



Rețele ETHERNET

Mihai Scorțaru

Fără îndoială, cel mai răspândit tip de rețele locale folosit în prezent este Ethernet. În cadrul acestui episod vom prezenta câteva detalii referitoare la rețelele locale construite pe baza acestui standard.

Medii de transmisie

În anii '70 trei companii producătoare de echipamente *hardware* au format consorțiul **DIX** pentru a dezvolta o rețea de tip **LAN**. Denumirea consorțiului provenea de la numele celor trei companii: *Digital Equipment, Intel* și *Xerox*.

Primele rezultate semnificative au apărut la începutul anilor '80 când a fost redactată o specificație pentru rețele locale **Ethernet v1.0**. După câțiva ani a apărut o nouă specificație, numită **Ethernet v2.0**, care stă la baza definirii conceptelor referitoare la rețelele locale.

Pe baza acestei specificații a fost redactat standardul **IEEE 802.3**, care a fost adoptat ulterior și de către **ISO** prin elaborarea standardului **ISO 8802.3**.

Acest standard diferă puțin de specificația originală, mai ales prin câteva aspecte de natură logică (la nivelul *legăturii de date*) sau electrică (la nivelul *fizic*).

La nivelul fizic, standardul indică o topologie de tip magistrală care trebuie realizată folosind cablu coaxial și funcționează la o viteză de 10 **Mbps**.

La nivelul **MAC**, este implementată o metodă de acces la mediu, denumită **CSMA/CD** (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*).

Metoda CSMA/CD

După cum arată și denumirea, această metodă de acces operează în trei faze:

- **sesizarea purtătoare** (*carrier sense*) - fiecare stație care dorește să inițieze o transmisie de date trebuie mai întâi să "asculte" magistrala pentru a verifica dacă este ocupată; acest principiu este denumit "**ascultă înainte de a vorbi**" (*listen before talking*);
- **accesul multiplu** (*multiple access*) - fiecare stație care a detectat că magistrala este liberă poate să inițializeze o transmisie; dacă două sau mai multe stații încep să transmită simultan atunci, datorită faptului că timpul de propagare a semnalului nu este nul, va apărea o **coliziune**; aceasta va afecta toate semnalele de date și transmisia va fi compromisă;

- **detectarea coliziunii** (*collision detection*) - fiecare stație care transmite date poate detecta coliziunile deoarece stațiile ascultă linia în timpul transmisiei; principiul este denumit "**ascultă în timp ce vorbești**" (*listen while talking*).

Prima stație care detectează o conexiune își va suspenda emisia și va trimite un semnal special care anunță existența unei **interferențe** (*jamming*). Acest semnal va avea o frecvență specială și o durată echivalentă unei transmisii de 32 de biți. Toate stațiile vor detecta acest semnal și își vor suspenda activitatea.

Pentru a micșora șansele de apariție a unei noi coliziuni când stațiile vor începe din nou să transmită, timpul care va trece până la reluarea transmisiilor va fi diferit pentru fiecare stație. Intervalele de timp sunt stabilite pe baza unui **algoritm de revenire** (*back-off algorithm*).

Metoda de acces **CSMA/CD** are o eficiență teoretică de 30%. Practic, s-a observat că ea funcționează optim în cazul în care factorul de încărcare a rețelei este de 30% (viteza este de 3 **Mbps**) și există vârfuri de funcționalitate optimă până la viteze de 6 **Mbps**.

Un parametru foarte important pentru funcționarea rețelei este **întârzierea de propagare a coliziunii** (*round trip collision delay*). Pentru ca algoritmul să funcționeze corect trebuie ca stațiile să nu își termine transmisiile înainte de a putea detecta coliziunea. Așadar, stațiile trebuie să detecteze în timp util coliziunile, indiferent de lungimea cadrului care este transmis și de distanța maximă dintre două stații. **Cazul critic** este dat de cea mai defavorabilă situație care poate apărea:

- cele două stații implicate în transmisiei (emițătorul și receptorul) se află la cele două extremități ale rețelei;
- emițătorul inițializează transmiterea unui cadru către receptor;
- când cadrul se află foarte aproape de receptor, acesta inițiază, la rândul său, o transmisie;
- coliziunea are loc în imediata vecinătate a receptorului;
- semnalul de coliziune se propagă până la emițător;
- emițătorul detectează coliziunea și oprește transmisia.



Întârzierea de propagare a coliziunii (determinată prin însumarea timpului necesar ca semnalul de date să parcurgă traseul de la emițător la receptor și a timpului necesar ca semnalul de coliziune să parcurgă traseul de la receptor la emițător) a fost standardizată la 49,9 μ s.

Un pachet care are lungimea minimă de 512 bytes care este transmis cu o viteză de 10 MHz necesită un timp de 51,2 μ s, așadar este îndeplinită condiția ca timpul de transmitere a cadrului să fie mai mare decât întârzierea de propagare a coliziunii.

Este evident că distanța maximă dintre două stații nu poate fi mai mare decât o anumită valoare D_{max} . Această valoare este calculată astfel: se consideră că semnalul de date se propagă între emițător și receptor în 22,8 μ s; semnalul de coliziune are alți parametri, iar timpul său de propagare până la emițător se consideră a fi de 27,1 μ s (prin însumarea celor două valori se obține valoarea de 49,9 μ s care, așa cum am afirmat anterior, este standardizată pentru întârzierea de propagare a coliziunii); distanța maximă este dată de produsul dintre viteza semnalului (se alege o valoare acceptabilă de $0,66 \cdot c \approx 200.000$ km/s) și timpul de propagare a semnalului într-un sens al rețelei; se obține valoarea $D_{max} \approx 4,5$ km.

Operațiile care trebuie să poată fi efectuate dacă se implementează această metodă de acces la mediu sunt:

- *transmisia de pachete (cadre)* - subnivelul MAC acceptă un pachet de la nivelul superior și formează un flux de biți care este trimis către mediul fizic de comunicație;
- *recepția de pachete (cadre)* - subnivelul MAC recepționează un flux de biți de nivelul fizic și formează un pachet pe care îl trimite nivelului superior; în cazul apariției unor erori de adresare pachetul este pierdut;
- *așteptarea pentru inițializarea transmisiei* - transmisia nu poate începe înaintea eliberării canalului;
- *generarea și verificarea sumei de control* - pentru cadrele primite trebuie verificat câmpul care conține suma de control, iar pentru cadrele trimise trebuie generat un astfel de câmp;
- *spațierea temporală (inter-frame spacing)* - pentru recunoașterea sfârșitului de cadru și separarea sa de cadrul următor trebuie să existe un timp minim de așteptare înainte să înceapă transmiterea următorului cadru;
- *planificarea retransmisiei* - timpul de așteptare după detectarea coliziunilor trebuie stabilit pe baza algoritmului de regresie;
- *emiterea semnalului de detectare a coliziunii* - în cazul în care se detectează o coliziune trebuie întreruptă transmisia, după care este emis semnalul de *jamming*;
- *verificarea lungimii cadrelor recepționate* - trebuie verificat faptul că un cadru primit are o lungime mai mare sau egală cu cea minimă (64 bytes) și mai mică sau egală cu cea maximă;
- *generarea și eliminarea preambului* - în momentul emiterii unui cadru trebuie generat un câmp preamb cu rol în sincronizare; în momentul în care se primește un cadru, câmpul preamb al acestuia trebuie eliminat.

Standardul Ethernet v2.0

Acesta este un standard "de facto" folosit fără a fi redactat de nici o organizație de standardizare. Există unele diferențe față de standardele din familia 802.x; standardul *Ethernet* acoperă nivelurile fizic și legătură de date ale standardului *OSI*.

Nivelul fizic

Rețelele *Ethernet* folosesc codificarea *Manchester* și operează la viteze de 10 *Mbps* și frecvență de minimum 20 MHz.

Potrivit standardului, distanța maximă dintre două stații este de 2,8 km, numărul maxim de stații este de 1028, mediul de transmisie este cablul coaxial gros de tip RG-213 cu impedanța de 50 Ω , iar topologia rețelei este de tip magistrală.

Stațiile conectate la anumite distanțe una față de cealaltă folosind un cablu de lungime limitată formează un **segment**. Pentru a extinde lungimea rețelei și numărul de stații segmentele pot fi interconectate prin intermediul unor **repetitoare active**. Acestea operează la nivel fizic și au rolul de a regenera semnalele de date sau de coliziune. **Lungimea** rețelei este dată de suma tuturor segmentelor de cablu.

Diametrul cablului folosit pentru cablare trebuie să fie de 0,4 inci (aproximativ 1 cm), viteza de propagare a semnalului trebuie să fie de minimum $0,77 \cdot c$, iar atenuarea maximă a unui segment trebuie să fie de cel mult 8,5 dB.

Un dezavantaj demn de luat în seamă este rigiditatea cablurilor. Acestea nu pot fi îndoite pentru a ajunge în apropierea stațiilor de lucru; de obicei este folosită cablarea pe perete. Inițial, cablul *Ethernet* era galben și era marcat la intervale de 2,5 m pentru a indica locul în care ar trebui să se amplaseze interfețele pentru conectare.

La capetele fiecărui segment trebuie atașați terminatori cu impedanța de 50 Ω pentru a elimina interferențele din cabluri; unul dintre cei doi terminatori trebuie legat la pământ.

Nivelul legăturii de date

Un cadru *Ethernet* conține 1536 de bytes, grupați în șapte câmpuri.

Primul câmp al pachetului este **preambulul**, are o lungime de șapte bytes și este folosit, în special, pentru sincronizarea ceasului receptorului cu ceasul emițătorului.

Al doilea câmp este **SFD (Start Frame Delimiter)** și are lungimea de un byte. El conține biți **non-date** care au o codificare *Manchester* diferită de biții care reprezintă valorile 0 și 1, neexistând tranziții la mijlocul perioadei de bit. Notățiile consacrate pentru astfel de biți sunt *J* și *K*.

Următoarele două câmpuri sunt **SA (Source Address)** și **DA (Destination Address)** și reprezintă adresele MAC ale emițătorului, respectiv receptorului, având fiecare o lungime de șase bytes.

Câmpul următor este **Tip**, are o lungime de doi bytes și conține un cod al protocolului de nivel superior care este destinatarul sau generatorul unității de date conținute.



Câmpul **Info** conține unitatea de date propriu-zisă și are lungimea de 1454 de bytes.

Ultimul câmp este **FCS** (*Frame Control Sequence*), are o lungime de 32 de bytes și reprezintă suma de control calculată pentru câmpurile anterioare.

Se observă că nu există un câmp de sfârșit de cadru, rolul său fiind preluat de intervalul dintre cadre. Potrivit standardului, acest interval este de 9,6 μ s.

Componentele rețelelor Ethernet

Există trei elemente principale care sunt folosite pentru crearea rețelelor de tip *Ethernet*:

- interfața *Ethernet* - controller-ul de rețea;
- *transceiver*-ul - elementul de atașare la mediu;
- cablul pentru *transceiver*.

Interfața este modulul care asigură conectarea stației de lucru la *transceiver*. Astfel se realizează legătura între magistrala internă a calculatorului și elementul de atașare la mediu. Principalele funcții ale acestei componente sunt:

- asigurarea interfeței dintre magistralele interne și *transceiver*;
- asamblarea și dezasamblarea cadrelor;
- controlul adresării;
- controlul erorilor;
- încapsularea datelor în formatul cadrelor *Ethernet*;
- decapsularea datelor din formatul cadrelor *Ethernet*;
- gestionarea legăturii (implementarea algoritmului de acces la mediu);
- transformarea datelor codificate prin metoda *Manchester* în date codificate prin metoda *Non-Return to Zero*;
- transformarea datelor codificate prin metoda *Non-Return to Zero* în date codificate prin metoda *Manchester*.

Transceiver-ul este elementul care permite atașarea la mediu, realizând legătura dintre acesta și interfață. Aceasta din urmă este conectată la *transceiver* prin intermediul unui așa-numit **cablu transceiver**.

Principalele funcții ale acestei componente sunt:

- transmiterea către mediu a datelor primite de la interfață; această transmitere se realizează prin intermediul unor circuite de formare a semnalelor electrice;
- recepționarea datelor care sosesc din mediu;
- recepționarea semnalelor de coliziune din mediu; în cazul apariției unui astfel de semnal se transmite către interfață un semnal corespunzător; după transmiterea fiecărui cadru *driver*-ul de tratare a coliziunii din *transceiver* generează un semnal de test numit **CPT** (*Collision Presence Test*) cu scopul de a testa circuitul de sesizare a coliziunilor și de a informa interfața cu privire la corectă funcționare a acestuia;
- implementarea funcției de *jabber* (detectarea transmisiei prea lungi datorate existenței unor cadre care depășesc lungimea maximă admisă);
- generarea semnalului de alimentare electrică pentru cablu și pentru circuitele electrice interne; la acest nivel se realizează separarea galvanică dintre *transceiver* și interfață.

Conectarea mecanică a *transceiver*-ului la cablul coaxial se realizează cu ajutorul unui conector de tip *vampir*. Acesta conține un șurub care perforază cablul în punctul dorit și atinge conductorul central al cablului coaxial. Astfel se realizează contactul necesar prelucrării semnalului din rețea.

Reguli de configurare

Pentru ca o rețea *Ethernet* să funcționeze în condiții optime trebuie respectate anumite reguli. Câteva dintre acestea sunt prezentate în continuare:

- lungimea maximă a unui segment coaxial nu poate să depășească 500 m;
- lungimea maximă a unui cablu *transceiver* nu poate să depășească 50 m;
- distanța minimă dintre două *transceiver*-e trebuie să fie de cel puțin 2,5 m;
- numărul maxim de stații care sunt legate la același segment trebuie să fie de cel mult 100;
- între oricare două stații nu pot exista mai mult de două repetoare; acesta se datorează faptului că repetoarele *Ethernet* nu regenerează integral preambulul folosit pentru sincronizare, anumite părți ale acestuia fiind eliminate (pierdute); astfel, la fiecare trecere printr-un repetoare, lungimea preambulului se micșorează;
- este obligatorie prezența terminatorilor de rețea cu impedanța de 50 Ω ; aceștia au un rol foarte important în asigurarea reflexiei semnalelor.

Încheiere

Chiar dacă rețelele *Ethernet* au apărut cu destul de mult timp în urmă, implementarea lor este destul de simplă, motiv pentru care sunt încă folosite pe scară largă, chiar dacă viteza lor este mult mai mică decât a altor tipuri de rețele.

Un avantaj foarte important al rețelelor *Ethernet* îl reprezintă costurile foarte mici necesare realizării acestora. Chiar dacă viteza este de maximum 10 *Mbps*, în cazul în care acest factor nu are un rol decisiv, rețelele *Ethernet* rămân cea mai bună soluție pentru crearea rețelelor locale de calculatoare.

În ultimii ani au fost realizate diferite tipuri de rețele bazate pe standarde din aceeași familie, care funcționează la viteze mult mai mari, ajungându-se chiar și la valori de 1 *Gbps*.

În numărul următor

Prezentarea rețelelor de calculatoare va continua cu descrierea altor tipuri de rețele care au la bază standarde derivate din *IEEE 802.3*. În numărul 12/5 (mai 2002) al revistei noastre veți putea găsi detalii referitoare la standardele 10Base2, 10Base5, 10Broad36, FOIRL, 10BaseT, 10BaseFP, 10BaseFB și 10BaseFL.

Mihai Scorțaru este redactor-șef adjunct al *GInfo*. Poate fi contactat prin e-mail la adresa skortzy@yahoo.com.