

Protocolul TCP

TCP este protocolul principal care permite transportul sigur al datelor de la un capăt la altul al unei conexiuni într-o rețea nesigură. A fost proiectat special pentru Internet și este larg folosit în acest scop.

TCP este un protocol orientat pe conexiuni, care permite ca un flux de octeți trimiși de un calculator să ajungă fără erori pe orice alt calculator din rețeaua Internet.

Fiabilitatea comunicării prin intermediul protocolului TCP este dată de sesiunile orientate pe conexiune. Înainte ca o gazdă să trimită date către o altă gazdă folosind protocolul TCP, nivelul Transport inițiază un proces pentru a crea o legătură cu destinația.

Această conexiune permite urmărirea sesiunii, sau fluxului de comunicare între gazde. Acest proces se asigură că fiecare gazdă are cunoștință despre comunicare și este pregătită pentru aceasta. O conversație TCP completă cere stabilirea unei sesiuni între gazde, în ambele direcții.

După ce sesiunea a fost stabilită, destinația trimite confirmări la sursă pentru fiecare segment pe care îl primește. Aceste confirmări formează baza de fiabilitate în cadrul sesiunii TCP.

Când sursa primește o confirmare, se știe că datele, pentru care s-a primit respectiva confirmare, au fost livrate cu succes și astfel se poate încheia urmărirea acelor date. În cazul în care sursa nu primește o confirmare în cadrul unei sume prestabilite de timp, se retransmit datele către destinație.

Cîteva dintre cele mai cunoscute aplicații care sunt transmise cu ajutorul protocolului TCP sunt prezentate (prin intermediul numerelor de port) în tabelul 1.

Tabelul 1

Număr de port	Protocol
21	FTP
23	Telnet
25	SMTP
80	HTTP
110	POP-3

5.2.1. Caracteristicile protocolului TCP

Principalele caracteristici ale TCP sunt:

- Transfer de date în flux continuu - datele circulă în același timp, în ambele sensuri ale conexiunii;
- Siguranța transmisiei - recuperează pachetele transmise cu erori, pierdute sau un număr de secvență eronat;
- Controlul fluxului de date – în transferul de date dintre două procese, când aplicația destinație trimite o confirmare către emitent, se indică și numărul permis de octeți ce se pot recepționa, pentru a se asigura că transmiterea rapidă de mesaje de către un emițător, nu face ca un receptor lent să primească mai multe mesaje decât poate prelucra. În urma unui astfel de mesaj, emițătorul își va dimensiona pachetele transmise la lungimea indicată de receptor;
- Multiplexarea - permite mai multor procese, care rulează pe același calculator/host, să utilizeze facilitățile protocolului TCP simultan;
- Controlul conexiunii (fiabilitatea conexiunii) - presupune stabilirea numărului de secvență și a dimensiunii ferestrei, pentru fiecare segment TCP;
- Stabilirea conexiunii.

Stabilirea conexiunii

Când două gazde comunică folosind TCP, o conexiune este stabilită înainte ca datele să poată fi transmise. După ce comunicarea este completă, sesiunile sunt închise, iar conexiunea se încheie. Mecanismele de conectare și de sesiune activează funcția de fiabilitate a protocolului TCP.

Gazda urmărește fiecare segment de date în cadrul unei sesiuni și face schimb de informații cu privire la ce date sunt primite de fiecare gazdă, utilizând informațiile din antetul TCP.

Pentru a stabili o conexiune, gazdele efectuează o metodă numită three-way handshake. Biții de control din antetul TCP indică evoluția și starea conexiunii. Acest algoritm conține următorii pași prezentat în figura 6.2:

- ▶ Clientul inițiator trimite un segment care conține:
 - o o valoare de secvență inițială ($SEQ_{client} = 100$), ce servește ca o cerere către server pentru a începe o sesiune de comunicații;
- ▶ Serverul răspunde cu un segment care conține:
 - o o valoare de confirmare ($ACK_{server} = SEQ_{client} + 1 = 101$), egală cu valoarea secvenței primite plus 1. Valoarea de confirmare este una mai mare decât valoarea secvenței, deoarece ACK este întotdeauna următorul octet așteptat. Această valoare de confirmare permite clientului de a fi sigur că cererii lui de realizare a conexiunii i se răspunde;
 - o valoarea ei proprie de secvență de sincronizare ($SEQ_{server} = 300$).
- ▶ Clientul inițiator răspunde cu un segment care conține:
 - o o valoare de confirmare ($ACK_{client} = SEQ_{server} + 1 = 301$), egală cu valoarea secvenței primite plus 1;
 - o valoarea ei proprie de secvență de sincronizare plus 1 ($SEQ_{client} + 1 = 101$).

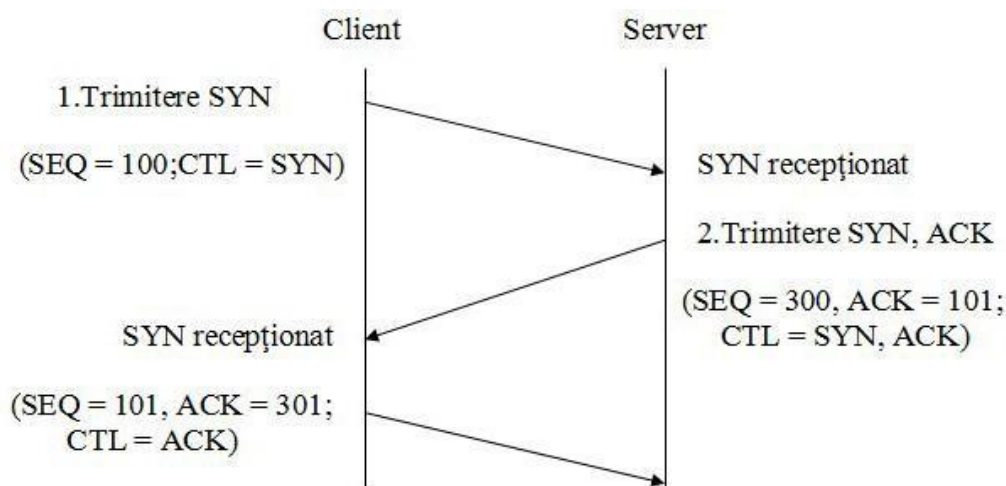


Fig.6.2. Secvențele necesare stabilirii conexiunii TCP

SYN - Sincronizează valorile de secvență;

SEQ - Valoarea secvenței;

ACK - Valoarea de confirmare;

CTL - Specifică biții de control din antetul segmentului TCP ce sunt setați pe 1.

Antetul segmentului TCP

În cadrul nivelului Transport după procesul de segmentare are loc împachetarea datelor. Această împachetare constă în lipirea unui antet, noile entități de transmisie și de recepție purtând numele de segmente.

Un segment TCP constă dintr-un antet de 20 de octeți (plus o parte opțională) urmat de zero sau mai mulți octeți de date - vezi figura 6.3.

Bit 0			Bit 15			Bit 16			Bit 31		
Număr port sursă						Număr port destinație					
Număr secvență											
Număr confirmare											
Lungime antet			Rezervat			Steaguri			Lungime fereastră		
Control TCP – Sumă de control						Idicator de urgență					
Opțiuni											
DATA (de aplicații)											

Fig.6.3. Antetul TCP (primele 5 rânduri ale segmentului)

Programul TCP este cel care decide cât de mari trebuie să fie aceste segmente. Dimensiunea segmentului este limitată de unitatea maximă de transfer sau MTU (Maximum Transfer Unit).

Deoarece MTU este în general de 1500 octeți (dimensiunea informației utile din Ethernet) se definește o limită superioară a dimensiunii unui segment.

Semnificația informațiilor introduse în antet este următoarea:

- Număr port sursă - 16 biți (2 octeți) - numărul de port al celui ce face apelul;
- Număr port destinație - 16 biți (2 octeți) - numărul de port de destinație al celui ce este apelat;

Câmpurile Număr port sursă și Port destinație identifică punctele finale ale conexiunii și constituie totodată un identificator al conexiunii.

- Numărul de secvență – 32 biți (4 octeți) - numărul primului octet de date din cadrul segmentului curent de date;

- Numărul de confirmare – 32 biți (4 octeți) - valoarea următorului octet pe care sursa se așteaptă să-l primească (și nu a ultimului octet recepționat în mod corect);

- Lungime antetului – 4 biți - indică numărul de cuvinte de 32 de biți care sunt conținute în antetul TCP. Această informație este utilă, deoarece câmpul Opțiuni este de lungime variabilă, proprietate pe care o transmite astfel și antetului;

- Rezervat – 6 biți - câmp neutilizat, rezervat pentru viitor;
- Steaguri (indicatori) – 6 biți – ce au următoarea semnificație:
 - o Bitul URG poziționat pe 1 arată că Indicatorul urgent este valid;
 - o Bitul ACK pe 1 indică faptul că Numărul de confirmare este valid. Dacă este poziționat pe 0, segmentul în discuție nu conține o confirmare și câmpul Număr de confirmare este ignorat;
 - o Bitul PSH indică faptul că informația trebuie livrată aplicației îndată ce a fost recepționată, fără a mai fi memorată în buffere din rațiuni de eficiență;
 - o Bitul RST este folosit pentru a desființa o conexiune care a devenit inutilizabilă din cauza unor defecțiuni ale mașinilor gazdă sau din alte motive;
 - o Bitul SYN este folosit pentru stabilirea unei conexiuni. Cererea de conexiune conține SYN = 1 și ACK = 0, iar răspunsul la o astfel de cerere este confirmată prin combinația SYN = 1 și ACK = 1;
 - o Bitul FIN este folosit pentru a încheia o conexiune.
- Lungime fereastră – 16 biți (2 octeți) - indică numărul de octeți, începând cu cel indicat prin numărul de confirmare, pe care cel ce trimite mesajul îi poate recepționa;

În TCP, fluxul de control este tratat prin ferestre glisante de dimensiune variabilă.

- Suma de control – 16 biți (2 octeți) - indică suma câmpurilor de antet și date, calculată pentru verificare;
- Indicator de urgență – 16 biți (2 octeți) - permite identificarea poziției unor date de urgență, în cadrul protocolului TCP;
- Opțiuni – 32 biți (4 octeți) - a fost proiectat pentru a permite adăugarea unor facilități suplimentare neacoperite de antetul obișnuit. Cea mai importantă opțiune este aceea care permite fiecărei mașini să specifice încărcarea maximă de informație utilă TCP pe care este dispusă să o accepte;
- Date - Datele protocolului nivelului superior;

5.2.2. Reasamblarea în ordine a segmentelor

În procesul de transmitere a informației există posibilitatea ca segmentele să ajungă la destinație în cu totul altă ordine față de cea în care au fost trimise. Pentru ca mesajul original să fie înțeles de receptor, segmentele sunt reasamblate în ordinea inițială. Sunt alocate numere de secvență în antetul fiecărui segment.

În timpul instalării sesiunii, un număr de secvență inițial (ISN) este setat. Acest număr de secvență inițial reprezintă valoarea de pornire a octeților pentru această sesiune, care vor fi transmiși la receptor. În timp ce datele sunt transmise în timpul sesiunii, numărul de ordine este incrementat cu numărul de octeți ce au fost transmiși. Această urmărire a octeților de date permite fiecărui segment să fie unic identificat și recunoscut. Segmentele ce lipsesc pot fi identificate foarte ușor.

Numerele de ordine ale segmentelor ajută la creșterea fiabilității prin indicarea modului de reasamblare și reordonare a segmentele primite, așa cum se prezintă în figura 6.4.

Procesul de primire cu protocolul TCP așază datele dintr-un segment într-un buffer de primire. Segmentele sunt plasate în ordinea corectă a numărului de ordine și se transmit mai departe la nivelul aplicație atunci când acestea sunt reasamblate. Orice segment care sosește cu un număr de secvență diferit de cel așteptat este reținut pentru prelucrare ulterioară. Apoi, atunci când ajung segmentele cu octeții lipsă, aceste segmente reținute sunt prelucrate.

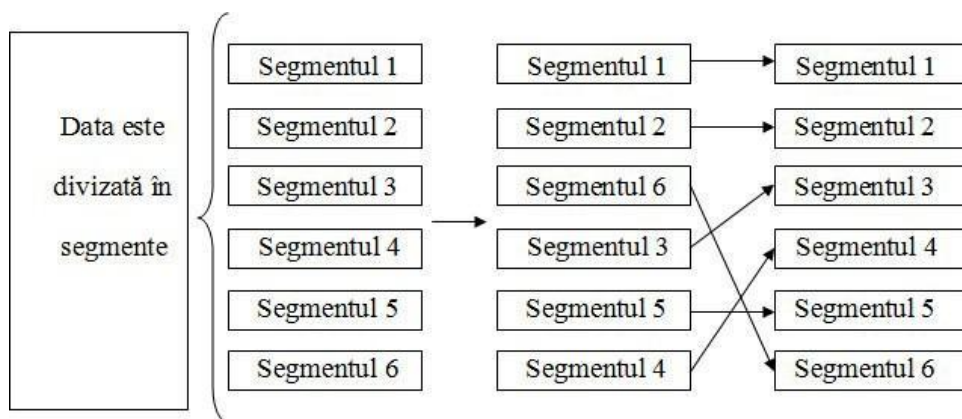


Fig.6.4. Reasamblarea segmentelor

5.2.3. Controlul congestiei în TCP

Una dintre funcțiile protocolului TCP este să se asigure că fiecare segment ajunge la destinație. Serviciile TCP de la destinație confirmă datele pe care le-a primit de la aplicația sursă. Valoarea de secvență a antetului de segment și numărul de confirmare sunt folosite împreună pentru a confirma primirea de octeți de date conținute de segmente.

Numărul de ordine este numărul relativ de octeți care au fost transmiși în această sesiune, plus 1 (care este numărul primului octet de date din segmentul curent). TCP folosește numărul de

confirmare în segmentele trimise înapoi la sursă pentru a indica octetul următor în această sesiune, pe care receptorul se așteaptă să-l primească. Aceasta se numește confirmare (acknowledgement).

Sursa este astfel informată că destinația a primit toți octeții în acest flux de date de până la, dar nu inclusiv, octetul indicat de numărul de confirmare. Este de așteptat ca dispozitivul ce trimite, să trimită un segment care utilizează un număr de ordine egal cu numărul de confirmare. Pe scurt, fiecare conexiune este de fapt un ansamblu de două sesiuni, fiecare pe o singură direcție. Numerele de secvență și numerele de confirmare sunt transmise în ambele direcții.

Cantitatea de date pe care o sursă o poate transmite înainte de a trebui să primească o confirmare, se numește dimensiunea (lungimea) ferestrei. Lungimea ferestrei este un câmp din antetul TCP care permite gestionarea de date pierdute și controlul fluxului.

Protocolul TCP oferă, de asemenea, mecanismele de control al fluxului de date. Controlul fluxului asistă fiabilitatea transmisiei prin TCP prin ajustarea ratei efective a fluxului de date între cele două servicii din sesiune. Atunci când sursa este informată că valoarea de date specificată în segmente este primită, se poate continua transmisia mai multor date pentru această sesiune.

Lungimea ferestrei în antetul TCP precizează cantitatea de date care pot fi transmise înainte ca o confirmare să fie primită. Dimensiunea ferestrei inițiale se determină în cursul pornirii sesiunii. Mecanismul de feedback TCP ajustează rata efectivă de transmitere a datelor la debitul maxim pe care rețeaua și dispozitivul destinație îl pot suporta fără pierderi. Protocolul TCP încearcă să administreze rata de transmitere astfel încât toate datele să fie primite și retransmisiile să fie minimizate.

În figura 6.5 apare o reprezentare simplificată a dimensiunii ferestrei și confirmarea corespunzătoare.

În acest exemplu, dimensiunea (lungimea) ferestrei inițiale pentru o sesiune TCP reprezentată este setată la 3000 bytes (octeți). În cazul în care expeditorul a transmis 3000 bytes, se așteaptă o confirmare a acestor octeți înainte de a transmite mai multe segmente în această sesiune. Odată ce expeditorul a primit această confirmare de la receptor, expeditorul poate transmite o suplimentare de 3000 bytes.

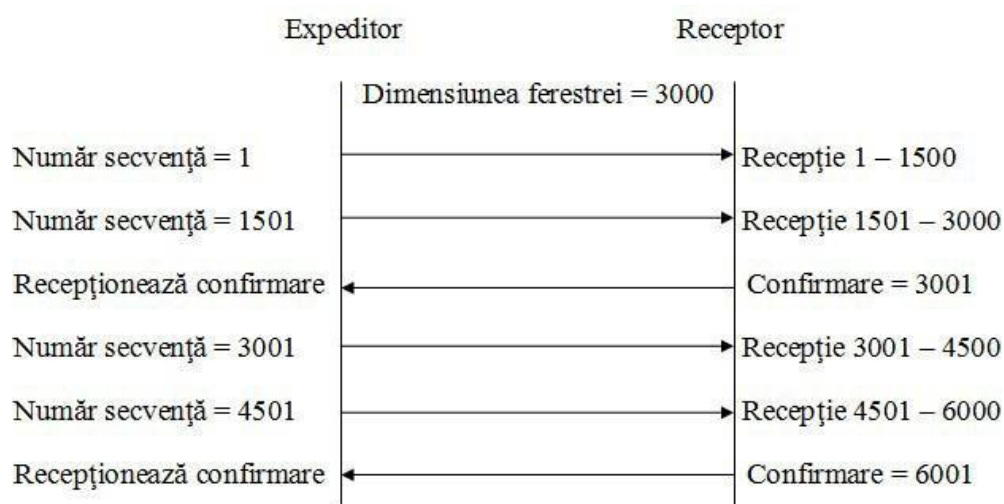


Fig.6.5. Confirmarea primirii segmentelor și dimensiunea (lungimea) ferestrei

În timpul întârzierii, până se primește confirmarea, expeditorul nu va mai trimite segmente suplimentare pentru această sesiune. În perioadele când rețeaua este saturată sau resursele receptorului sunt limitate, întârzierea poate crește. Cu cât această întârziere crește mai mult, rata de transmitere eficientă a datelor pentru această sesiune scade.