

Rutare. Niveluri de rețea

Curs

Universitatea “Transilvania” din Brasov

Lect. Costel ALDEA

Modul de lucru la nivelul unui router

- Lucrul în rețea presupune două scheme de adresare: una folosește adresele MAC, adică o adresă a nivelului 2, iar alta folosește o adresă a nivelului rețea, cum este adresa IP. Router-ul este o unitate inter-rețea care transmite pachete de date între rețele, pe baza adresei nivelului 3, spre deosebire de punți sau switch-uri, care folosesc adresa MAC pentru a transmite mai departe cadrele de date primite. Spre deosebire de adresele MAC, care sunt asiguate de către producătorul de plăci de rețea, adresele IP sunt asiguate de către administratorul de rețea, deoarece ele sunt implementate prin software. Router-ele conectează două sau mai multe rețele, fiecare având un număr unic de rețea, încorporat în adresa IP. Astfel, este posibil ca două sisteme terminale aflate pe rețele diferite să poată fi conectate între ele; de asemenea, este posibil ca acestea să poată avea acces la multitudinea de informații de pe rețeaua Internet.

Pentru a ne face o imagine asupra modului de lucru al router-ului, vom considera câteva aspecte:

- ❑ O rețea A are un unic număr de rețea – A1. Ea este compusă din patru unități. Adresele IP ale unităților sunt A2, A3, A4, și A5. Deoarece interfața unde router-ul conectează rețeaua este considerată parte a rețelei și aceasta va avea o adresă IP - A1.
- ❑ O altă rețea B, cu un alt număr de identificare - B1, are patru unități. Această rețea este la rândul ei atașată aceluiași router, dar printr-o altă interfață. Adresele IP ale unităților sunt B2, B3, B4 și B5, iar adresa IP a celei de-a doua interfețe a router-ului este B1.
- ❑ Dacă o gazdă din rețeaua A vrea să transmită date la o gazdă din rețeaua B, când cadrele de date care vin de la rețeaua A ating router-ul, acesta execută următoarele acțiuni:

-
- ❑ Scoate header-ul cadrului, care conține adresele MAC ale sursei și destinației.
 - ❑ Examinează adresa nivelului rețea, pentru a determina rețeaua de destinație.
 - ❑ Consultă tabelele lui de rutare, pentru a vedea care dintre interfețele lui vor fi folosite pentru a transmite datele mai departe către rețeaua de destinație; în exemplul nostru, router-ul va folosi interfața cu adresa B1 pentru a transmite date către rețeaua B. Înainte ca router-ul să transmită datele, el le va încapsula într-un cadru de date corespunzător.

- O interfața a router-ului mai este numită și port. În rutarea IP, fiecare interfață trebuie să aibă o adresă unică de rețea (sau subrețea). Activitatea la nivelul unui router, se bazează pe două concepte fundamentale: transmiterea mai departe (“forwarding”) a pachetelor IP; dirijarea sau rutarea pachetelor (“routing”). “Forwarding” este procesul prin care un pachet este preluat de la o intrare a router-ului și transmis către ieșirea corespunzătoare, pe când dirijarea este procesul de construire și întreținere a tabelelor pe baza cărora se desfășoară procesul de transmitere mai departe a datelor.
- Când ne referim la transmiterea mai departe a pachetelor, trebuie să luăm în discuție următoarele aspecte: fiecare pachet conține adresa IP a gazdei destinație; câmpul de rețea al unei adrese IP identifică în mod unic o singură legătură fizică, către o anumită rețea ce face parte dintr-o inter-rețea; toate gazdele și router-ele care au aceeași valoare a câmpului de rețea în adresle lor IP, sunt conectate la aceeași rețea locală și astfel fiecare poate transmite cadre de date peste acea rețea; fiecare rețea fizică ce face parte dintr-o inter-rețea este conectată la o interfață a unui router.

-
- Când o gazdă sursă dorește să transmită un pachet unei gazde destinație, mai întâi compară valoarea câmpului rețea din propria adresă cu cel din adresa de destinație; dacă cele două valori sunt egale, atunci pachetul de date se transmite în rețeaua locală din care fac parte cele două gazde, deci el este încapsulat într-un cadru de date și transmis pe mediul de comunicație; în caz contrar, pachetul este transmis router-ului prin interfața corespunzătoare rețelei locale, router-ul fiind responsabil cu transmiterea mai departe a pachetului.

 - În general, fiecare router are mai multe posibilități de a alege router- ul căruia să-i transmită un anumit pachet. Evident, că el va alege acest nod următor din subrețeaua de comunicație, astfel încât pachetul respectiv să urmeze cel mai bun drum până la destinație. Despre această alegere vom discuta într-o secțiune următoare. Router-ul găsește un nod următor corect consultându-și o așa – zisă “tabelă de transmitere mai departe”. Această tabelă conține intrări de forma (Număr Rețea, Nod următor).

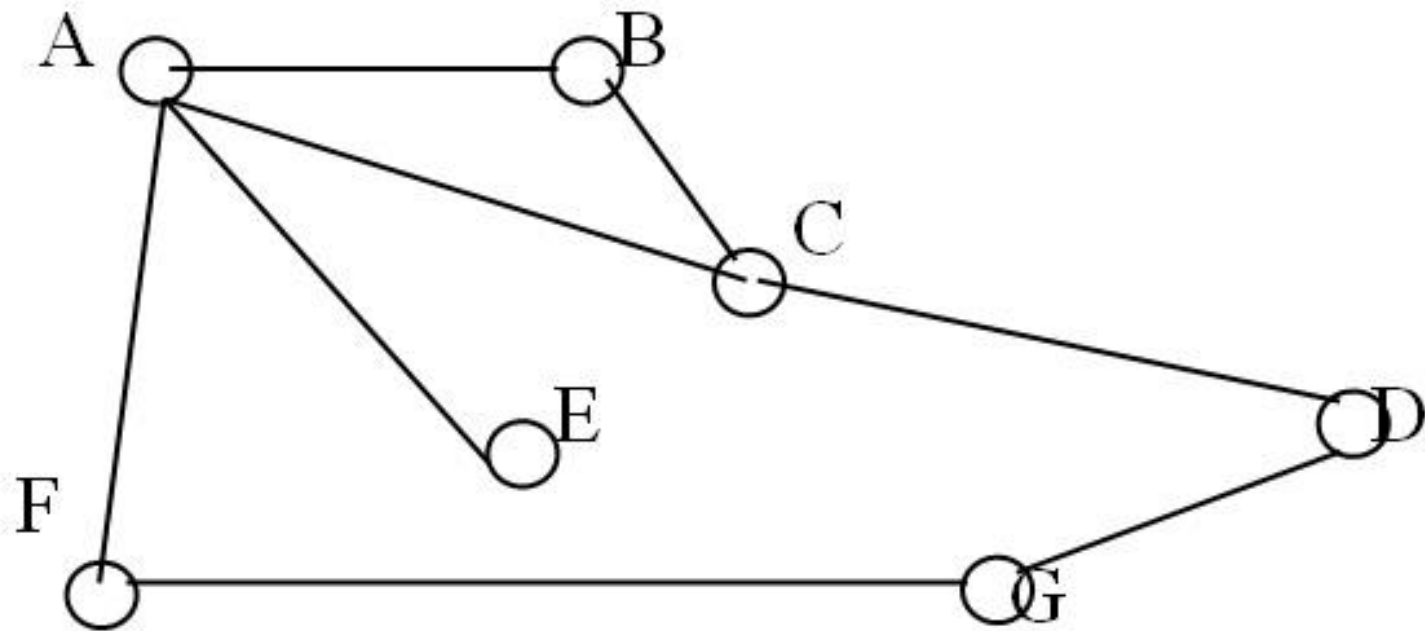
Rutarea și transmiterea mai departe a pachetelor

- Pentru ca un pachet să ajungă de la o gazdă aflată pe o anumită rețea locală, la o altă gazdă situată pe o altă rețea locală, el trebuie, mai întâi transmis routerului la care este legată prima rețea locală și apoi să străbată un **drum** ale cărui noduri sunt routere intermediare din subrețeaua de comunicație, până la routerul la care este conectată gazda destinație. Determinarea acestui drum apare la nivelul rețea. Funcția de determinare a drumului permite routerului, să aleagă dintre mai multe căi disponibile, pe cea optimă. Pentru determinarea acestor drumuri și alegerea celui optim la momentul respectiv, routerul folosește o serie de tabele. O intrare într-o astfel de tabelă conține adresa IP a unei anumite destinații și următorul nod către destinația respectivă. Actualizarea acestor tabele se numește **rutare**.

-
- Pentru evaluarea drumurilor, existente între două routere la un moment dat se folosesc informațiile despre topologia rețelei. Aceste informații se introduc manual de către administratorul de rețea sau pot fi actualizate dinamic de către anumite procese care se execută în rețea. Nivelul rețea folosește tabelele de rutare pentru a transmite pachetele de la o rețea sursă, la o rețea destinație. După ce routerul determină care drum va fi folosit, el trece la **transmiterea mai departe** a pachetului. El ia pachetul care a fost primit la o interfață și îl transmite mai departe la o altă interfață care constituie următorul nod din drumul optim
 - Acesta reprezintă procesul de transmitere mai departe (“forwarding”) al pachetului.

Rețeaua ca un graf

- În esență, rutarea este o problemă de teoria grafurilor. În figura următoare este prezentat un graf care reprezintă o rețea. Nodurile grafului pot fi gazde, switch-uri, routere sau rețele. Pentru început, vom considera nodurile ca fiind routere. O muchie a grafului corespunde unei legături a rețelei. De asemenea, fiecare muchie are un cost care corespunde la cât de convenabilă este acea legătură. Despre modul în care se stabilesc aceste legături vom discuta puțin mai târziu.



-
- Problema principală este să se găsească drumul de cost minim între oricare două noduri și acestea să fie memorate. O astfel de abordare statică are o mai multe dezavantaje, printre care: nu ia în considerație posibilitatea defectării unui nod sau a unei legături; nu ia în considerația posibilitatea adăugării unui nod sau a unei legături; nu ia în considerația posibilitatea modificării costului unei legături, în funcție de încărcarea acesteia.
 - Din aceste motive, rutarea este realizată prin execuția protocoalelor de rutare pe fiecare dintre nodurile rețelei, care furnizează o soluție dinamică a determinării drumului de cost minim, în condițiile modificării configurației rețelei. Există două tipuri de protocoale de rutare: cele bazate pe **vectorul distanță** și cele bazate pe **starea legăturilor**.

-
- Tabelele de rutare pot fi modificate manual, de către administratorul de rețea(rutare statica) sau automat(rutare dinamica). Modificarea manuală a tabelelor de rutare, se face atunci când administratorul de rețea vrea să controleze care drum este ales de către router, atunci când vrea să testeze o anumită legătură, să conserve lărgimea de bandă sau să conecteze o rețea LAN, cu o singură posibilitate de conexiune în exterior.

Protocolul bazat pe vectorul distanță (Routing Information Protocol - RIP).

- Fiecare nod își construiește un vector cu distanțele(costurile) către toate nodurile din rețea și distribuie acest vector tuturor vecinilor săi. Inițial, fiecare nod cunoaște costul legăturii către vecinii lui. O legătură care nu mai este operațională are un cost egal cu ∞ . Pentru graful din figura urm. distanțele inițiale stocate în fiecare nod sunt date de:

Noduri	Distanța la nod						
	A	B	C	D	E	F	G
A	0	1	1	∞	1	1	∞
B	1	0	1	∞	∞	∞	∞
C	1	1	0	1	∞	∞	∞
D	∞	∞	1	0	∞	∞	1
E	1	∞	∞	∞	0	∞	∞
F	1	∞	∞	∞	∞	0	1
G	∞	∞	∞	1	∞	1	0

-
- În acest exemplu, costul fiecărei legături este 1 deci costul unui drum minim este egal cu numărul de noduri intermediare care trebuie parcurse pentru a ajunge la destinație. La nivelul fiecărui nod se construiește o tabelă inițială de rutare. De exemplu, pentru nodul A tabela este:

<u>Dest</u>	<u>Costul</u>	<u>Nod urm.</u>
B	1	B
C	1	C
D	∞	-
E	1	E
F	1	F
G	∞	-

-
- pentru celelalte noduri distanța este ∞ . Următorul pas este că fiecare nod transmite câte un mesaj către vecinii săi prin care comunică listele cu distanțele către alte noduri pe care le deține. De exemplu, nodul F comunică nodului A că el poate atinge nodul G printr-un drum de cost egal cu 1; deoarece A cunoaște că distanța de la el la F este 1, poate calcula distanța de la el la G, egală cu 2. Acest cost este mai mic decât costul existent în tabelă(∞), deci este înlocuit cu valoarea care a fost determinată. Într-un mod asemănător, A și celelalte vârfuri determină drumul minim către celelalte noduri din rețeaua de comunicații. În final,

-
- Tabela de rutare a nodului A este:

Dest.	Cost	Nod urm
B	1	B
C	1	C
D	2	C
E	1	E
F	1	E
G	2	C

-
- Dacă nu are loc nici o schimbare în topologia rețelei, se realizează numai schimburi de informații între vecini pentru ca fiecare nod să aibă o tabelă completă de rutare. Procesul prin care se obțin informațiile de rutare de către noduri se numește **convergență**.
 - Schimbul de informații între noduri se poate realiza periodic, sau de fiecare dată când are loc o anumită modificare în structura rețelei.
 - Spre deosebire de RIP, protocolul bazat pe starea legăturilor OSPF ("open shortest path first") ia în considerare costul conexiunilor dintre două routere. Acestea pot fi: viteza de rutare, traficul, fiabilitatea și securitatea, lărgimea de bandă, încărcarea și întârzierea.

Nivelul Transport

- Schema de adresare a nivelului rețea permite comunicarea dintre două gazde într-o inter-rețea. De fapt, pe aceste gazde se execută aplicații care comunică între ele. Se pune în mod firesc problema identificării proceselor corespunzătoare aplicațiilor care sunt executate în rețea. Acest lucru este realizat de către nivelul transport, care recunoaște numerele de port. Un port formează împreună cu adresa IP a gazdei un unic punct de acces la serviciul de transport (**TSAP-Transport Service Acces Point**). Protocoalele nivelului 4 folosesc *numerele de port (sau soclu)* pentru a transmite informațiile la nivelurile superioare. Numerele de port sunt folosite pentru a identifica în mod unic diverse conversații care au loc în rețea la același moment. Numerele de port sunt atribuite în conformitate cu următoarele convenții: Numere până la 255 – pentru aplicații publice; Numere între 255-1023 – pentru aplicații ale unor companii furnizoare de produse soft; Numere mai mari decât 1023 – la dispoziția utilizatorilor obișnuiți.

-
- ❑ Sistemele terminale folosesc numerele de port pentru a selecta aplicațiile corespunzătoare.
 - ❑ Scopul principal al nivelului transport este de a asigura transmiterea sigură și fiabilă a informațiilor între aplicațiile(procese) care se execută în rețea. Deoarece utilizatorii nu pot controla rețeaua de comunicație, ei nu pot rezolva problema apariției unor erori folosind servicii ale nivelurilor 2 sau 3. Singura posibilitate este de a pune deasupra nivelului rețea un alt nivel care să îmbunătățească calitatea serviciilor. Dacă entitatea de transport este informată la jumătatea transmisiei că a fost închisă brusc conexiunea sa la nivelul rețea, fără nici o indicație despre ceea ce s-a întâmplat cu datele aflate în acel moment în tranzit, el poate iniția o altă conexiune la nivel de rețea, cu entitatea transport aflată la distanță. Folosind această nouă conexiune, ea poate cere informații despre felul cum au ajuns datele la destinatar și poate continua comunicarea din locul unde a fost întreruptă.

-
- ❑ De asemenea, primitivele nivelului transport pot fi proiectate astfel încât să fie independente de primitivele de la nivelul rețea, care pot să fie diferite de la o rețea la alta (serviciile orientate pe conexiune dintr-o rețea locală pot fi diferite de cele dintr-o altă rețea).
 - ❑ Semnificația celor prezentate se regăsește în arhitectura TCP/IP.
 - ❑ Acesta conține două componente: TCP și UDP
 - ❑ UDP (**U**ser **D**atagram **P**rotocol) realizează transportul nefiabil al datelor între gazde, fiind caracterizat de: nu este orientat pe conexiune; nu este fiabil; transmite mesaje (numite datagrame utilizator); nu conține componente de verificare a furnizării mesajelor; nu reasamblează mesajele sosite; nu folosește confirmarea; nu realizează controlul fluxului.

-
- Principala lui calitate este **rapiditatea** transmiterii mesjelor. Prelucrarea erorilor și retransmiterea sunt lăsate în sarcina altor protocoale. El este folosit atunci când se transmit mesaje între unități, când se preferă o transmisie rapidă în locul uneia mai sigure. Printre protocoalele care folosesc UDP amintim: TFTP, SNMP, DHCP, DNS (Domain Name System), care vor fi studiate în capitolele următoare.
 - TCP furnizează un circuit virtual între aplicațiile utilizator aflate pe sistemele terminale. Caracteristicile TCP sunt: orientarea pe conexiune; fiabilitatea; gazda sursă poate fragmenta mesajele; stația destinatar reasamblează fragmentele acelui mesaj primit; se retransmite tot ceea ce nu a fost confirmat ca fiind primit.

-
- TCP/IP este stiva de protocoale pe care se sprijină Internet-ul. Dacă IP este un protocol al nivelului rețea, neorientat pe conexiune care furnizează servicii prin care se realizează comunicarea într-o inter-rețea, TCP este un protocol al nivelului transport, orientat pe conexiune, care permite transmisia datelor în ambele sensuri (full-duplex), ce furnizează servicii pentru controlul fluxului, precum și fiabilitatea comunicării. TCP manevrează informațiile primite sub forma unei structuri numită segment.

Antetul TCP

În cele ce urmează, sunt prezentate semnificațiile unor câmpuri principale din antetului unui segment TCP.

► *port sursă, port destinație* – numărul portului sursă corespunzător aplicației (procesului) utilizator aflat pe calculatorul expeditor, respectiv numărul portului destinație corespunzător aplicației (procesului) utilizator aflat pe calculatorul destinatar;

► *număr de secvență* - număr folosit pentru secvențierea corectă a datelor primite

► *număr de confirmare* – identifică numărul octetului următor (numărul de secvență) pe care sursa se așteaptă să-l recepționeze; deci, numărul de confirmare verifică recepționarea celor $n-1$ octeți anteriori, atunci când numărul de secvență este n ;

► *lungime antetului (hlen)* – specifică lungimea antetului ca multiplu de 32 de biți

► *biți de cod* – conține șase biți indicatori. Acești biți, când au valoarea 1, indică faptul că un anumit câmp al antetului este semnificativ și valoarea acestui câmp trebuie interpretată, în timp ce ceilalți biți sunt utilizați pentru controlul conexiunii și al operațiilor de transfer al datelor.

□ Semnificația lor este:

- URG: câmpul relevant al unui *indicator de urgență*;
- ACK: câmpul relevant de confirmare; bitul ACK este poziționat pe 1 pentru a indica faptul că numărul de confirmare este valid; dacă ACK este setat pe 0, segmentul în discuție nu conține o confirmare și numărul de confirmare este ignorat;

-
- PSH: funcție de impulsționare; receptorul este rugat să livreze aplicației informația respectivă imediat ce este recepționată și să nu aștepte până când se umple buffer-ul;
 - RST: anularea conexiunii, datorată defectării unei mașini etc.;
 - SYN: este utilizat pentru stabilirea unei conexiuni; cererea de conexiune conține $SYN=1$ și $ACK=0$ pentru a indica faptul că acel câmp suplimentar de confirmare nu este utilizat; răspunsul la o astfel de cerere conține o confirmare, având deci $SYN=1$ și $ACK=1$; în esență, bitul SYN este utilizat pentru a indica o cerere de conexiune sau o conexiune acceptată, bitul ACK făcând distincția între cele două posibilități.
 - FIN: emițătorul nu mai are date de transmis.

-
- *fereastră* - numărul de octeți, începând cu cel din câmpul de confirmare, pe care creatorul segmentului îl poate controla; deoarece protocolul TCP reprezintă un protocol de comunicații full – duplex, fiecare capăt al căii de comunicație poate utiliza câmpul “fereastră” pentru a controla cantitatea de informații care îi este trimisă; această caracteristică, asigură receptorului posibilitatea de a lua unele decizii; astfel, dacă receptorul devine supraaglomerat cu prelucrarea datelor sau are alte probleme care determină incapacitatea sa de a recepționa fragmente mari de date, acesta poate utiliza câmpul “fereastră” pentru a reduce dimensiunea fragmentelor de date care îi sunt destinate; un câmp fereastră de valoare 0 este valid și are semnificația că octeții până la număr de confirmare-1, inclusiv au fost recepționați, dar gazda receptor, pentru moment nu dorește continuarea transferului; persegment având același număr de confirmare, dar un câmp fereastră misiunea de expediere poate fi acordată ulterior prin trimiterea unui care conține o valoare nenulă.

-
- *suma de control* – reprezintă mecanismul de detecție a erorilor din cadrul unui segment, deci asigură transmisia sigură a antetului TCP, a antetului IP și a datelor transportate în cadrul segmentului.
 - *indicator de urgență* – permite identificarea poziției unor date de urgență din cadrul unui segment TCP; valoarea acestui câmp este folosită pentru a indica deplasamentul în octeți față de numărul curent de secvență la care se găsește informația urgentă.
 - Pe lângă antet, segmentul TCP conține și câmpul de *date*, care conține informațiile primite de la protocolul nivelului superior.

Transmiterea cu confirmare

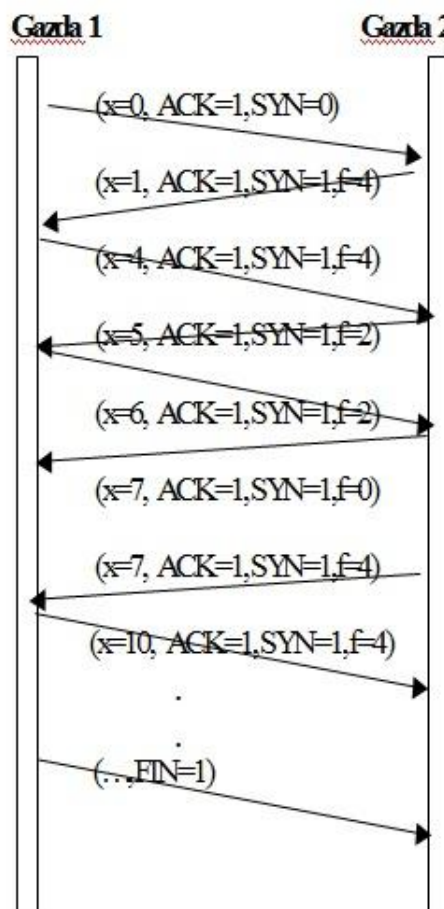
- Serviciile orientate pe conexiune implică trei **faze**. În faza de **stabilire a conexiunii**, este determinat un drum unic între sursă și destinație și sunt stabilite resursele necesare unei transmisii corespunzătoare a datelor. În timpul **fazei de transfer**, datele sunt transmise secvențial de-a lungul drumului stabilit, sosind la destinație în ordinea în care ele au fost transmise. **Faza de terminare** a conexiunii apare atunci când legătura dintre sursă și destinație nu mai este necesară.
- Înainte ca datele să fie transferate, gazdele TCP stabilesc o **sesiune orientată pe conexiune** printr-o înțelegere în trei pași. Mai întâi, una dintre gazde **inițiază** o conexiune, transmițând un pachet, ce conține x numărul inițial de secvență (de obicei 0), cu biții SYN=1 și ACK=0 din antet setați să indice o cerere de conectare. Apoi, gazda care primește pachetul, înregistrează pe x și răspunde cu un număr de confirmare $x+1$.

-
- Numărul de confirmare $x+1$ înseamnă că gazda a primit toți octeții până la x și așteaptă pe următorul, $x+1$. De asemenea, include în mesaj **dimensiunea ferestrei** (notată cu f); dimensiunea ferestrei determină cantitatea de date ce se poate transmite la un moment dat (exprimată în număr de octeți), înaintea primirii confirmării de la destinație.
 - Un mesaj de confirmare a primirii unui segment în care $f=0$, este valid și înseamnă că gazda respectivă a primit segmentul transmis, dar pentru o perioadă nu mai poate primi date, urmând ca transmisia să fie reluată atunci când va retrimite un nou mesaj, în care cu excepția câmpului fereastră care va conține o valoare nenulă, toate celelalte informații vor fi identice cu cele din mesajul anterior. Dialogul continuă într-un mod asemănător, până când gazda care a inițiat dialogul transmite un segment care conține bitul FIN poziționat pe 1, ceea ce înseamnă terminarea sesiunii.

-
- Confirmarea pozitivă și retransmisia (PAR - **P**ositive **A**cknowledgement and **R**etransmission), este o tehnică folosită de protocoalele care realizează transmiterea fiabilă a datelor. Folosind PAR, sursa transmite un pachet, inițializează ceasul și așteaptă o confirmare, înainte de a transmite următorul pachet. Dacă valoarea ceasului depășește o anumită valoare limită, fără ca sursa să primească o confirmare a primirii pachetului transmis, aceasta retransmite pachetul și reinițializează ceasul. După ce o gazdă transmite un număr de octeți (dimensiunea ferestrei), gazda trebuie să primească o confirmare care să ateste că datele au fost primite, înainte ca ea să transmită alte mesaje. TCP folosește “confirmarea așteptată”, adică numărul de confirmare se referă la următorul octet așteptat. Termenul de “glisant”, se referă la faptul că dimensiunea ferestrei este negociată dinamic de-a lungul sesiunii TCP.

-
- Folosirea ferestrei glisante este un **mecanism de control al fluxului**, care constă în necesitatea ca unitatea sursă să primească o confirmare de la destinație, după transmiterea unei cantități de date. Prin mesajele de confirmare, se stabilește dinamic cantitatea de date care urmează să fie transmisă în continuare. Astfel, se stabilește o înțelegere între o sursă mai puternică, care poate transmite cantități mai mari de date și o destinație de putere mai slabă sau care are de făcut multe prelucrări în momentul respectiv, asupra cantității de date pe care destinația urmează să o poată primi.
 - Fiecare segment transmis are un număr de secvență. La destinație, TCP realizează reasamblarea segmentelor primite, pentru a obține mesajul complet. Segmentele neconfirmate ca primite, sunt retransmise.

- În figura urm este prezentat un exemplu de derulare a unei astfel de sesiuni.



Nivelul prezentare

- Calculatoarele legate în rețea pot să utilizeze metode diferite de reprezentare a datelor. De aceea, informațiile pe care un calculator vrea să le transmită pe mediul de comunicație, trebuie transformate într-un format intermediar, universal recunoscut; calculatorul destinație efectuează operația inversă, adică transformă informația primită din formatul intermediar, în reprezentarea calculatorului respectiv. Nivelul prezentare este responsabil cu furnizarea datelor într-o formă pe care unitatea destinatar să o înțeleagă. De aceea, i se mai spune și traducătorul rețelei. Acest nivel, realizează trei mari funcții: Formatarea datelor (prezentarea); Criptarea datelor; Comprimare datelor.
- După primirea datelor de la nivelul aplicație nivelul prezentare execută una dintre funcțiile prezentate mai sus, după care le transmite nivelului sesiune. La stația destinatar, nivelul prezentare primește datele de la nivelul sesiune și execută funcțiile cerute, înainte de a le transmite nivelului aplicație.

-
- Nivelul prezentare realizează translatarea textelor din formatul EBCDIC (**E**xtended **B**inary **C**oded **D**ecimal **I**nterchange **C**ode) sau formatul ASCII (**A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange), precum și a aplicațiilor software din formatul **binary**(Aplicația FTP folosește acest format pentru a transfera fișiere), în format intermediar.
 - De asemenea, nivelul prezentare recunoaște anumite formate pentru reprezentarea imaginilor grafice. Aceste standarde sunt:
 - *PICT* – un format pentru imagini grafice realizate prin produsul QuickDraw;
 - *TIFF* (**T**agged **I**mage **F**ile **F**ormat) – un format pentru bitmap-uri;
 - *JPEG* (**J**oint **P**hotographic **E**xperts **G**roup) – un format utilizat pentru comprimarea fotografiilor;
 - *GIF* (**G**raphic **I**nterchange **F**ormat) – un format folosit în Internet pentru reprezentarea imaginilor.

-
- Nivelul 6 cuprinde și standarde de reprezentare (codificare) a fișierelor multimedia, care conțin sunete, muzică și filme, dintre care cele mai importante sunt:
 - *MIDI* (**M**usical **I**nstrument **D**igital **I**nterface) – pentru muzica digitizată;
 - *MPEG* (**M**otion **P**icture **E**xperts **G**roup) – pentru comprimarea și codificarea filmelor de pe CD – uri;
 - WAV – formatul pentru sunete sub Windows;
 - AVI – pentru codificarea filmelor sub Windows.

-
- Un alt tip de fișiere sunt cele de tip **hipertext**, adică fișiere care pe lângă textul propriu-zis conțin referințe către alte URL-uri.
 - Nivelul 6 realizează și criptarea datelor. Criptarea datelor protejează informațiile în timpul transmiterii lor; acest concept deosebit de important va fi prezentat într-un capitol special. De asemenea, nivelul prezentare este responsabil pentru comprimarea datelor, acțiune prin care se reduce dimensiunea fișierelor. Acest lucru se realizează pe baza tehnicilor de codificare.