetului
 - 5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți
 - 5.2. Servicii de conexiune
6. Tipuri de comunicații
 - 6.1. Comutare de circuite
 - 6.2. Comutare de pachete
 - 6.3. Comutare de mesaje
7. Rutarea în rețele
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

6.1. Comutare de circuite

- În fig. 4, cele trei comutatoare de circuite sunt interconectate prin intermediul a două legături; fiecare dintre acestea folosește n circuite, astfel încât fiecare legătură de comunicație poate avea n comunicații simultane.
- Sistemele terminale sunt direct conectate la unul dintre aceste comutatoare:
 - iar unele pot avea *acces analog* la comutatoare
 - iar altele *acces digital*

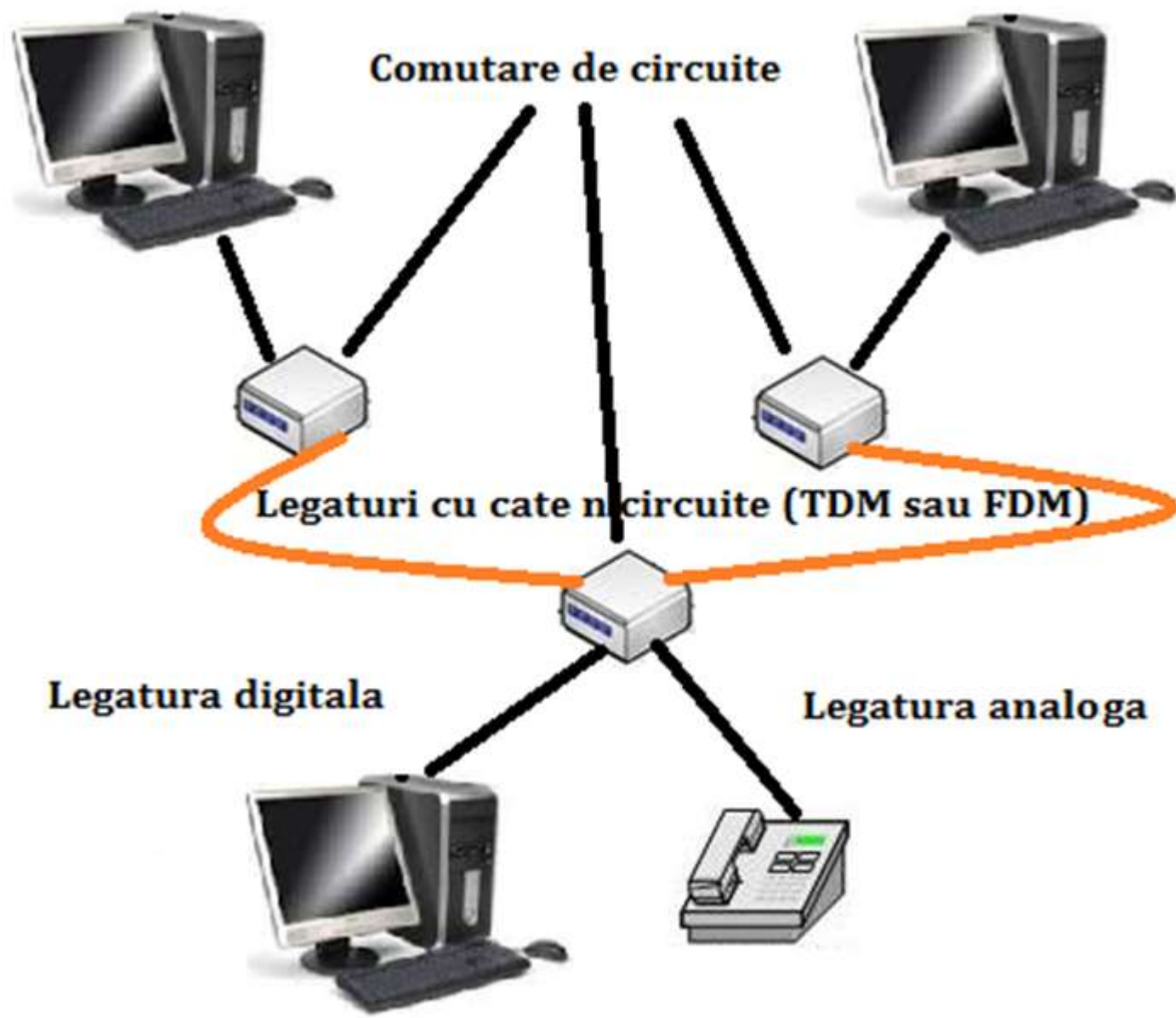


Fig. 4 Rețea bazată pe comutare de circuite
Rețele de calculatoare

6.1. Comutare de circuite

- În cazul accesului analog, este necesar un modem pentru acces.
- Atunci când două sisteme vor să comunice între ele, rețeaua stabilește un *circuit dedicat capăt-la-capăt (end-to-end)* între cele două sisteme terminale (sunt posibile totuși și comunicații între mai multe sisteme terminale – apelurile gen *conferință*).
- Fiecare legătură având *n circuite*, fiecare circuit dedicat capăt-la-capăt va primi o *cotă de $1/n$ din lățimea de bandă totală* pe durata comunicației.

6.1. Comutare de circuite

Un circuit din cadrul unei legături de comunicație este implementat folosindu-se fie:

1. **multiplexarea prin divizarea frecvenței** (*FDM – Frequency Division Multiplexing*)
2. **multiplexarea prin divizarea timpului** (*TDM – Time Division Multiplexing*)

6.1. Comutare de circuite

1. În cazul **multiplexării FDM**, spectrul de frecvență al unei legături este împărțit între conexiunile stabilite de-a lungul legăturii.
 - În rețelele telefonice, această bandă de frecvență are de regulă mărimea de 4 KHz.
 - Lățimea de bandă se mai numește *bandwidth*.
 - Stațiile de radio FM folosesc de asemenea, tehnica FDM pentru a partaja spectrul de frecvență al microundelor.

6.1. Comutare de circuite

- Exemplu de multiplexare FDM: domeniul de frecvență este împărțit într-un număr fix de circuite, fiecare având o lățime de bandă de 4 KHz.

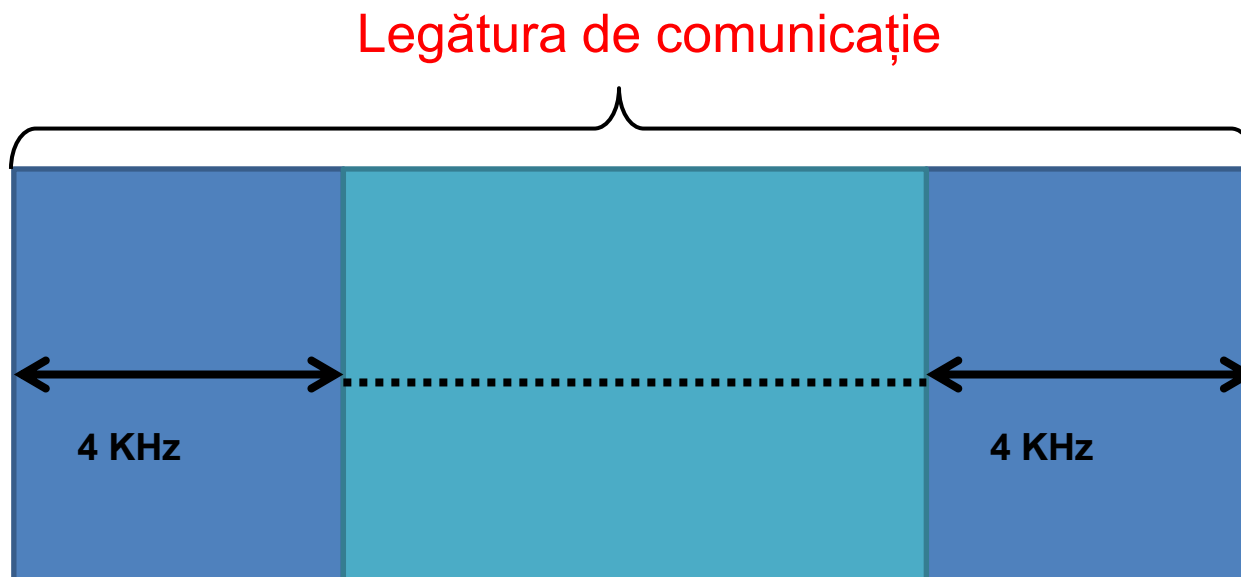


Fig. 5 Multiplexare prin divizarea frecvenței (FDM)

2. Multiplexarea prin divizarea timpului (TDM – Time Division Multiplexing)

- Tendința actuală în telefonie este de a înlocui tehnica FDM cu tehnica **TDM**.
- În cazul tehnicii **TDM** *timpul este divizat în cadre de durată fixă și fiecare astfel de cadru este divizat într-un număr fix de cuante de timp.*
- Atunci când rețeaua stabilește o conexiune de-a lungul unei legături de comunicație, aceasta **dedică o cantă de timp din fiecare cadru conexiunii.**
- Aceste cuante de timp sunt dedicate pentru uzul exclusiv al acelei conexiuni, iar o cantă de timp (pentru fiecare cadru) este **disponibilă pentru transmiterea datelor.**

- În cazul multiplexării prin divizarea timpului (Fig. 6), domeniul timp este împărțit în 5 circuite, fiecare circuit având dedicată o cuantă de timp pentru fiecare cadru (*frame*) TDM.
- Toate cuantele care au același număr sunt dedicate unei anumite perechi emițător-receptor.

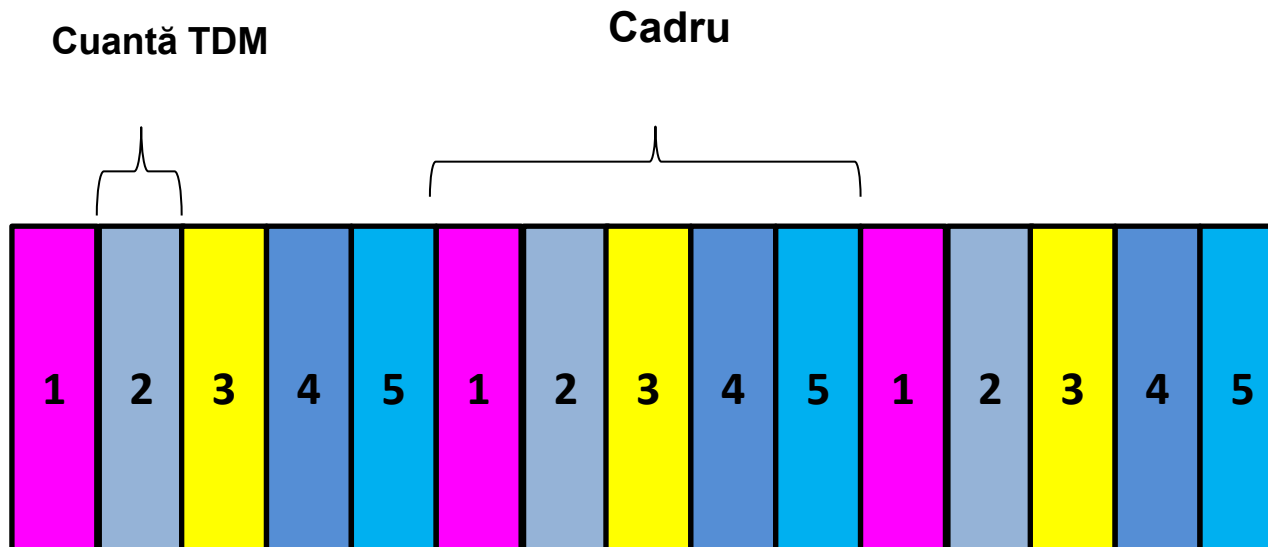


Fig. 6 Multiplexare prin divizarea timpului (TDM)

Internet

1. Definiție și concepte de bază
2. Definiția unui protocol de rețea
3. Apariția protocolului TCP/IP
4. Arhitectura Internetului
5. Componentele ale Internetului
 - 5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți
 - 5.2. Servicii de conexiune
6. Tipuri de comunicații
 - 6.1. Comutare de circuite
 - 6.2. Comutare de pachete
 - 6.3. Comutare de mesaje
7. Rutarea în rețele
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

6.2. Comutare de pachete

- Protocoalele care stau la baza comunicației dintre aplicații folosesc, de regulă, schimbul de *mesaje*.
- Mesajele conțin informații ce se pot referi la controlul conexiunii sau pot conține date efective, precum fișiere text, fișiere PDF, pagini Web sau orice alt tip de fișiere.
- În rețelele bazate pe comutare de pachete sursa care trimite informațiile le divizează în fragmente mai mici de date, numite *pachete*.

6.2. Comutare de pachete

- Aceste pachete sunt trimise de la sursă către destinație folosind o legătură de comunicație și niște dispozitive care controlează drumul pe care o iau aceste pachete, care se numesc *rutere*.
- Această *operație de coordonare a pachetelor pe drumul de la sursă la destinație* poartă numele de *rutare*.

6.2. Comutare de pachete

- Majoritatea routerelor folosesc o transmisie de tipul *store-and-forward (stochează-și-trimite mai departe)* la intrări; routerul trebuie să recepționeze întregul pachet înainte de a-l direcționa pe următoarea legătură.
- Această modalitate de transmisie creează o întârziere la fiecare intrare a unei legături de-a lungul unei *rute*.
- Tehnologiile moderne de comunicație nu mai folosesc acest tip de transmisie *store-and-forward*, făcând posibilă începerea direcționării pachetelor de date înainte de a fi recepționate în întregime.

6.2. Comutare de pachete

- Dispozitivele de rutare dispun de mai multe:
 - memorii tampon (*buffers*)
 - o memorie *buffer* de intrare
 - și o memorie *buffer* de ieșire
- Memoria de ieșire joacă un rol deosebit de important în comutarea pachetelor.
- *Dacă un pachet ce tocmai a fost primit trebuie retransmis de-a lungul unei legături și această legătură este ocupată cu transmisia altui pachet, acest pachet trebuie să fie stocat în memoria de ieșire.*

6.2. Comutare de pachete

- Apare astfel o altă întârziere datorată cozii de așteptare din memoria de ieșire.
- Aceste întârzieri sunt variabile și depind de nivelul aglomerării rețelei la un moment dat.
- Deoarece memoria are o dimensiune limitată, un pachet ce sosește poate găsi această memorie ocupată cu stocarea altor pachete sosite anterior; în acest caz avem de-a face cu o *pierdere de pachete*.

- Să considerăm cazul unei rețele obișnuite bazate pe comutare de pachete (Fig. 7).
- Presupunem că sistemele terminale X și Y trimit pachete de date sistemului terminal Z.
- Inițial, pachetele sunt trimise de-a lungul legăturii de 100 Mbps Ethernet până la primul comutator, care le direcționează pe legătura de tip T1 (1,544 Mbps).
- Dacă această legătură nu este aglomerată, pachetele sunt trimise într-o coadă de așteptare în memoria de ieșire înainte de a fi transmise mai departe.
- Secvența de pachete trimise de sistemele terminale X și Y nu are nici o regulă de aranjare; ordonarea lor în coada de așteptare se face la întâmplare.

- Un astfel tip de multiplexare se numește *multiplexare statistică (statistical multiplexing)*.
- Tehnologii relativ recente precum *Frame Relay* sau *ATM* folosesc acest tip de tehnică de multiplexare.

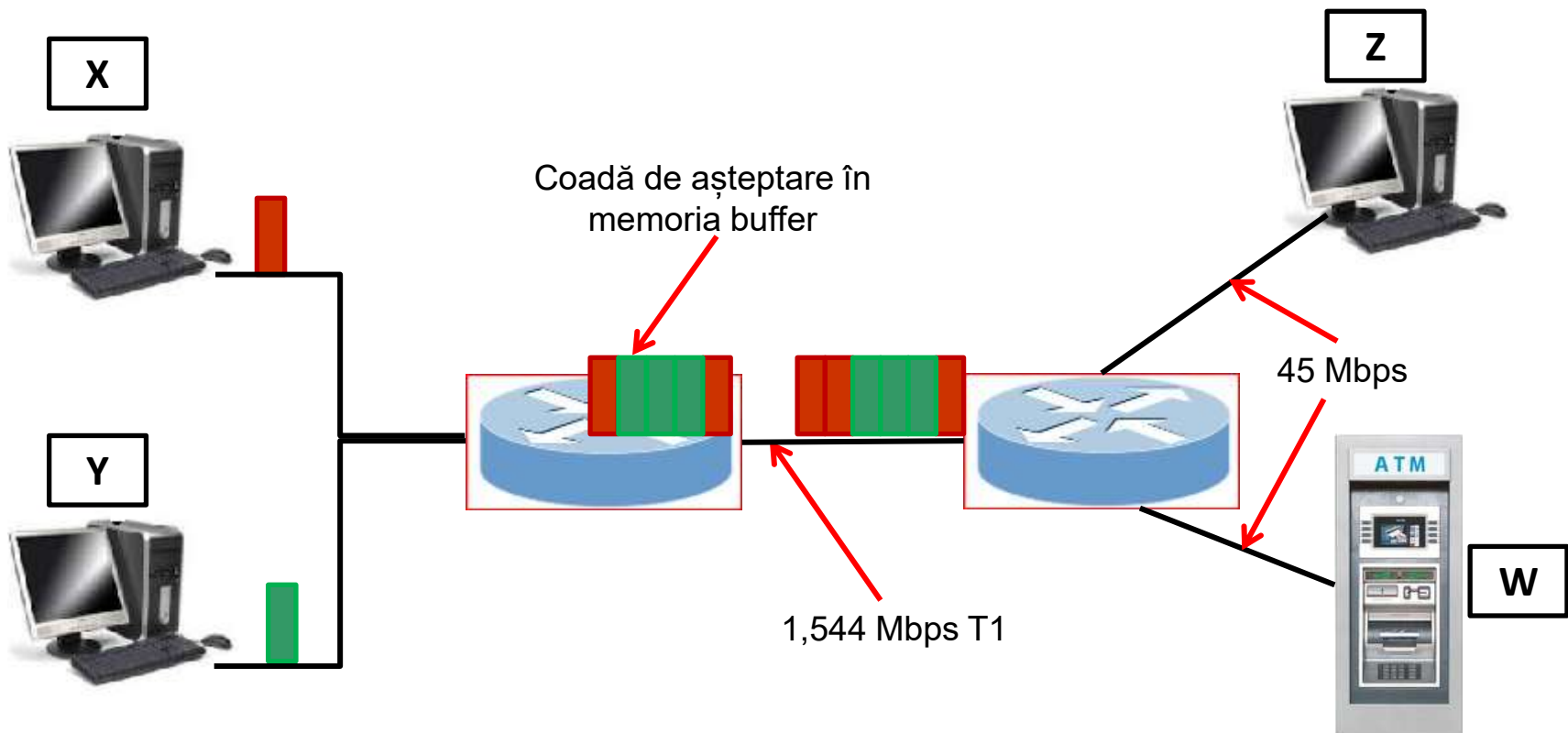


Fig. 7 Rețea bazată pe comutare de pachete
Rețele de calculatoare

Internet

1. Definiție și concepte de bază
2. Definiția unui protocol de rețea
3. Apariția protocolului TCP/IP
4. Arhitectura Internetului
5. Componentele ale Internetului
 - 5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți
 - 5.2. Servicii de conexiune
6. Tipuri de comunicații
 - 6.1. Comutare de circuite
 - 6.2. Comutare de pachete
 - 6.3. Comutare de mesaje**
7. Rutarea în rețele
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

6.3. Comutare de mesaje

- Unele dintre rețelele bazate pe comutare de pachete realizează însă o comutare de mesaje – în acest caz sursa care trimite informațiile nu divide mesajul în segmente; se spune că avem de-a face cu o *comutare de mesaje*, care este un caz particular al comutării de pachete.
- În fig. 8 este prezentată o rețea bazată pe comutare de mesaje – se observă că mesajul rămâne nemodificat pe durata traversării rețelei.
- În cazul comutatoarelor *store-and-forward* trebuie să se recepționeze întregul mesaj înainte de a-l transmite mai departe în rețea.

6.3. Comutare de mesaje

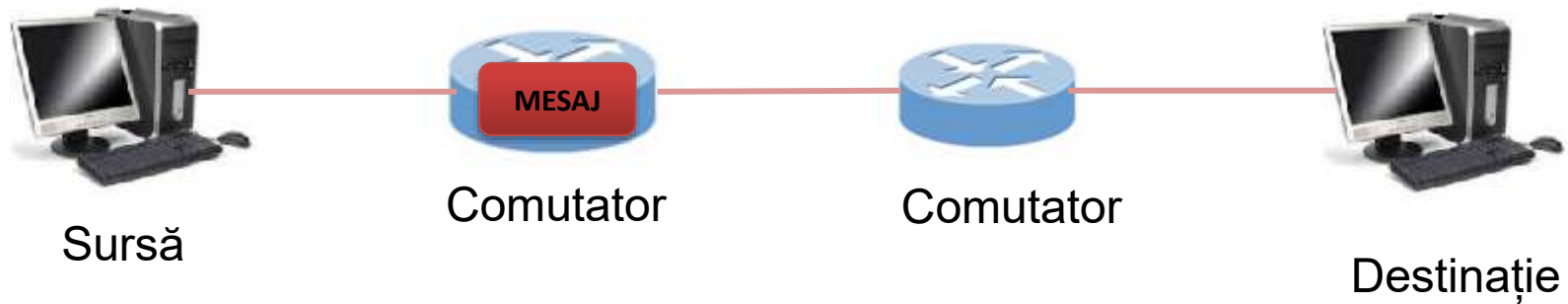


Fig. 8 Rețea cu comutare de mesaje

6.3. Comutare de mesaje

- În cazul **comutării de pachete** (fig. 9), mesajul original este, de exemplu, **divizat în 6 pachete**, dintre care primele două au ajuns la destinație, al treilea și al patrulea sunt pe drum în rețea iar ultimele două nici nu au plecat încă de la sursă.

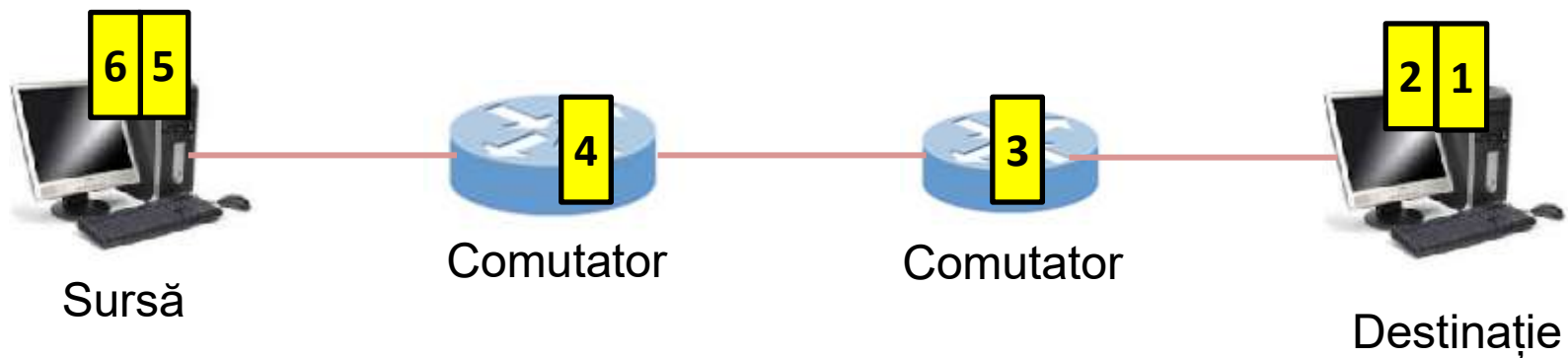


Fig. 9 Rețea cu comutare de pachete

6.3. Comutare de mesaje

- Un **avantaj** principal al **comutării de pachete** (cu mesaje segmentate în pachete) este acela că **întârzierile sunt mult mai mici decât în cazul comutării de mesaje**.
- Dar, comutarea de pachete are un **dezavantaj** datorat faptului că **fiecare pachet trebuie să aibă**, pe lângă informația inițială și **o informație de control**.

6.3. Comutare de mesaje

- Această informație se numește *header* și este inclusă în orice pachet sau mesaj transmis în rețea.
- Având în vedere faptul că dimensiunea *header-ului* este aproximativ aceeași atât în cazul unui pachet cât și în cazul unui mesaj, rezultă că în cazul **comutării de pachete** există mai multă informație suplimentară de control (sunt mai multe pachete).

6.3. Comutare de mesaje

- Un alt avantaj al comutării de pachete este acela al introducerii unor **biți de control al erorilor în pachetele de date**.
- Atunci când un comutator detectează o eroare într-un pachet, de regulă acest pachet se aruncă și el trebuie retransmis.
- În cazul în care un mesaj este greșit, atunci întregul mesaj trebuie retransmis, iar un mesaj poate conține mii de pachete.
- *Avantajul divizării mesajului în mai multe pachete este deci acela că atunci doar pachetele greșite vor trebui retransmise.*

Internet

1. Definiție și concepte de bază
2. Definiția unui protocol de rețea
3. Apariția protocolului TCP/IP
4. Arhitectura Internetului
5. Componentele ale Internetului
 - 5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți
 - 5.2. Servicii de conexiune
6. Tipuri de comunicații
 - 6.1. Comutare de circuite
 - 6.2. Comutare de pachete
 - 6.3. Comutare de mesaje
7. Rutarea în rețele
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

7. Rutarea în rețele

Rețelele bazate pe comutare de pachete se pot clasifica în două mari categorii:

1. rețele ce folosesc *datagrame*
2. rețele ce folosesc *circuite virtuale*

Diferența de bază între aceste două tipuri de rețele este aceea că:

- primul tip *directionează (rutează) pachetele* în rețea **pe baza adresei** sistemului terminal destinație
- pe când cel de-al doilea tip de rețea **realizează această direcționare pe baza numărului unui circuit virtual**

7. Rutarea în rețele

- Pe scurt, o *datagramă (sau pachet)* reprezintă "unitatea de măsură" a datelor trimise într-o transmisie la nivelul rețea fără a se stabili anterior un circuit virtual.
- **Datagrama IP** este unitatea fundamentală a informației transmisă în Internet.

Internet

1. Definiție și concepte de bază
2. Definiția unui protocol de rețea
3. Apariția protocolului TCP/IP
4. Arhitectura Internetului
5. Componentele ale Internetului
 - 5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți
 - 5.2. Servicii de conexiune
6. Tipuri de comunicații
 - 6.1. Comutare de circuite
 - 6.2. Comutare de pachete
 - 6.3. Comutare de mesaje
7. Rutarea în rețele
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

7.1. Rețele ce folosesc datagrame

- Din multe puncte de vedere, rețelele ce folosesc datagramele funcționează asemănător cu serviciile poștale.
- Scrisorile trimise la o anumită adresă conțin informații precum numele destinatarului, numele și numărul străzii, codul poștal, orasul, județul, țara etc.
- Serviciile poștale țin cont de adresa de pe plic pentru a direcționa scrisoarea către destinație.

7.1. Rețele ce folosesc datagrame

- Într-o rețea bazată pe datagrame, aspectele sunt similare: fiecare pachet traversează rețeaua conținând în header-ul său adresa destinației, această adresă având o structură ierarhică asemănătoare cu adresa poștală.
- În momentul în care un comutator recepționează un pachet din rețea, pe baza unei *tabele de rutare (ce conține adrese de destinații)* face o alegere către o conexiune de ieșire.
- Spre deosebire de rețelele ce folosesc circuite virtuale, rețelele bazate pe datagrame nu stochează informații de stare a conexiunii în comutatoarele folosite pentru rutare.
- Din acest motiv, rețelele cu datagrame cresc în complexitate dar au avantajul de a oferi o mai mare varietate de servicii de rețea.

Internet

1. Definiție și concepte de bază
2. Definiția unui protocol de rețea
3. Apariția protocolului TCP/IP
4. Arhitectura Internetului
5. Componentele ale Internetului
 - 5.1. Sisteme gazdă, servere și clienți
 - 5.2. Servicii de conexiune
6. Tipuri de comunicații
 - 6.1. Comutare de circuite
 - 6.2. Comutare de pachete
 - 6.3. Comutare de mesaje
7. Rutarea în rețele
 - 7.1. Rețele ce folosesc datagrame
 - 7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

Un *circuit virtual (CV)* este alcătuit din:

- Un **drum** (format din conexiuni de rețea și comutatoare) **între sursă și destinație**
- Un **număr al circuitului** (un număr diferit pentru fiecare rută a drumului)
- **Intrări într-o tabelă de translatare a numărului circuitului virtual pentru fiecare comutator de-a lungul drumului în rețea**

7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

- *Odată stabilit un circuit virtual (CV) între o sursă și o destinație, pachetele pot fi trimise împreună cu numărul circuitului virtual respectiv.*
- Deoarece un CV are un număr diferit pe fiecare legătură, comutatorul intermediar de pachete trebuie să înlocuiască acest număr (pentru fiecare pachet ce traversează rețeaua) cu unul nou.
- Noul număr al circuitului virtual se obține din tabela de translatare a numerelor circuitelor virtuale.

7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

- În fig. 10 presupunem că sistemul terminal X necesită un circuit virtual pentru a comunica cu sistemul Y.
- Dacă rețeaua alege ruta X-C1-C2-Y, atribuind numerele 11, 22 și 33 corespunzătoare celor trei legături din această rută.
- Atunci când pachetul pleacă de la A are numărul de circuit virtual 11, când pleacă din C1 are numărul 22 și când pleacă din C2 va avea numărul 33.
- Numerele atașate conexiunilor comutatorului C1 din desen sunt *numerele interfețelor*.

7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

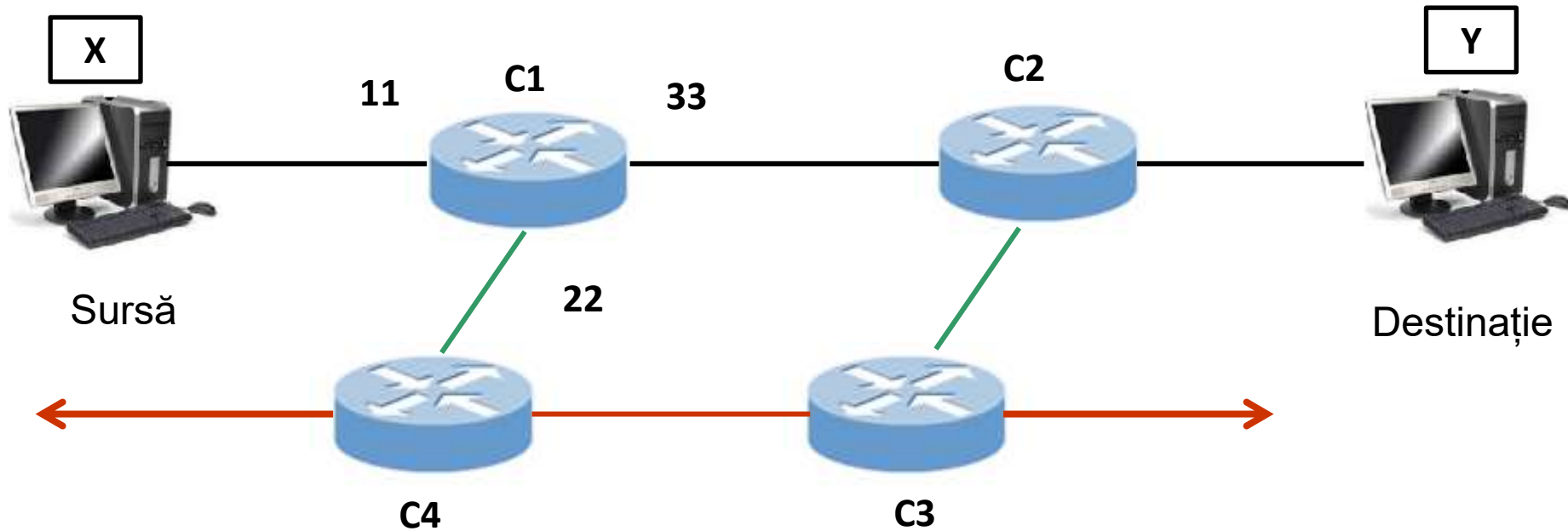


Fig. 10 Circuite virtuale în rețea

7.2. Rețele ce folosesc circuite virtuale

- Stabilirea numărului circuitului virtual la plecarea pachetului din comutator se face pe baza tabelului de translatare a numerelor circuitelor virtuale.
- Un exemplu de astfel de tabelă avem în fig. 11.

Interfața de intrare	Nr. CV de intrare	Interfața de ieșire	Nr. CV de ieșire
1	11	3	22
2	78	1	45
3	2	23	19
...
...

Fig. 11 Exemplu de tabelă de translatare a numerelor circuitelor virtuale

Concluzii

- Având în vedere conceptele prezentate, putem spune că o rețea de telecomunicații poate fi în primă fază bazată:
 - pe comutare de pachete
 - sau pe comutare de circuite
- O conexiune într-o **rețea cu comutare de circuite** poate folosi fie multiplexare de frecvență - FDM, fie multiplexare de timp - TDM
- pe când **rețelele cu comutare de pachete** pot fi:
 - rețele ce folosesc circuite virtuale
 - sau rețele ce folosesc datagrame

Concluzii

- O rețea ce utilizează datagrame poate oferi servicii bazate pe conexiune pentru unele aplicații și servicii neorientate pe conexiune pentru alte aplicații.
- **Internetul** oferă **ambele tipuri de servicii**, pe când **rețelele ce folosesc circuite virtuale** (X.25, Frame Relay, ATM) sunt **orientate pe conexiune**.

Bibliografie

1. Rețele de calculatoare, ANDREW S. TANENBAUM, ediția a treia, 1998, Editura Computer Press Agora
2. Rețele de calculatoare, ANDREW S. TANENBAUM, ediția a patra, 2000, Editura Computer Press Agora – varianta electronică
3. Rețele de calculatoare, Valentin Cristea, Nicolae Tapus, Trandafir Moisa, Valeriu Damian, 1992, Editura Teora.

Întrebări?