



UNIVERSITATEA TEHNICĂ CLUJ-NAPOCA

DEPARTAMENTUL ELECTROTEHNICĂ ȘI MĂSURĂRI

Cursul 9 TEHNOLOGIA ETHERNET

Introducere curs	În acest curs este prezentată tehnologia Ethernet.
Obiective curs	• Caracteristici de bază. • Scurtă istorie a tehnologiei Ethernet. • Elementele de bază ale unei rețele Ethernet. • Structura și arhitecturile specifice rețelelor Ethernet. • Relația între standardul IEEE 802.3 și modelul de referință OSI. • Subnivelul MAC. • Funcțiunile subnivelului MAC • Formatul de bază al cadrului Ethernet. • Modul de transmitere a cadrului. • Recepția cadrelor. • Rețele locale virtuale (VLAN - Virtual Local Area Networks).
Durată medie de studiu individual	Durata medie de studiu individual: 100 minute. Acest interval de timp presupune parcurgerea conținutului cursului și rezolvarea testelor de autoevaluare

Cuprins:

9.1.	Caracteristici de bază.....	2
9.2.	Scurtă istorie a tehnologiei Ethernet.	2
9.3.	Elementele de bază ale unei rețele Ethernet	3
9.4.	Structura și arhitecturile specifice rețelelor Ethernet.	3
9.5.	Relația între standardul IEEE 802.3 și modelul de referință OSI.	5
9.6.	Subnivelul MAC	6
9.6.1.	Funcțiunile subnivelului MAC.....	6
9.6.2.	Formatul de bază al cadrului Ethernet.....	6
9.6.3.	Modul de transmitere a cadrului.	7
9.6.4.	Recepția cadrelor.....	11
9.7.	Rețele locale virtuale (VLAN - <i>Virtual Local Area Networks</i>).	11
	TESTE DE AUTOEVALUARE.....	15
	RĂSPUNSURI.....	15
	Bibliografie	16

9.1. Caracteristici de bază.

Termenul **Ethernet** se referă la o familie de soluții tehnice, care permit realizarea de rețele locale **LAN**, folosind o metodă de acces la mediul de transmisie **CSMA/CD** (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection* - Acces multiplu cu urmărirea purtătoarei și cu detectarea coliziunilor). Tehnologia, care este prezentă în peste **85%** din **rețelele locale**, a fost concepută inițial pentru a utiliza cablu panglică și coaxial. În prezent se folosește cablu cu perechi de fire răsucite (*Twisted Pair*) și fibra optică. Ratele de transfer definite de variantele acestei tehnologii sunt prezentate mai jos:

- 10 Mbps – 10Base-T (Twisted Pair), 10 Base2 și 10Base5 (coaxial);
- 100 Mbps – Fast Ethernet;
- 1000 Mbps – Gigabit Ethernet;
- 10-Gigabit Ethernet (fază experimentală) este definit prin standardul suplimentar IEEE 802.3ae.

Protocoalele care fac ca această tehnologie să funcționeze au următoarele principale caracteristici:

- Sunt ușor de implementat, gestionat și întreținut,
- Permit construirea de rețele cu costuri minime,
- Asigură instalarea și modificarea rapidă a arhitecturii rețelei,
- Asigură conectivitate cu echipamente similare, indiferent de producătorul acestora [3].

9.2. Scurtă istorie a tehnologiei Ethernet.

Prima versiune a tehnologiei, concepută pentru a conecta dispozitive **terminale**, utiliza **cablu coaxial** și a fost concepută de firma **Xerox** în laboratoarele de la **Palo Alto** (PARC - Palo Alto Research Center) în anii 70, sub denumirea de **Alto Aloha Network**. Aceasta era prima soluție bazată pe principiul **CSMA/CD** și permitea o rată de transfer de **3 Mbps**.

Schema de principiu a acestei tehnologii promițătoare, concepută și modernizată de **Dr. Robert M. Metcalfe** în **1976** cu denumire **Ethernet**, se poate vedea în **figura 9.1**. Succesul acestei soluții, nedeterminate de transmitere a datelor, a atras în anul **1980** în "afacere" alte două companii de mare anvergură: Digital Equipment Corporation și Intel Corporation, alături de Xerox Corporation. În urma acestei cooperări apare Ethernet versiunea 1.0 capabilă să transmită date cu o rată de 10 Mbps, succesiv în ambele sensuri (half duplex) [2, 4].

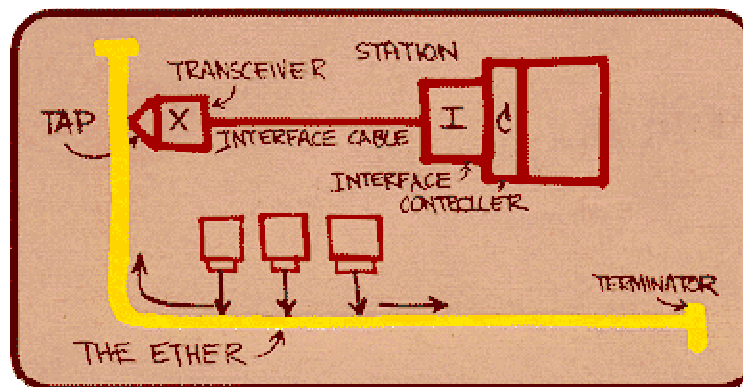


Fig. 9.1. Schema de principiu a unei rețele Ethernet. (Robert M. Metcalfe – National Computer Conference 1976)

Standardul **IEEE 802.3** a avut ca punct de plecare specificațiile **Ethernet 1.0**, fiind propusă în **1983** o variantă provizorie a standardului, varianta definitivă fiind publicată în **1985**. În această perioadă, firmele mai sus menționate, implicate în dezvoltarea tehnologiei, propun specificațiile **Ethernet** versiunea **2.0**. Deoarece firma **Novell** pune, în aceeași, perioadă bazele unui sistem de

operare de rețea (ceea ce urma să devină mai târziu **Novell-Netware**), va adopta **Ethernet** versiunea **2.0** în locul **IEEE 802.3**, standard care nu era încă pus la punct. Din această cauză, **Ethernet** versiunea **2.0** este cunoscută ca "**Novell Ethernet II**". Datorită faptului că protocolul de rețea **IPX** s-a dezvoltat pe baza acesteia din urmă, cele două variante, ale căror diferențe sunt minore, vor fi folosite în paralel la realizarea de rețele locale bazate pe sistemele de operare **Novell**.

Una dintre diferențe se referă la faptul că prescripțiile **Ethernet** acoperă serviciile de nivel **OSI 1** și **2**, spre deosebire de **IEEE 802.3** care se referă doar la nivelul **OSI 1** și la porțiunea din nivelul **2** care se referă la metoda de acces și controlul legăturii de date, așa cum se poate vedea în **figura 9.2** [3].

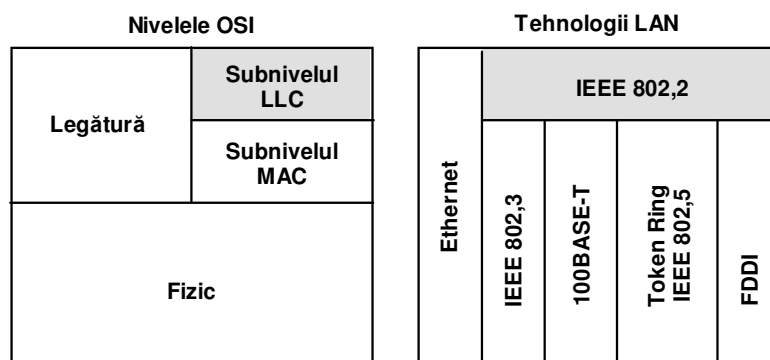


Fig. 9.2. Comparația între Ethernet și IEEE 802.3, din punctul de vedere al nivelelor ocupate.

Ambele soluții se bazează pe **broadcast** (emisie largă, risipire). În acest context termenul se referă la faptul că semnalele **se transmit în tot mediul comun** de propagare, astfel încât **toate stațiile** din rețea **pot** să le **recepționeze**.

Deoarece rețelele moderne, care sunt bazate în general pe suita de protocoale de rețea și transport **TCP/IP**, folosesc standardul **IEEE 802.3**, în acest capitol termenul **Ethernet** se va folosi exclusiv pentru a defini specificațiile acestui standard.

9.3. Elementele de bază ale unei rețele Ethernet

Rețelele locale bazate pe această tehnologie sunt compuse din **noduri** și **elementele de interconectare**. Ca și în cazul altor soluții de interconectare (prezentate în capitolele anterioare) o rețea este compusă din două grupe mari de echipamente:

- **Echipamente terminale de date** (DTE - *Data Terminal Equipment*) – echipamente care pot să fie surse sau destinații ale cadrelor care conțin date (stații, servere de fișiere, servere de tipărire etc.).

- **Echipamente de comunicație** (DCE – *Data Communication Equipment*) – echipamente intermediare de rețea care achiziționează cadrele de date de la echipamentele terminale de date și le transmit mai departe altor echipamente de comunicare, sau direct unor echipamente terminale de date. Aceste echipamente pot să fie de sine stătătoare, cum sunt repetoarele de semnal, switch-urile, sau pot să fie module integrate în echipamentele terminale de date, cum sunt interfețele de rețea **NIC** (*Network Interface Card*). La această oră se folosesc pentru transmisie cabluri din cupru cu perechi de fire **răsucite UTP** (*Unshielded Twisted Pair*) perechi de fire răsucite **fără ecran**, **STP** (*Shielded Twisted Pair*) perechi de fire răsucite **ecranate** și conducte din **fibre optice**, cablul coaxial fiind ceva de domeniul istoriei [3].

9.4. Structura și arhitecturile specifice rețelelor Ethernet.

Rețelele locale pot avea mai multe configurații, dar toate acestea se pot reduce la o combinație de doar trei structuri de bază. Cea mai simplă este structura "**punct-la-punct**" care permite conectarea, prin intermediul doar a interfețelor de rețea **NIC**, a două echipamente terminale de date **DTE**, așa cum se poate vedea în **figura 9.3**.

Se obține astfel un lanț simplu **DTE-DCE--DCE-DTE** a cărui lungime maximă depinde de tipul de conductor folosit. Pentru varianta **10Base2** (cablu coaxial subțire) distanța maximă este de **200 metri**, **10Base5** (cablu coaxial gros) **500 metri**, iar pentru **10** și **100BaseT** (cablu cu perechi torsadate) **100 metri**.

Distanțele specificate minime sunt garantate, dar se poate ajunge la o creștere a distanțelor cu până la **30-50%** în cazul interfețelor de rețea de calitate și în absența înădărilor. Pentru distanțe mai mari este necesară introducerea de repetitoare de semnal [2, 3, 4].

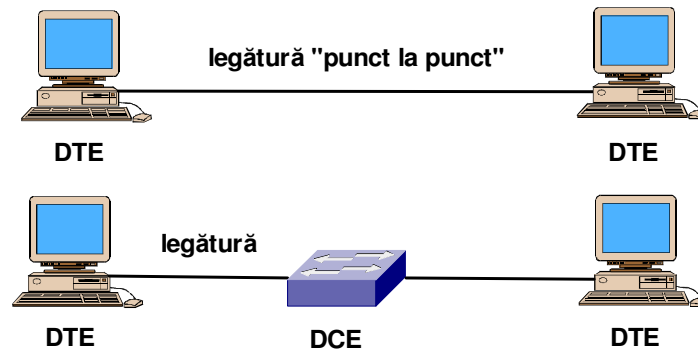


Fig. 9.3. Exemplu de conexiune "punct la punct".

Varianta originală de rețea Ethernet a fost concepută să utilizeze cablu coaxial, așa cum se poate vedea în **figura 9.4**, permițând conectarea unui număr de aproximativ 100 de stații, într-un segment care să nu depășească 500 metri (10Base5) [2, 4].

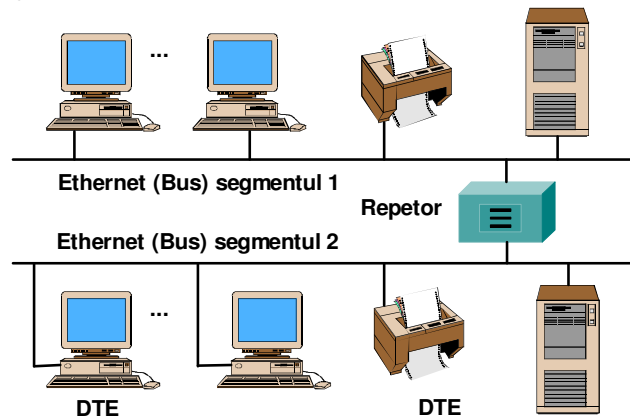


Fig. 9.4. Exemplu de rețea cu arhitectură de tip magistrală (Bus), realizată cu cablu coaxial.

La ora actuală nu se mai construiesc rețele cu acest tip de arhitectură, la nivelul fizic (OSI 1), datorită faptului că întreruperea cablului duce la nefuncționarea întregii rețele.

Începând cu anii 1990 s-a adoptat modelul de arhitectură în formă de **stea** (*star topology*), în care este prezent un **echipament central de interconectare**, cunoscut ca **repetor multiport** sau **hub**, la care sunt conectate toate nodurile din rețea. Se obține astfel câte o conexiune punct-la-punct între acestea din urmă și dispozitivul central, conexiunile putând fi realizate cu cablu din fire de cupru sau fibre optice. O reprezentare sugestivă a unei rețele, cu arhitectură în formă de stea, se poate vedea în **figura 9.5**.

Acest tip de arhitectură, pentru construirea rețelelor locale, a apărut odată cu calculatoarele **main frame**, în jurul cărora erau dispuse terminale video, conectate prin interfețe seriale. La acea vreme, terminalele erau folosite doar pentru introducerea și afișarea datelor, prelucrarea lor fiind făcută de către calculatorul central. Ulterior, odată cu apariția sistemelor de operare **Novell Netware**, această configurație se păstrează, dar se dezvoltă, prelucrarea datelor putând fi făcută și de către terminalele periferice, rolul calculatorului central fiind de a stoca fișierele și de a controla accesul utilizatorilor la

resursele de rețea. În acest moment, rolul echipamentelor terminale (DTE) rămâne doar acela de prelucrare a datelor, funcțiile de comunicație rămânând în sarcina echipamentelor de tip DCE [1, 3].

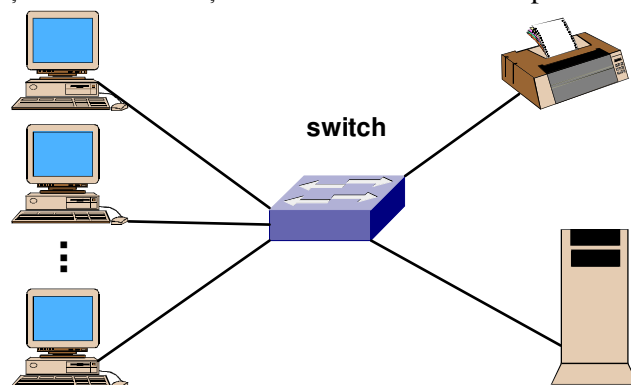


Fig. 9.5. Exemplu de rețea cu arhitectură în formă de stea (Star).

9.5. Relația între standardul IEEE 802.3 și modelul de referință OSI.

În figura 9.6 se pot vedea nivelele logice de implementare a standardului **IEEE 802.3** alături de nivelele modelului de referință **OSI**. În cazul protocolului **IEEE 802** nivelul **OSI 2**, al legăturii de date, este împărțit în două subnivele, **MAC (Media Access Control)** - subnivel de control al accesului la mediul de propagare și un subnivel client al acestuia, **MAC-client**. Standardul **IEEE 802.3** se referă la nivelul **OSI 1** fizic și subnivelul **MAC** al nivelului legătură **OSI 2**, conform modelului de referință [3].

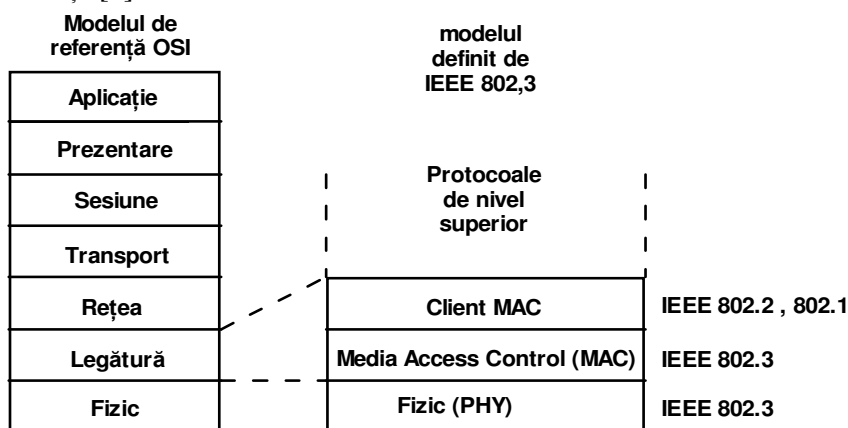


Fig. 9.6. Legătura logică dintre Ethernet și modelul de referință OSI.

Subnivelul client al subnivelului **MAC** poate să fie unul dintre următoarele de mai jos:

- **LLC (Logical Link Control)** - controlul logic al legăturii), dacă nodul este un dispozitiv terminal de date (**DTE**). Acest subnivel asigură o interfață între subnivelul **MAC** și nivelele superioare. Această componentă este definită de standardul **IEEE 802.2**.

- Intrarea într-un dispozitiv **DCE** de tip **bridge** (dispozitiv care permite interconectarea a două sau mai multe rețele locale). Specificațiile dispozitivelor de tip **bridge** sunt definite în standardele din familia **IEEE 802.1**.

Datorită faptului că specificațiile pentru **LLC** și conectivitatea prin dispozitive de tip **bridge** sunt comune pentru protocoalele destinate rețelelor locale (**LAN**), definite prin standardele **IEEE 802**, se asigură astfel compatibilitatea între rețele care utilizează diferite protocoale de nivel superior.

În figura 9.7 se arată diferite cerințe impuse de nivelele **MAC** și **fizic**, pentru comunicații de date de-a lungul unei legături Ethernet. Pentru a putea asigura comunicația între diferite variante ale

tehnologiei, componentele nivelului fizic sunt împărțite în două categorii: cu funcții dependente de tipul mediului fizic folosit și independente de acesta [3].

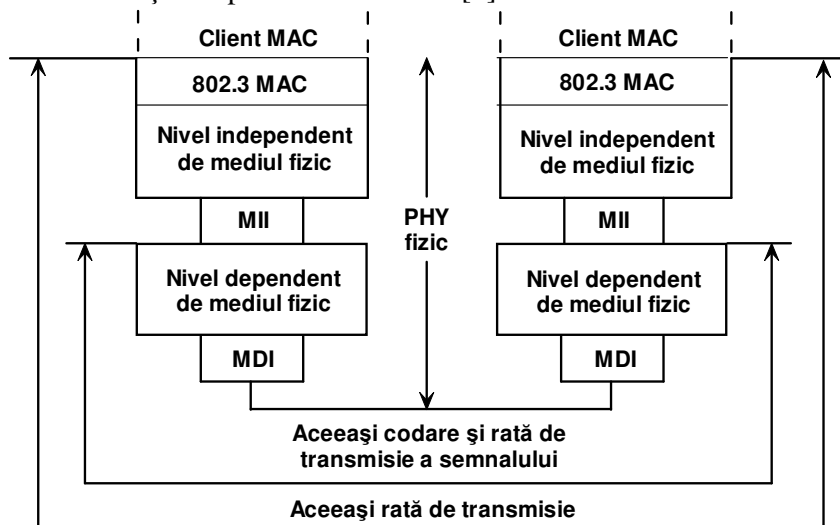


Fig. 9.7. Cerințele de compatibilitate impuse de subnivelul MAC și nivelul fizic.

Între aceste componente pot exista circuite de interfațare **MDI** (*Media Dependent Interface* – interfață dependentă de mediul de transmisie) și **MII** (*Media Independent Interface* – interfață independentă de mediul de transmisie).

9.6. Subnivelul MAC

9.6.1. Funcțiunile subnivelului MAC.

Subnivelul **MAC** controlează **accesul la mediul de transmitere** și este distinct pentru fiecare dintre tehnologiile folosite. Singura condiție importantă pentru interconectare, indiferent de variantele opționale ale protocoalelor din familia **IEEE 802.3**, este ca ambele componente **MAC**, de pe cele două noduri de rețea care comunică la un moment dat, să suporte aceleași rate de transfer. Standardul **IEEE 802.3** definește caracteristicile specifice ale unor soluții pentru realizarea nivelului fizic, cum sunt de exemplu ratele de transmisie, codificarea semnalelor și tipul mediului de transmisie, fiecare dintre acestea putând avea diferite moduri de implementare.

Subnivelul **MAC** are două funcțiuni principale:

- **Încapsularea datelor** în cadre, ceea ce înseamnă asamblarea acestora înaintea transmisiei, dezasamblarea acestora la destinație și analiza la recepție a integrității cadrelor pentru verificarea eventualelor erori apărute de-a lungul transmiterii prin mediul fizic,
- **Controlul accesului la mediul fizic**, care constă în inițierea transmisiei, transmiterea cadrelor și identificarea celor transmise greșit.

9.6.2. Formatul de bază al cadrului Ethernet

Standardul IEEE 802.3 definește formatul de bază al unui cadru Ethernet necesar implementării funcției MAC, la care se adaugă câteva formate opționale utilizate la extinderea capacității de bază a protocolului.

Formatul de bază al unui **cadru Ethernet** este compus din **șapte câmpuri**, așa cum se poate vedea în **figura 9.8**.

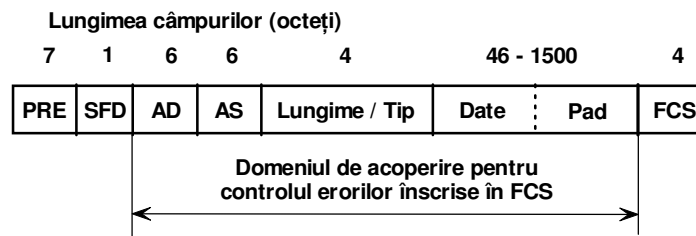


Fig. 9.8. Formatul de bază al unui cadru MAC, conform standardului IEEE 802.3.

Semnificația acestor câmpuri este următoarea:

- **Preambul (PRE)** - acest câmp este format din **7 octeți** ale cărui biți alternează între valorile **0** și **1**, ceea ce permite anunțarea stațiilor, care recepționează date, de sosirea unui cadru și furnizează o soluție de sincronizare a componentelor nivelului fizic.

- **Delimitatorul începutului de cadru (SOF - Start-of-frame delimiter)** - un câmp de **un octet** ai cărui biți alternează între 0 și 1, ultimii doi fiind egali cu 1 (10101011), care anunță că ceea ce urmează reprezintă primul bit al adresei destinație.

- **Adresa Destinație (AD)** - câmp compus din **6 octeți**, reprezentând adresa stației care trebuie să recepționeze datele. Dacă primul bit (din stânga) este 1, câmpul reprezintă o adresă de grup, iar dacă este 0, câmpul reprezintă o adresă individuală. Al doilea bit indică dacă modul de administrare a adresei, 0 pentru administrare globală și 1 pentru administrare locală. Următorii 46 biți definesc unic o stație din rețea (interfața de rețea), un grup de stații sau toate stațiile din rețea.

- **Adresa Sursă (AS)** - câmp compus din **6 octeți**, reprezentând adresa interfeței de pe stația sursă. Deoarece este unic definită, primul bit este întotdeauna egal cu 0.

- **Lungime/Tip** - câmp de **4 octeți** care definesc fie lungimea câmpului de date (Client-MAC), fie identificatorul tipului de cadru transmis, în cazul în care asamblarea s-a făcut cu un format diferit de cel de bază. Dacă valoarea înscrisă în acest câmp este mai mică sau egală cu **1500**, numărul de octeți corespunzători câmpului de date (provenite de la **protocolul de nivel superior LLC**) este egal cu această valoare. Dacă valoarea înscrisă este mai mare de **1536**, cadrul este de format opțional și valoarea înscrisă reprezintă tipul particular al cadrului transmis.

- **Date** - câmp cu dimensiune **variabilă**, cuprinsă între **46** și **1500 octeți**. Dacă dimensiunea unității de protocol de nivel superior (PDU) este mai **mică decât 46**, atunci acest câmp **trebuie completat cu zerouri până la 46 octeți**.

- **Secvența de verificare a cadrului (FCS - Frame check sequence)** - câmp de **4 octeți** (32 biți) care reprezintă secvența de control calculată de componenta **MAC a sursei**, prin algoritmul **CRC (Cyclic Redundancy Check)**, și recalculată de către cea de la destinație. În cazul degradării cadrului în timpul traversării rețelei, cele două valori nu sunt egale. Secvența de verificare a cadrului se calculează luând în considerare câmpurile **AD, AS, Lungime / Tip și Data**.

O **adresă individuală** definește **unic** o interfață de rețea și se mai întâlnește și sub numele de **adresă unicast**. Aceasta este atribuită de producătorul interfeței (NIC) dintr-o listă gestionată de IEEE. **Adresele de grup**, cunoscute și sub numele de **adrese multicast** identifică mai multe stații aparținând unui anumit grup, fiind alocate de administratorul de rețea. O **adresă specială de grup** care se referă la **toate stațiile din rețea**, cunoscută sub numele de **adresă de broadcast**, este indicată prin înscriserea de **biți egali cu 1** în câmpul **adresei destinație**.

9.6.3. Modul de transmitere a cadrului.

Când o componentă **MAC** primește, de nivelul superior **LLC**, o cerere de transmitere de date însoțită de adresa stației destinație, aceasta începe secvența de transmitere prin transferarea acestor informații într-un tampon destinat creării viitorului cadru **MAC**. Procesul de asamblare a datelor într-un cadru **MAC** constă din următoarele operații:

- Preambulul și delimitatorul de început al cadrului sunt inserate în câmpurile corespunzătoare **PRE** și **SOF**;

- Adresele destinație și sursă sunt înscrise în câmpurile de adrese;
- Dimensiunea câmpului de date, furnizate de subnivelul LLC, este măsurată și valoarea - trecută în câmpul Lungime/Tip;
- Conținutul datelor furnizate de subnivelul LLC este înscris în câmpul Date la care se completează cu zerouri până la lungimea de 46 octeți, dacă este cazul;
- Pe baza **conținutului** câmpurilor **AD, AS, Lungime/Tip și Date**, se generează valoarea **secvenței de control** a cadrului care se **adaugă** la sfârșitul câmpului Date.

După asamblarea cadrului, transmiterea acestuia depinde de modul de operare al interfeței. **Standardul IEEE 802.3 impune** ca toate componentele **MAC Ethernet** să permită cel puțin **modul de operare** transmisie succesivă bidirecțională, **half-duplex**. Modul de transmisie simultană bidirecțională, **full-duplex**, este o caracteristică **opțională**.

Modul de transmisie succesivă bidirecțională (Half-Duplex). Principiul metodei CSMA/CD

Metoda de acces **CSMA/CD** (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection* - Acces multiplu cu urmărirea purtătoarei și cu detectarea coliziunilor) a fost creată inițial pentru ca mai **multe dispozitive** din rețea să **poată folosi în comun un mediu de transmisie** a semnalului care să nu necesite comutarea circuitelor, un sistem central de arbitrare, indicator de acces, sau divizarea în timp a accesului. Fiecare interfață Ethernet poate să-și determine momentul în care poate să transmită cadrul cu datele deja asamblate.

Regulile de acces ale metodei CSMA/CD sunt următoarele:

- **Carrier sense** (Urmărirea Purtătoarei) Fiecare interfață de rețea "ascultă" în permanență mediul comun de propagare pentru a detecta pauzele dintre semnalele transmise de celelalte interfețe.

- **Multiple access** (acces multiplu) Interfețele pot începe transmisia în orice moment în care este "liniște" în mediul comun de propagare, ceea ce înseamnă absența traficului.

- **Collision detect** (Detectarea coliziunii) Dacă două, sau mai multe, interfețe care sunt conectate la același mediu comun de propagare (ceea ce formează așa-numitul domeniu de coliziune) încep transmiterea aproximativ în același moment, șirurile de biți (semnale electrice) transmise de acestea vor interfera (vor intra în coliziune), rezultatul fiind un semnal imposibil de interpretat. Dacă se produce coliziunea, fiecare dintre interfețele care au generat-o, trebuie să fie capabilă să o detecteze și să poată să întrerupă cât mai repede transmisia. După întrerupere, interfețele trebuie să aștepte un interval de timp, determinat aleator pe baza unui algoritm specific de întârziere, după care să repete transmisia cadrului ratat.

Pentru a analiza fenomenul coliziunilor se pornește de la situația în care două stații, aflate la extremitățile mediului, așteaptă momentul când pot să transmită. Una dintre interfețe începe să transmită cadrul care se propagă până aproape la celălalt capăt al mediului. În acest moment, cea de a doua interfață începe transmiterea propriului cadru, coliziunea apărând aproape de acest capăt. Cea de a doua interfață sesizează repede coliziunea, în timp ce prima interfață nu o sesizează decât după ce semnalul compus se întoarce la capătul corespunzător.

Timpul maxim necesar pentru detectarea coliziunii (*slot time*) este aproximativ **de două ori mai mare** decât **timpul de propagare** a semnalului **între cele două stații**, care este **proporțional** cu **mărimea cadrului** și cu **distanța maximă** dintre stațiile extreme, *collision diameter*. De aici se observă că trebuie să existe un echilibru între dimensiunile rețelei, mărimea cadrelor și posibilitățile de detectare a coliziunilor. Cu cât dimensiunile rețelei și mărimea cadrelor de date sunt mai mari, cu atât crește probabilitatea de producere a coliziunilor și scade cea a detectării lor.

Dimensiunea maximă a unui domeniu de coliziuni și mărimea cadrului **IEEE 802.3** au fost optimizate pentru varianta **10 Mbps**.

Viteza de propagare a semnalelor **nu depinde de rata de transmisie**, în schimb **timpul de transmitere al unui cadru** este **invers proporțional** cu aceasta.

În cazul variantei Ethernet cu rata de transmisie de **100 Mbps**, durata de transmitere a unui cadru cu o **lungime minimă de 74 octeți** (592 biți) este de aproximativ **6 μs** cu o **viteză** de

aproximativ **200.000 km/s**. **Primul bit** al acestui semnal ajunge la o distanță de **2.500 m**, cât este distanța maximă recomandată pentru "diametrul" unei rețele de 10 Mbps conectată cu cablu UTP, după **12,5 μs**. Pentru a se întoarce la sursa de semnal, mai trec 12,5 μs, **în total 25 μs**, un **timp prea lung** pentru ca **dispozitivul** de rețea **sursă** să poată **detecta coliziunea** și să oprească transmisia. Pentru a se putea întâmpla acest lucru, este nevoie ca "diametrul" domeniului de coliziune să fie redus la o valoare care să-i permită interfeței sursă să sesizeze semnalul afectat de coliziune. Pentru aceasta, timpul în care primul bit parcurge "diametrul" domeniului de coliziune să fie mai mic decât jumătate din timpul de transmisie de 6 μs, adică **3 μs**. Dacă se ține seama și de timpul de reacție al dispozitivului, de ~2 μs, mai rămâne un timp de ~1 μs. Lungimea parcursă de semnal în acest timp este de aproximativ **200 m**, adică de 10 ori mai redusă decât pentru varianta 10 Mbps. Mergând mai departe, în cazul dezvoltării variantei de **1 Gbps**, "diametrul" rețelei ar trebui să **scadă de 10 ori** ! Transferul de date la o distanță de doar 20 m, chiar și la o rată de 1 Gbps, nu prea are importanță tehnică semnificativă.

Pentru păstrarea unei dimensiuni convenabile a domeniului de coliziune (de 100 m, la fel ca și pentru varianta de 100 Mbps) se adaugă, la fiecare cadru mai mic decât valoarea minimă necesară, un câmp suplimentar (*extension field*) cu dimensiune variabilă, care este apoi îndepărtat la recepție.

În **figura 9.9** este prezentat **formatul** unui **cadru MAC de 1 Gbps** care conține câmpul suplimentar, iar în **tabelul 9.1** - Dimensiuni limită pentru transmisii *Half-Duplex* [3].

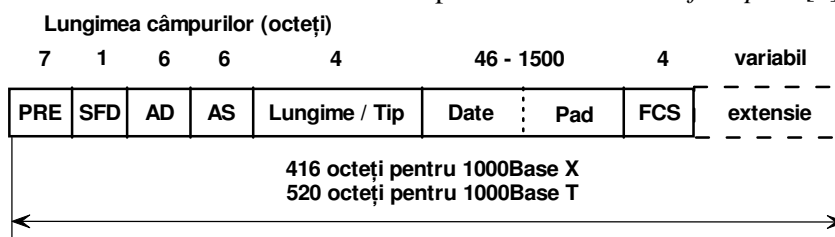


Fig. 9.9. Formatul unui cadru MAC de 1 Gigabit.

Tabel 9.1

Dimensiuni limită pentru transmisii <i>Half-Duplex</i>			
Parametru	10 Mbps	100 Mbps	1000 Mbps
Dimensiunea minimă a cadrului	64 octeți	64 octeți	• 520 octeți 1000Base-T • 416 octeți 1000Base-X ¹ (împreună cu câmpul suplimentar)
"Diametrul" maxim al domeniului de coliziune (distanța maximă între două dispozitive terminale DTE)	100 metri UTP	• 100 metri UTP • 412 metri la fibră optică	• 100 metri UTP • 316 metri la fibră optică
"Diametrul" maxim cu repetoare al domeniului de coliziune	2500 metri	205 metri	200 metri
Numărul maxim de repetoare de semnal într-un domeniu de coliziune	5	2	1

¹ Reducerea dimensiunii cadrului minim este posibilă datorită modului de codare 8B/10B al semnalului la 1000Base-X.

O altă modificare a metodei CSMA/CD pentru Ethernet 1Gbps este **adăugarea unui semnal de atenționare (burst)** prin care se **anunță sosirea unui cadru gigabit**. Acest semnal trebuie să aibă o **durată** de câteva ori **mai mare** (5,4 ori) decât **lungimea maximă a unui cadru**, pentru a putea atenționa **toate interfețele** din rețea. Pe de altă parte, pentru a putea **transmite continuu**, cadre succesive, o interfață trebuie să transmită **semnale de atenționare** și în perioada

dintre două cadre. Acest lucru face ca celelalte interfețe să **considere** mediul de transmisie **ocupat** și să aștepte eliberarea lui (**figura 9.10**).

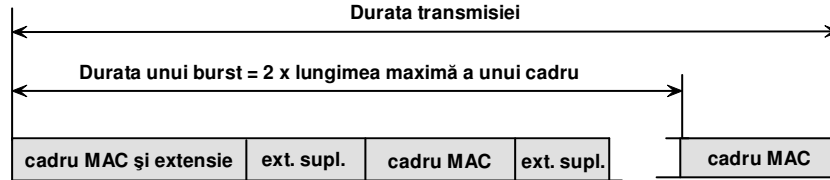


Fig. 9.10. Secvența de atenționare (Burst) folosită de cadrele Gigabit.

Dacă dimensiunea primului cadru este mai mică decât lungimea minimă a cadrului gigabit, se adaugă un câmp suplimentar (*extension*) până la valoarea indicată în **tabelul 10.1**. Aceste soluții nu sunt definite pentru variantele cu rate de transmisie de 10 și 100 Mbps.

Pentru varianta Ethernet Gigabit se pot folosi cadre al căror câmp de date poate avea o dimensiune de până la **9.000 octeți**. Acest tip de cadre se numesc „cadre Jumbo”, dimensiunea lor fiind limitată de capacitatea (32 biți în câmpul FCS înseamnă max 12.000 octeți) secvenței de verificare (*CRC*) de a controla integritatea informațiilor transferate.

Transmisia simultană bidirecțională (*Full-Duplex Transmission*).

Pentru creșterea eficienței rețelelor cu rate de transfer de 10 și 100 Mbps standardul prevede o opțiune de transmisie simultană a semnalelor între interfețele de rețea, în cazul conexiunilor punct la punct.

Acest gen de conexiuni asigură două canale distincte de comunicație (câte o pereche de fire răsucite pentru fiecare canal), ceea ce face ca legătura să fie stabilită fără riscul de coliziune și, în consecință, fără a fi necesară retransmiterea cadrelor. Transmisia poate începe de îndată ce cadrul a fost asamblat. Singura condiție este legată de intervalul minim dintre două cadre succesive, așa cum se poate vedea în **figura 9.11**. Aceasta mărește rata aparentă de transfer a datelor și implicit și eficiența rețelei.

Conexiunile **punct la punct** pot fi realizate în principal două variante: prin **conectarea a două echipamente** cu un **cablu încrucișat (*crossover*)** și prin **conectarea echipamentelor terminale** printr-un echipament de comunicație (DCE) de tip *switch*.

Conexiunea directă „punct la punct” este **lipsită de coliziuni**, ceea ce-l face atractiv în multe soluții de comunicație.

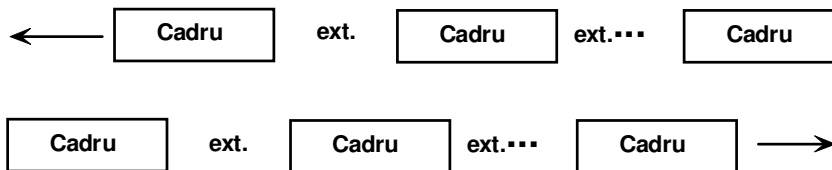


Fig. 9.11. Transmisie simultană bidirecțională (Full Duplex) prin același mediu fizic.

Controlul fluxului.

Operarea în modul *full-duplex* impune existența unui mecanism distinct de control al fluxului, care să-i permită **nodului receptor** (sau unui port al unui echipament de tip *switch* de rețea) să ceară unui nod sursă **întreruperea**, pentru scurt timp, a **transmisiei** cadrelor în caz de **congestie**.

Controlul se face, între componentele **MAC** corespunzătoare, prin generarea automată de către componenta **MAC** a nodului receptor congestionat a unui **cadru "de pauză"** în care se specifică durata acesteia.

Dacă starea de **congestie dispare înainte de expirarea timpului prescris** de cadrul de "pauză" anterior, se va genera un alt cadru cu o valoare a **timpului de pauză** egală cu **zero**, cu scopul de a cere nodului sursă **reluarea transmisiei**.

Principiul metodei de control al fluxului este prezentat în **figura 9.12**.

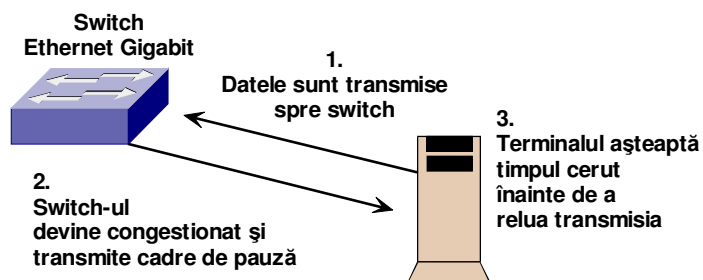


Fig. 9. 12. Principiul metodei, de control al fluxului, definită de standardul IEEE 802.3.

Modul de operare **bidirecțional simultan** (*full-duplex*) împreună cu mecanismul de control al fluxului sunt opțiuni prezente la toate variantele Ethernet. Acestea pot fi folosite doar dacă mediul de transmisie este capabil să asigure comunicația prin două canale distincte între sursă și destinație. Utilizarea cablului coaxial, pe de o parte, și a repetoarelor multiport (hub) nu asigură canale distincte, ci doar unul singur.

Cadrele **de pauză** sunt cadre **de control** și sunt identificate printr-o anumită valoare (rezervată cadrelor de control) definită în câmpul **Lungime/Tip**. Lor le este rezervată și o anumită adresă destinație pentru a fi siguri că un cadru de pauză nu va fi trimis mai departe la protocolul de nivel superior, sau la un alt port din *switch* [3].

9.6.4. Recepția cadrelor

Recepția cadrelor are loc la fel în ambele moduri *half duplex* și *full-duplex*, cu excepția faptului că în modul **full-duplex** este nevoie de tampoane (*buffer*) de date separate pentru transmisie și recepție.

Recepția unui cadru se face invers transmisiei, interfața de rețea verifică adresa destinație și o compară cu valorile scrise într-o listă care conține propria adresă, adresa de grup din care face parte și adresa de *broadcast*.

Dacă adresa destinație se potrivește cu una dintre acestea, se verifică lungimea cadrului, se calculează secvența de control și se compară cu valorile corespunzătoare scrise în câmpurile **Lungime/Tip** și **FCS**, verificându-se astfel integritatea cadrului. După **verificare**, se **extrage** conținutul câmpului **Date** și se trimite protocolului de nivel superior.

9.7. Rețele locale virtuale (VLAN - *Virtual Local Area Networks*).

O rețea locală virtuală **VLAN** este o **grupare logică** a dispozitivelor, sau a utilizatorilor dintr-o rețea locală care folosesc **același segment fizic**, în funcție de **apartenența** lor la o **unitate administrativă**. Se obține astfel **izolarea logică** a dispozitivelor aparținând **diferitelor unități administrative fără divizarea fizică a segmentului de rețea** [3].

Această „divizare” se face la nivelul echipamentelor de tip *switch* care permit **analizarea** conținutului cadrelor de date. La această oră există mai multe soluții de construire a unor rețele virtuale, multe dintre acestea fiind proprii firmelor producătoare de echipamente.

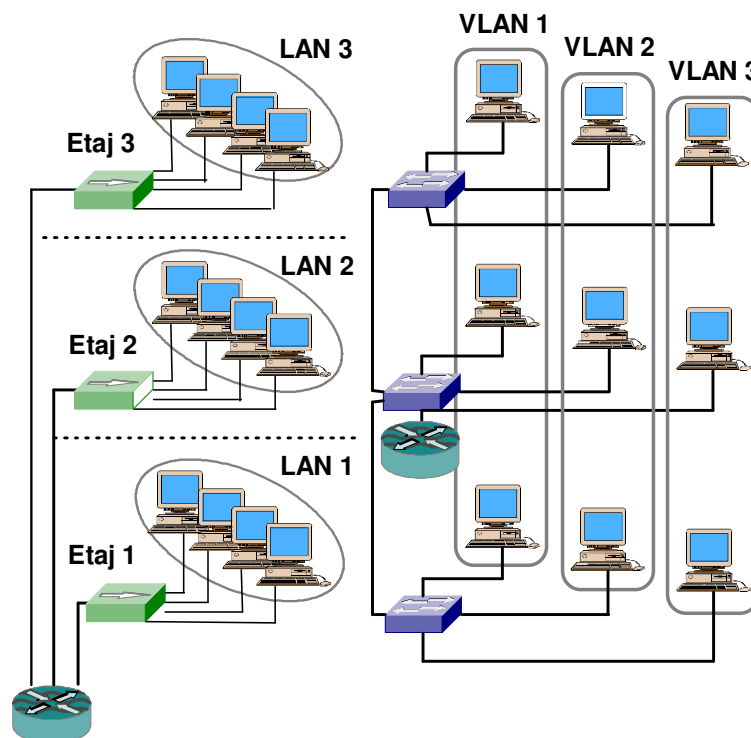


Fig. 9.13. Împărțirea unei rețele locale în mai multe unități administrative diferite (rețele locale virtuale - VLAN), în limitele nivelului fizic.

O rețea locală este construită ținându-se cont mai mult de considerentele fizice, decât de cele administrative sau organizatorice. De aceea, de cele mai multe ori gruparea echipamentelor într-o rețea nu se potrivește cu cea dată de serviciul de care aparține un anumit utilizator.

În rețelele care conțin **echipamente de segmentare** de nivel OSI 3, cum sunt **porțile de acces** sau **rutere**, împărțirea se poate realiza prin adresarea diferită, numită **împărțire în subrețele**.

La nivelul OSI 2 acest lucru nu se poate face ușor, datorită faptului că modul de adresare la acest nivel nu permite ierarhizare. Adresele MAC sunt definite de către producătorul de interfețe de rețea, iar acestea nu pot fi modificate. Se pot însă asocia la o unitate administrativă anumite porturi dintr-un switch, în așa fel încât transmiterea cadrelor să se facă numai între acestea, restul rețelei să fie izolată. Totodată, echipamentele aparținând diferitelor unități administrative pot să folosească în comun diferite părți din infrastructura de comunicație, așa cum se poate vedea în **figura 9.13**.

Primele soluții de implementare VLAN foloseau asocierea porturilor unui switch într-un grup. Deoarece toate echipamentele din acest grup puteau recepționa **cadrele cu adresă** destinație de **broadcast**, acest grup s-a numit **domeniu de broadcast** (*broadcast domain*).

Pentru mărirea flexibilității în configurare și pentru o gestiune de ansamblu a întregii rețele, la ora actuală soluțiile au devenit mult mai complexe, permițând **asocierea** la un grup a unor **echipamente** aflate în **rețele locale diferite**. Pentru aceasta, echipamentele de tip **switch** trebuie să fie **inteligente** și să permită analizarea fiecărui cadru în parte.

Deciziile legate de transmiterea cadrelor într-un grup sau altul se iau pe baza unor informații conținute de aceste cadre.

Există **două metode** principale de gestionare a rețelelor virtuale (VLAN), **filtrarea** și **marcarea cadrelor**. În cazul metodei filtrării se examinează anumite informații particulare conținute în antetul fiecărui cadru. Se construiește o **tabelă de filtrare** care se înscrie în memoria fiecărui switch. Filtrarea se poate face pe baza **adresei MAC**, sursă sau destinație, sau pe baza **tipului de protocol** de nivel superior, înscris în câmpul Tip. Această metodă are neajunsul că viteza de filtrare este mică, fiecare cadru fiind analizat în întregime, mai puțin câmpurile **Date** și **FCS**. De aceea, în ultimul timp s-a generalizat utilizarea celei de a doua metode, de **marcare a fiecărui cadru** (*frame tagging*) cu un **identificator de VLAN**, în funcție de apartenența dispozitivului de rețea la grup (VLAN).

Identificatorul de VLAN este **adăugat**, ca un **câmp suplimentar**, la începutul fiecărui cadru, filtrarea bazându-se doar pe analiza acestuia. Avantajele metodei sunt viteza de filtrare mărită și posibilitățile de dezvoltare ulterioară a criteriilor de filtrare. Această metodă a fost aleasă pentru standardizare de către **IEEE**, stă la baza standardului **802.1q** și funcționează la nivelul **2** al modelului de referință **OSI**.

În cazul în care un anumit **cadru** trebuie să **părăsească** grupul (VLAN), spre o rețea publică, **identificatorul** acestuia este **îndepărtat** de către **switch** înainte ca acest cadru să fie transmis mai departe.

Opțiunea de marcare a cadrelor de identificare a unui grup (VLAN) prevăzută de IEEE 802.3.

Marcarea cadrelor este o opțiune **MAC** care furnizează trei caracteristici suplimentare importante, de gestiune.

- Asigură un mijloc prin care traficul sensibil la viteză să fie transmis în cadre care au activată prioritatea;
- Permite asocierea echipamentelor în grupuri logice (**VLAN**), care pot comunica de-a lungul mai multor rețele locale (**LAN**) ca și când ar aparține aceleiași rețele;
- Simplifică administrarea rețelelor.

Un cadru cu **marcaj** pentru **VLAN** este un cadru de bază **MAC** la care i se **adaugă** un **câmp de identificare** format din **4 octeți**, între câmpul de **Adresă sursă (AS)** și cel **Lungime/Tip**, așa cum se poate vedea în **figura 9.11**.

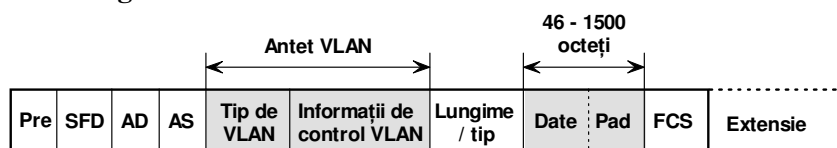


Fig. 9. 14. Marcarea cadrelor în vederea asocierii în VLAN.

Antetul de identificare este compus din **două câmpuri**:

- **Doi octeți** rezervați pentru **identificarea tipului de VLAN (VLAN Type ID)**. Indică un cadru de tip **VLAN**;
- **Doi octeți** de marcare a **controlului (Tag-Control Information)** care conțin **atributul de prioritate** (între 0 și 7 = prioritate maximă) și **identificatorul de VLAN (VLAN ID)** prin care este indicat grupul în care trebuie trimis cadrul.

Componenta **MAC** de la recepție citește cei doi octeți din câmpul **Tip**, aflat în poziția unde ar trebui să fie câmpul **Lungime/Tip** la un cadru de bază, și interpretând valoarea acestora, își dă seama că este vorba despre un cadru cu **VLAN**. După aceasta, au loc următoarele situații:

Dacă componenta **MAC** **aparține** unui **port** al unui **switch**, cadrul va fi **transmis**, în funcție de nivelul de prioritate, unui **alt port asociat la grupul VLAN** indicat de câmpul **VLAN ID**.

Dacă componenta **MAC** **aparține** unui **echipament terminal DTE**, aceasta va **îndepărta** cei **4 octeți ai antetului de VLAN** și va prelucra cadrul în aceeași manieră ca pe unul de bază.

Implementarea opțiunii de marcare a cadrelor în vederea organizării în **VLAN**, impune ca toate nodurile rețelei să fie echipate corespunzător și să fie configurată opțiunea **VLAN**.

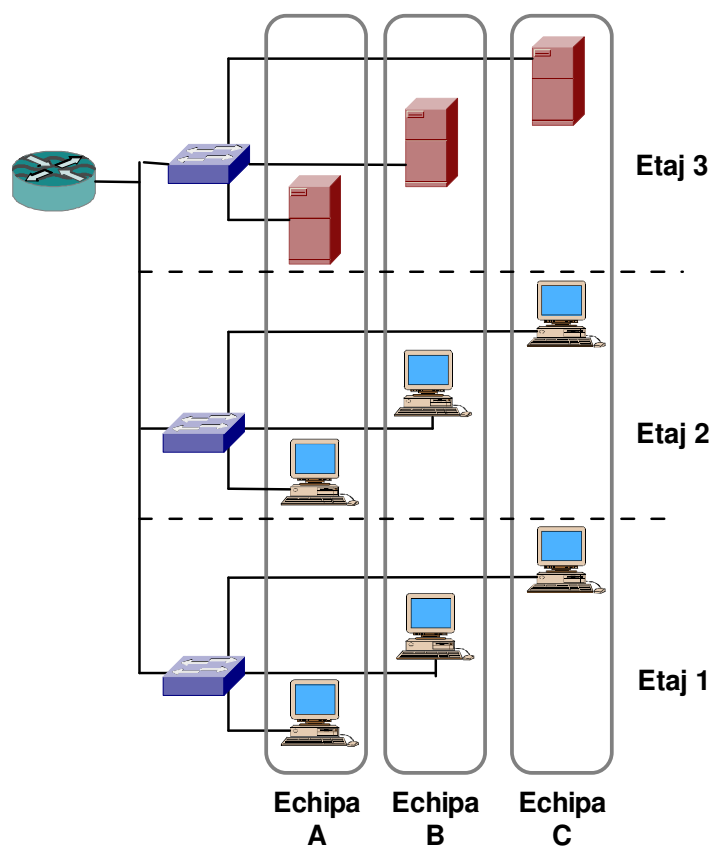


Fig. 9.15. Împărțirea unei rețele locale în mai multe unități administrative diferite (rețele locale virtuale - **VLAN**), în afara frontierelor nivelului fizic.

Soluția de marcarea cadrelor cu informații de control permite extinderea rețelelor locale virtuale (**VLAN**) în afara frontierelor nivelului fizic, cu condiția ca echipamentele de nivel **OSI 2**, în acest caz de tip *switch* să permită acest lucru („*switch-uri cu VLAN*”).

TESTE DE AUTOEVALUARE

I. Alege ☐ i varianta de răspuns corectă:

1. Nivelele OSI la care operează tehnologia Ethernet sunt:
 - a) 1-fizic, 2-legătură;
 - b) 1-fizic, 2-legătură și 3-rețea;
 - c) doar 2-legătură;
 - d) 1-fizic, 2-legătură subnivelul LLC;
 - e) 1-fizic, 2-legătură, 3-rețea și 4-transport;
2. Arhitecturile de rețea acceptate în tehnologia Ethernet sunt:
 - a) punct la punct, magistrală și stea;
 - b) punct la punct și stea;
 - c) doar stea;
 - d) punct la punct, magistrală, stea și inelară;
 - e) punct la punct, MAC și LLC
3. Cadrul MAC conține următoarele câmpuri, a căror ordine este:
 - a) PRE, SFD, AD, AS, Lungime/Tip, DATE, PAD, FCS;
 - b) PRE, SFD, AS, AD, Lungime/Tip, DATE, PAD, FCS;
 - c) PRE, SFD, AD, AS, Lungime/Tip, PAD, DATE, FCS;
 - d) SFD, PRE, AD, AS, Lungime/Tip, DATE, PAD, FCS;
 - e) PRE, SFD, AD, AS, DATE, Lungime/Tip, PAD, FCS;

II. Alege ☐ i răspunsul corect:

1. „Date” este un câmp cu dimensiune variabilă, cuprinsă între 46 și 1400 octeți.
☐ adevărat ☐ fals
2. O rețea locală virtuală (VLAN) este o metodă de grupare a dispozitivelor dintr-o rețea locală, conectate la același segment fizic, care permite izolarea logică a acestora în diferite unități administrative fără divizarea fizică a segmentului de rețea.
☐ adevărat ☐ fals
3. Există două metode principale de gestionare a rețelelor locale virtuale (VLAN). 1 - prin filtrarea cadrelor, și 2 - prin marcarea acestora.
☐ adevărat ☐ fals

RĂSPUNSURI

I. Varianta de răspuns corectă:

1. a
2. d
3. a

II. Alegeți răspunsul corect:

1. fals
2. adevărat
3. adevărat

Bibliografie

1. **Parker, T.**, *Teach Yourself TCP/IP in 14 Days - Second Edition*, Sams Publishing, 1996
2. **Spurgeon, Ch. E.**, *Ethernet: The Definitive Guide*, O'Reilly and Associates, 2000
3. http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/ethernet.htm
4. <http://www.ethermanage.com/ethernet/ethernet.html>