

Standarde pentru magistrale, interfețe și periferice

Zoltan Baruch

*Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Catedra de Calculatoare
E-mail: Zoltan.Baruch@cs.utcluj.ro*

Cluj-Napoca, 1999

Cuprins

1. INTRODUCERE	1
2. MAGISTRALA SERIALĂ USB	1
2.1. PREZENTARE GENERALĂ	1
2.2. FUNCȚIONAREA UNUI SISTEM CU MAGISTRALA USB 1.1	2
2.3. ÎMBUNĂTĂȚIRI INTRODUSE DE VERSIUNEA USB 2.0.....	2
2.4. STANDARDUL USB 1.1.....	3
3. MAGISTRALA SERIALĂ IEEE 1394/FIREWIRE.....	3
3.1. PREZENTARE GENERALĂ	3
3.2. TOPOLOGIA CONEXIUNILOR.....	4
3.3. PROTOCOLUL.....	5
3.4. STANDARDUL IEEE-1394	5
4. INTERFAȚA SCSI.....	6
4.1. PREZENTAREA INTERFEȚEI SCSI	6
4.2. MAGISTRALA SCSI	7
4.3. SCSI-1 ȘI SCSI-2.....	7
4.4. SCSI-3	8
5. INTERFAȚA FIBRE CHANNEL.....	10
5.1. PREZENTARE GENERALĂ	10
5.2. FIBRE CHANNEL PENTRU MEMORII DE MASĂ	11
5.3. FIBRE CHANNEL PENTRU REȚELE	11
5.4. STANDARDE PENTRU INTERFAȚA FIBRE CHANNEL	12
6. DISCURI DVD.....	13
6.1. PREZENTARE GENERALĂ	13
6.2. DISCURI DVD-VIDEO.....	14
6.3. DISCURI DVD-AUDIO	16
6.4. DISCURI DVD INSCRIPTIBILE	17
6.5. STANDARDE PENTRU DISCURI DVD	18

Standarde pentru magistrale, interfețe și periferice

1. Introducere

Performanțele magistrelor, a interfețelor și a dispozitivelor periferice influențează în mare măsură performanțele globale ale unui sistem de calcul. Dacă se crește doar frecvența procesorului, fără îmbunătățirea elementelor amintite, o mare parte din potențialul procesorului se va pierde, iar performanțele globale nu vor crește pe măsura creșterii frecvenței.

Pentru un calculator, performanțele transferurilor de I/E și posibilitățile diferitelor periferice reprezintă caracteristici distinctive. Multe din îmbunătățirile aduse calculatoarelor în ultimul timp sunt interesante nu numai datorită creșterii puterii de prelucrare, ci și datorită posibilităților oferite de interfețele de I/E: afișarea imaginilor grafice 3D și a imaginilor video, capacitatea ridicată a discului fix, generarea unui sunet de calitate ridicată, posibilitățile multimedia oferite de diferitele tipuri de discuri compact și de noile discuri DVD.

În acest articol se descriu o parte din standardele recente pentru magistralele cu performanțe ridicate, interfețele de I/E și dispozitivele periferice. În secțiunea 2 se prezintă magistrala serială USB cu care sunt livrate calculatoarele produse recent. În secțiunea 3 se descrie magistrala serială IEEE 1394/*FireWire*. Secțiunea 4 conține o descriere generală a interfeței SCSI, fiind prezentate apoi componentele familiei de standarde SCSI-3. În secțiunea 5 se prezintă interfața *Fibre Channel*, reprezentând atât un canal de comunicație pentru conectarea serverelor și a perifericelor, cât și o rețea cu performanțe ridicate. În secțiunea 6 se prezintă noile discuri DVD și principalele standarde pentru acestea.

2. Magistrala serială USB

2.1. Prezentare generală

Magistrala USB (*Universal Serial Bus*) a fost dezvoltată în anul 1995 de un grup de firme care cuprinde *Compaq*, *Hewlett Packard*, *Intel*, *Lucent*, *Microsoft*, *NEC* și *Philips*. Scopul principal urmărit a fost definirea unei magistrale externe de extensie care să permită adăugarea simplă a perifericelor la calculatoarele IBM PC.

Actualmente, magistrala USB are un succes deosebit pe piață, cei mai mulți producători de periferice dezvoltând echipamente conforme cu specificațiile USB. Practic, toate calculatoarele noi dispun de unul sau mai multe porturi USB. Magistrala USB este una din tehnologiile care fac posibilă inițiativa *Easy PC Initiative*, propusă de *Intel* și *Microsoft* cu scopul de a simplifica utilizarea calculatoarelor IBM PC, fără a afecta conectivitatea și extensibilitatea acestora.

Versiunea inițială a standardului USB a fost 1.0, aceasta fiind urmată apoi de versiunea curentă 1.1, adoptată în septembrie 1998. În prezent se lucrează la versiunea 2.0, care va permite creșterea ratei de transfer cu un factor de 40. Această extensie a versiunii 1.1 a specificațiilor USB presupune utilizarea aceluiași cabluri, conectori și interfețe software.

Utilizatorii vor beneficia însă de o gamă suplimentară de periferice cu performanțe ridicate, ca de exemplu camere pentru video-conferințe, scannere și imprimante din generația viitoare, și dispozitive de memorare rapide.

2.2. Funcționarea unui sistem cu magistrala USB 1.1

Elementele principale ale unui sistem care utilizează magistrala USB 1.1 sunt programele de sistem, “hub”-urile, cablurile USB și perifericele USB.

Programele de sistem asigură o tratare uniformă a sistemului de I/E de către toate programele de aplicații. Prin ascunderea detaliilor de implementare hardware, programele de aplicații vor fi mai portabile. Programele de sistem gestionează conectarea și deconectarea dinamică a perifericelor. Această fază, numită enumerare, implică comunicarea cu perifericele pentru determinarea driverului de dispozitiv care trebuie încărcat, și asignarea unei adrese unice fiecărui periferic. În timpul funcționării, calculatorul inițiază tranzacții cu anumite periferice, iar fiecare periferic va accepta tranzacțiile și va răspunde în mod corespunzător.

Un “hub” permite conectarea unui număr mai mare de periferice USB și asigură o putere de alimentare corespunzătoare fiecărui periferic. “Hub”-ul recunoaște conectarea dinamică a unui periferic și asigură o putere de cel puțin 0,5 W pentru fiecare periferic în timpul inițializării. Sub controlul programului de sistem, “hub”-ul poate asigura o putere suplimentară pentru funcționarea perifericelor, până la maxim 2,5 W. Prin atașarea unui nou “hub”, acestuia i se asignează o adresă unică, iar “hub”-urile pot fi conectate în cascadă până la cinci nivele. Un “hub” funcționează ca un repetor bidirecțional și va repeta semnalele USB pe cablurile de conectare cu calculatorul și pe cablurile de conectare cu perifericele. “Hub”-ul monitorizează de asemenea semnalele de pe aceste cabluri și gestionează tranzacțiile care îi sunt adresate. Toate celelalte tranzacții sunt repetate la dispozitivele atașate.

Perifericele USB sunt dispozitive “slave” care respectă un protocol definit. Aceste periferice trebuie să răspundă la cererile de tranzație transmise de calculatorul gazdă. De exemplu, perifericele răspund la tranzațiile de control care solicită informații detaliate despre dispozitiv și despre configurația acestuia. Perifericul transmite și recepționează date la/de la calculatorul gazdă utilizând un format standard USB. Perifericele USB 1.1 pot funcționa cu rate de transfer de 12 Mbiți/s sau 1,5 Mbiți/s.

2.3. Îmbunătățiri introduse de versiunea USB 2.0

Specificațiile USB 2.0 descriu o magistrală cu performanțe mai ridicate. Conectoarele și cablurile actuale, conforme cu specificațiile USB 1.1, permit obținerea ratelor de transfer mai ridicate ale magistralei USB 2.0 fără nici o modificare. Experimentele efectuate au arătat că se poate obține o rată de transfer de 480 Mbiți/s.

Perifericele USB 2.0 cu viteze de transfer superioare sunt conectate la un “hub” USB 2.0. Vitezele de transfer ridicate sunt negociate cu fiecare periferic, și dacă un periferic nu permite o viteză ridicată, legătura cu acest periferic va funcționa la viteza mai redusă de 12 Mbiți/s sau 1,5 Mbiți/s. Un “hub” USB 2.0 va avea porturi de ieșire pentru transferuri cu viteză ridicată și porturi pentru transferuri cu viteză redusă.

Rolul componentelor într-un sistem USB 2.0 este puțin modificat față de rolul acestora într-un sistem USB 1.1, după cum este prezentat mai jos.

Programele de sistem recunosc posibilitățile avansate ale perifericelor USB 2.0, astfel încât pot optimiza performanțele. Aceste programe pot detecta configurațiile sub-optimale, de exemplu un periferic USB 2.0 conectat la un “hub” USB 1.1, și vor recomanda utilizatorului o configurație optimă de conectare a perifericelor. Programele de aplicații existente vor continua să funcționeze cu perifericele USB 1.1. Noile programe de aplicații vor ține cont de avantajele vitezelor mai ridicate și de ușurința utilizării perifericelor USB 2.0.

Un “hub” USB 2.0 acceptă tranzații de viteză ridicată și furnizează datele cu ratele corespunzătoare perifericelor USB 2.0 și perifericelor USB 1.1. Aceasta implică o complexitate mai ridicată a “hub”-urilor și necesitatea memorării temporare a datelor recepționate. Pentru comunicarea cu perifericele USB 1.1, un “hub” USB 2.0 modifică rata datelor în funcție de posibilitățile perifericelor.

Perifericele actuale nu necesită modificări pentru a funcționa într-un sistem USB 2.0. Multe dispozitive de intrare nu necesită performanțele superioare puse la dispoziție de USB 2.0. Ratele superioare de transfer permise de USB 2.0 vor deschide însă noi posibilități pentru alte tipuri de periferice: camere pentru video-conferințe, imprimante și scannere din generația viitoare, cu viteze și rezoluții mai ridicate, discuri CD-ROM și DVD. Aceste periferice necesită modificări minore ale interfeței, după cum se indică în specificațiile USB 2.0. Costurile suplimentare datorate acestor modificări vor fi minime.

2.4. Standardul USB 1.1

Standardul curent pentru magistrala USB este cuprins în documentul:

“*Universal Serial Bus Specification*”, Compaq, Intel, Microsoft, NEC. Revision 1.1, September 23, 1998.

Acest document descrie următoarele:

- Arhitectura unui sistem USB: descrierea sistemului, interfața fizică, protocolul magistralei, configurarea sistemului, tipuri de transferuri, dispozitive USB, sisteme gazdă USB.
- Modelul fluxului de date: topologia magistralei, transferuri de control, transferuri izocrone, transferuri prin întreruperi, transferuri pe blocuri, accesul la magistrală pentru efectuarea transferurilor.
- Aspecte mecanice: cerințe pentru cabluri și conectori.
- Aspecte electrice: semnale, distribuția puterii consumate, nivelul fizic.
- Protocolul electric: formatele pachetelor, formatele tranzațiilor, detecția și recuperarea erorilor.
- Dispozitivele USB: funcțiile unui dispozitiv USB generic, comenzi pentru dispozitivele USB standard, descriptori pentru dispozitivele USB standard, definiții pentru clasele de dispozitive.
- Sistemele gazdă USB: cerințe pentru controlere, aspecte software, drivere pentru controlere gazdă, drivere USB.
- Specificațiile pentru “hub”-uri: porturi interne și externe, cerințe pentru buffere, controlere pentru “hub”-uri, configurarea “hub”-urilor, descriptori, comenzi.

Informații despre magistrala USB și dispozitivele USB se pot găsi pe pagina organizației “*USB Implementers Forum*”, la adresa:

<http://www.usb.org>

3. Magistrala serială IEEE 1394/FireWire

3.1. Prezentare generală

IEEE 1394 este o magistrală serială de înaltă performanță. Ratele de transfer care se pot obține cu versiunea curentă a magistralei sunt de 100, 200 și 400 Mbiți/s cu cablurile

specificate în standard. Pentru versiunile următoare ale magistralei ratele de transfer vor depăși 1 Gbit/s. Standardul de interfață definește metoda de transmisie, mediul de transmisie și protocolul. *FireWire* reprezintă denumirea dată de firma *Apple* pentru aceeași magistrală. Practic, cele două denumiri reprezintă aceeași tehnologie.

Modul de transfer asincron al magistralei permite conectarea unor dispozitive cum sunt imprimante și modemuri cu o tehnologie mai veche, fiind prevăzute comenzi și pentru dispozitivele noi. Modul de transfer izocron garantează furnizarea șirurilor de date multimedia critice din punct de vedere al timpului.

Aplicația principală a acestei magistrale este utilizarea acesteia ca interfață serială scalabilă, cu performanțe ridicate și cu cost redus pentru conectarea perifericelor la calculatoarele personale. Standardul IEEE 1394 asigură de asemenea noi facilități, ca de exemplu operații de I/E în timp real, reconfigurarea dinamică și posibilitatea conectării/deconectării în timpul funcționării a dispozitivelor externe incluzând unități de discuri, imprimante, scannere și camere video. Această facilitate permite conectarea simplă a extensiilor la sistem, fără necesitatea opririi și reconfigurării sistemului la fiecare adăugare sau eliminare a unui periferic.

Necesitatea acestei magistrale și a altor topologii și protocoale de rețea dintr-o nouă generație a apărut datorită cerințelor crescute pentru transferurile de date. Rețelele tipice nu pot asigura posibilități de interconectare eficiente din punctul de vedere al costului și nu asigură rate de transfer garantate pentru aplicații critice. În plus, magistralele paralele de viteză ridicată, cum este SCSI, nu sunt potrivite pentru distanțe mari și nu permit conectarea/deconectarea în timpul funcționării, motiv pentru care reconfigurarea necesită un timp ridicat. Rata de transfer asigurată de magistrala IEEE 1394 depășește cu mult cea a multor standarde de comunicație asociate cu calculatoarele personale, cum este interfața paralelă Centronics, interfața serială RS232, interfața SCSI și magistrala *Desktop Bus* a firmei *Apple*, și este comparabilă cu cea a unor rețele sau interfețe ca ATM (*Asynchronous Transport Mode*), HPPI (*High Performance Parallel Interface*) și a canalelor prin fibră.

IEEE 1394 nu este singura magistrală cu performanțe ridicate. Magistrala USB, cu o rată de transfer de 12 Mbiți/s, poate fi o soluție mai ieftină atunci când viteza nu este critică. Rata de transfer a magistralei *Fibre Channel* o depășește pe cea a magistralei IEEE 1394, însă are un cost și o complexitate mai ridicată. Pentru aplicațiile multimedia unde sunt necesare rate de transfer între 100 Mbiți/s și 1 Gbit/s sau mai mari, IEEE 1394 este soluția cea mai eficientă din punct de vedere al costului.

3.2. Topologia conexiunilor

Magistrala serială IEEE 1394 utilizează 64 de biți pentru adresele dispozitivelor, partiționați în 10 biți pentru identificatorii rețelei, 6 biți pentru identificatorii nodurilor și 48 de biți pentru adresele de memorie. Se pot adresa astfel 1023 de rețele cu 63 de noduri, fiecare cu o memorie de 281 TB. Spre deosebire de adresarea bazată pe canale, această adresare bazată pe memorie consideră resursele ca registre sau memorii care se pot adresa prin tranzații între procesor și memorie. Fiecare entitate a magistralei este denumită "nod", fiind adresată, identificată și resetată individual. Noduri multiple se pot situa într-un singur modul, și porturi multiple se pot situa într-un singur nod.

Caracteristicile principale ale topologiei IEEE 1394 sunt posibilitatea mai multor noduri master, conectarea/deconectarea în timpul funcționării, și alocarea dinamică a adreselor de noduri pe măsură ce nodurile sunt adăugate la conexiunea serială. O altă caracteristică este rata de transfer scalabilă de la aproximativ 100 Mbiți/s la 400 Mbiți/s.

Fiecare nod are și rolul de repetor, permițând înlănțuirea nodurilor pentru a forma o topologie de tip arbore. În lanțul serial se pot insera amplificatoare suplimentare. Datorită vitezelor ridicate, distanța între un nod și un amplificator nu trebuie să depășească 4,5 m, iar

numărul maxim de amplificatoare dintr-un lanț este de 16, rezultând o lungime maximă de 72 m.

Se utilizează un cablu ecranat cu 3 perechi de fire pentru datele transmise și recepționate, ca și pentru tensiunea de alimentare (între 8 și 40 V c.c. la maxim 1,5 A). O caracteristică unică a magistralei IEEE 1394 este distribuția tensiunii de alimentare prin cablu pentru a permite realizarea funcției de repetor a nodurilor și în cazul în care acestea sunt deconectate de la tensiunea de alimentare.

Semnalele transmise prin cablu sunt semnale NRZ cu codificare Date-Strob (DS). Această codificare permite modificarea unui singur semnal din cele două pe durata unei perioade de 1 bit.

3.3. Protocolul

Magistrale IEEE 1394 permite atât transferuri asincrone, cât și transferuri izocrone. În modul asincron se transferă date la o adresă explicită. În modul izocron datele sunt transferate pe baza numărului canalului și nu pe baza unei adrese explicite. Pachetele izocrone sunt transmise în medie la fiecare 125 μ s pentru facilitarea aplicațiilor critice din punct de vedere al timpului. Existența ambelor formate la aceeași interfață permite utilizarea acesteia atât pentru dispozitive care nu sunt critice din punct de vedere al timpului, ca de exemplu imprimante și scannere, cât și pentru dispozitive audio și video, la care datele trebuie transferate în timp real.

Topologia arborelui este stabilită în timpul unei secvențe de evenimente declanșate de fiecare dată când un nod este adăugat sau eliminat din rețea. Această secvență începe cu o fază de resetare a magistralei, în care toate informațiile despre topologie sunt șterse. În timpul procesului de identificare a arborelui, fiecărui nod *i* se asignează o adresă și se stabilește în mod dinamic un nod rădăcină, existând posibilitatea forțării unui anumit nod ca nod rădăcină. După formarea arborelui, o fază de autoidentificare permite fiecărui nod din rețea să-și prezinte identitatea tuturor celorlalte noduri. După culegerea tuturor informațiilor despre toate nodurile, magistrala trece într-o stare inactivă, așteptând începutul procesului standard de arbitraj.

O facilitate suplimentară o reprezintă posibilitatea tranzațiilor la viteze diferite pe același mediu (de exemplu, unele dispozitive pot comunica la viteze de 100 Mbiți/s, în timp ce altele pot comunica la 200 Mbiți/s sau 400 Mbiți/s). Pentru utilizarea tranzațiilor cu viteze diferite pe aceeași magistrală serială, la stabilirea conexiunilor trebuie să se țină cont de posibilitățile maxime ale fiecărui nod astfel încât calea dintre două noduri de viteză ridicată să nu fie blocată de un dispozitiv cu rate de transfer reduse.

3.4. Standardul IEEE-1394

Specificațiile standardului magistralei seriale IEEE 1394 sunt cuprinse în documentul: *IEEE 1394-1995 Standard for a High Performance Serial Bus*. IEEE, 1995.

Standardul se poate procura on-line vizitând adresa:

<http://standards.ieee.org/catalog/index.html>

sau direct de la organizația IEEE:

IEEE Customer Service
445 Hoes Lane, P.O. Box 1331
Piscataway, NJ 08855-1331
E-mail: customer.service@ieee.org

Informații despre magistrala IEEE 1394 se pot obține de la următoarele adrese Internet:

1394 Trade Association: <http://firewire.org>

Skipstone: <http://www.skipstone.com>

Texas Instruments: <http://www.ti.com/sc/docs/msp/1394/1394.html>

4. Interfața SCSI

4.1. Prezentarea interfeței SCSI

Interfața SCSI (*Small Computer System Interface*) reprezintă o interfață la nivel de sistem, formată dintr-o magistrală la care se pot conecta mai multe echipamente. Unul din aceste echipamente, adaptorul cu sistemul gazdă, funcționează ca o punte între magistrala SCSI și magistrala sistemului. Magistrala SCSI nu comunică direct cu echipamentele periferice, cum sunt unitățile de discuri, ci cu controlerul care este inclus în aceste unități.

O singură magistrală SCSI poate accepta până la 8 sau 16 unități fizice, numite *unități SCSI*, dintre care una este adaptorul SCSI. Unitățile fizice pot fi unități de discuri fixe, unități de bandă, unități CD-ROM, scannere, imprimante. Majoritatea sistemelor pot accepta până la patru adaptoare SCSI la sistemul gazdă, fiecare din acestea permițând cuplarea a până la șapte echipamente periferice.

Una din cauzele care au întârziat acceptarea interfeței SCSI pe piața calculatoarelor personale a fost lipsa unui standard referitor la adaptorul pentru sistemul gazdă, la driverele de interfață și la componenta ROM BIOS pentru unitățile de discuri conectate pe magistrala SCSI. Din cauza lipsei unui standard de interfață au rezultat probleme ca imposibilitatea de a utiliza unitățile de disc în afara magistralei SCSI, imposibilitatea de a încărca sistemul de operare de pe aceste unități și de a folosi diferite sisteme de operare.

Standardele referitoare la interfața SCSI au fost elaborate în cadrul institutului ANSI, de către grupul de lucru X3, care funcționează ca o comisie acreditată pentru standardizare (ASC - *Accredited Standards Committee*). Primul standard, SCSI-1 (ANSI *X3.131-1986*), a fost aprobat în 1986. Un nou standard, SCSI-2, a fost aprobat în 1994 (ANSI *X3.131-1994*), ultima versiune fiind SCSI-3. Aceste standarde definesc parametri fizici și electrice ai unei magistrale de I/E, care este utilizată pentru conectarea în lanț a echipamentelor periferice.

Există două tipuri de interfețe SCSI: normale și diferențiale. În cazul interfeței SCSI *normale*, pentru fiecare semnal transmis spre magistrală există câte un fir pe care circulă semnalul respectiv. Pentru echipamentele SCSI cu interfață *diferențială*, pentru fiecare semnal există câte o pereche de fire. Pe unul din fire circulă un semnal de același tip cu cel folosit la interfața normală. Pe al doilea fir circulă un semnal care este obținut prin inversarea logică a semnalului original. Circuitele de recepție a semnalelor iau în considerare diferența dintre cele două semnale care sunt recepționate pe o pereche de fire, rezultând o imunitate crescută la zgomote a acestei interfețe și posibilitatea folosirii unor cabluri mai lungi. Pentru interfața SCSI diferențială lungimea cablurilor poate fi de până la 25 m, în timp ce pentru interfața normală lungimea poate fi de până la 6 m, în cazul unor transferuri standard, sau de maxim 3 m în cazul transferurilor Fast SCSI.

Echipamentele SCSI normale nu trebuie instalate pe aceeași magistrală cu cele diferențiale, deoarece există riscul defectării echipamentelor. Pentru calculatoarele personale, se întâlnesc de cele mai multe ori echipamente cu interfață normală. Echipamentele normale se pot deosebi de cele diferențiale prin simbolurile marcate pe suprafața exterioară a acestora. În industrie au fost adoptate simboluri diferite pentru interfața SCSI normală și pentru cea diferențială.

4.2. Magistrala SCSI

Comunicația pe magistrala SCSI are loc între un dispozitiv care inițiază transferul și un dispozitiv slave. La un moment dat, comunicația se realizează doar între două dispozitive, dintre care unul are rol de *inițiator*, selectând și comandând *ținta* care efectuează operația dorită. Un dispozitiv SCSI are de obicei un rol fix de inițiator sau țintă, dar unele dispozitive pot îndeplini ambele roluri.

Un inițiator poate adresa până la opt dispozitive periferice care sunt conectate la un dispozitiv țintă. Pentru toate blocurile de date se utilizează adrese logice și nu fizice. Pentru dispozitivele cu adresare directă, fiecare unitate logică poate fi interogată pentru a determina numărul blocurilor de date pe care le conține. O unitate logică poate coincide cu un dispozitiv periferic sau poate fi o parte a acestuia.

Standardul SCSI definește nivelul semnalelor de pe magistrală, funcția lor logică, protocolul de comunicație și secvențele de comenzi. Toate dispozitivele trebuie să permită utilizarea protocolului asincron de tip "*handshake*" (REQ/ACK) definit de standard pentru transferurile de date. În plus, este definit un protocol opțional pentru transferuri sincrone. Este specificat de asemenea un protocol pentru transmiterea mesajelor în scopul controlului interfeței.

Există un sistem de arbitraj distribuit în cadrul interfeței SCSI, pentru a permite existența a mai multor inițiatori și execuția concurrentă a operațiilor de I/E. Un sistem de priorități permite acordarea magistralei pentru dispozitivul SCSI cu prioritatea cea mai mare dintre cele care solicită magistrala. Timpul pentru efectuarea arbitrajului este independent de numărul dispozitivelor care solicită magistrala și este mai mic de 10 μ s.

Inițiatorul poate solicita magistrala SCSI și poate selecta un anumit dispozitiv țintă. Destinația poate solicita transferul informațiilor de date, de comandă sau de stare pe magistrala de date, iar în unele cazuri poate solicita magistrala și poate reselecta inițiatorul în scopul continuării unei operații.

4.3. SCSI-1 și SCSI-2

Una din problemele nerezolvate de standardul SCSI-1 este aceea că multe din comenzile și caracteristicile specificate erau opționale, de aceea nu exista nici o garanție că un anumit periferic va putea executa toate aceste comenzi. Pentru a rezolva această problemă, industria de profil a definit un set de 18 comenzi SCSI de bază, set numit CCS (*Common Command Set*), care urma să devină setul minim de comenzi acceptate de toate perifericele. Acest set de comenzi comune a stat la baza standardului SCSI-2.

În plus față de acceptarea setului de 18 comenzi, SCSI-2 conține și definiții suplimentare, referitoare la comenzi pentru unități CD-ROM (inclusiv posibilitatea utilizării discurilor CD audio), unități de bandă și alte periferice. A fost definită de asemenea o versiune rapidă a interfeței, numită Fast SCSI-2, și versiuni pe 16 sau 32 de biți, numite Wide SCSI-2. O altă caracteristică a standardului SCSI-2 este posibilitatea de a depune comenzile într-o coadă de așteptare, care permite unui periferic să accepte mai multe comenzi și să le execute într-o ordine care este considerată cea mai eficientă. Această caracteristică este importantă pentru sistemele de operare *multitasking*, care pot transmite pe magistrala SCSI mai multe comenzi în același timp.

Adaptoarele SCSI-1 pot lucra și cu periferice SCSI-2, deoarece din punct de vedere hardware între echipamentele care respectă standardul SCSI-1 și cele care respectă standardul SCSI-2 nu există nici o diferență. Majoritatea adaptoarelor sunt de fapt compatibile cu standardul SCSI-2, deși sunt prezentate ca fiind compatibile cu SCSI-1. Aceasta deoarece standardul SCSI-2 nu s-a modificat prea mult de la prima sa apariție din 1990, când a fost

aproape de a fi aprobat definitiv. Echipamentele SCSI-2 conectate la adaptoarele SCSI-1 nu pot utiliza însă modurile de transfer rapide oferite de standardul SCSI-2.

Specificația SCSI-2 este o versiune îmbunătățită a specificației SCSI-1, la care au fost adăugate caracteristici și opțiuni noi. În mod normal, echipamentele SCSI-1 și cele SCSI-2 sunt compatibile, dar echipamentele SCSI-1 nu recunosc opțiunile suplimentare valabile pentru SCSI-2.

Unele din modificările aduse interfeței SCSI-1 sunt minore. De exemplu, în versiunea SCSI-1 paritatea pe magistrala SCSI era opțională, pe când în versiunea SCSI-2 este obligatorie prezența unui bit de paritate. O altă cerință este aceea ca dispozitivele care inițiază transferul, cum sunt adaptoarele la sistemele gazdă, să fie cele care alimentează circuitele terminatoare de pe interfață. Însă, majoritatea echipamentelor îndeplineau deja această cerință.

Interfața SCSI-2 are și unele caracteristici opționale. Acestea sunt următoarele:

Fast SCSI. Se referă la posibilitatea de a efectua transferuri sincrone la viteze ridicate. Cu versiunea Fast SCSI se pot obține rate de transfer de 10 MB/s, pe magistrala SCSI standard, de 8 biți. Dacă această versiune este combinată cu variantele Wide SCSI de 16 sau 32 de biți, rezultă rate de transfer de 20 MB/s, respectiv 40 MB/s.

Wide SCSI. Această versiune permite efectuarea de transferuri pe magistrale de 16 sau 32 de biți. Pentru aceste variante sunt necesare alte cabluri. Cablul standard cu 50 de fire pentru transferul pe 8 biți se numește *cablu A*. Pentru varianta Wide SCSI pe 16 biți este necesar un *cablu P* cu 68 de fire. Pentru varianta Wide SCSI pe 32 de biți, care este foarte puțin răspândită, este nevoie de două cabluri: *cablul P* cu 68 de fire și *cablul Q* cu 68 de fire.

Coadă de comenzi. Conform standardului SCSI-1, un echipament care poate iniția un transfer poate transmite câte o singură comandă pentru câte un periferic. Conform standardului SCSI-2, acest echipament poate transmite până la 256 de comenzi pentru un singur periferic, comenzile fiind memorate de periferic într-o coadă de așteptare, ele fiind executate înainte de a se transmite răspunsul pe magistrala SCSI. Perifericul poate modifica ordinea comenzilor, pentru a obține performanțe maxime. Această posibilitate este utilă mai ales pentru sistemele de operare *multitasking*.

Comenzi noi. În standardul SCSI-2 au fost incluse în mod oficial comenzile din setul de comenzi comune (CCS), care erau utilizate deja în industrie. Setul de comenzi comune a fost definit mai ales pentru unitățile de disc și nu include comenzi pentru alte tipuri de echipamente. Au fost abrogate multe din comenzile mai vechi și au fost adăugate altele noi. Astfel, au fost adăugate noi seturi de comenzi pentru unitățile CD-ROM, alte discuri optice, scanere etc.

Terminatoare îmbunătățite. Pentru funcționarea corectă a magistralei SCSI cu interfață normală, sunt necesare rezistențe terminatoare cu valoare precisă. Terminatoarele pasive de 132 Ω , definite în standardul SCSI-1, nu sunt adecvate vitezelor mari de transfer. Din cauza reflectării semnalelor, pot apare erori la creșterea ratei de transfer sau la creșterea numărului de echipamente conectate la magistrală. Conform standardului SCSI-2, ca terminatori trebuie folosite componente active, comandate în tensiune, care asigură o impedanță de 110 Ω și care îmbunătățesc performanțele sistemului.

4.4. SCSI-3

Specificațiile SCSI-3 conțin în plus față de SCSI-2 unele comenzi noi, caracteristici noi și realizări practice noi. De exemplu, se vor putea asigura condițiile pentru conectarea pe

magistrala SCSI a 32 de echipamente, în loc de numai 8 sau 16. Specificațiile SCSI-3 includ și propunerile pentru magistrala serială IEEE 1394, interfața *Fibre Channel* și interfața SSA (*Serial Storage Architecture*). Echipamentele SCSI-3 vor putea fi instalate mai simplu, vor putea fi configurate automat prin simpla lor conectare la sistem, iar circuitele terminatoare pentru liniile magistralei vor fi activate automat.

SCSI-3 reprezintă o familie de standarde. Componentele principale ale acesteia sunt descrise în continuare.

SCSI-3 Architecture Model (SAM) (ANSI X3.270-1996): Definește modelul sistemelor SCSI, partiționarea funcțională a familiei de standarde SCSI-3 și cerințele aplicabile pentru toate implementările SCSI-3.

Common Access Method (CAM): Definește un set de servicii care permit scrierea unor drivere care sunt independente de interconexiuni, protocoale, sisteme de operare și platforme hardware.

Commands: Reprezintă standarde de implementare care definesc clasele de dispozitive și un model de dispozitiv pentru fiecare clasă. Aceste standarde definesc comenzile care trebuie implementate de toate dispozitivele sau cele care sunt specifice diferitelor clase de dispozitive, și prescriu regulile care trebuie urmate de un inițiator atunci când se transmit comenzi unui dispozitiv. Standardele pentru comenzi sunt următoarele:

- *SCSI-3 Primary Commands (SPC)* (ANSI X3.301-1997): comenzi comune pentru toate dispozitivele.
- *SCSI-3 Block Commands (SBC)* (ANSI NCITS 306-1998): dispozitive cu acces direct (discuri magnetice).
- *SCSI-3 Stream Commands (SSC)*: dispozitive cu acces secvențial (benzi magnetice).
- *SCSI-3 Graphic Commands (SGC)*: dispozitive de I/E grafice (scannere, imprimante).
- *SCSI-3 Medium Changer Commands (SMC)* (ANSI NCITS 314-1998): dispozitive pentru schimbarea volumelor de discuri CD-ROM.
- *SCSI-3 Multimedia Commands (MMC)* (ANSI X3.304-1997): discuri CD-ROM, CD-R/E.
- *SCSI-3 Controller Commands (SCC)* (ANSI X3.276-1997): controlere pentru sisteme de I/E, de exemplu pentru seturi de unități de discuri de tip RAID (*Redundant Array of Inexpensive Disks*).
- *SCSI-3 Controller Commands-2 (SCC-2)* (ANSI NCITS 318-1998)
- *SCSI-3 Enclosure Services (SES) Command Set* (ANSI NCITS 305-1998).

Protocols: Standarde care definesc regulile de comunicație între diferite dispozitive SCSI-3.

- *SCSI-3 Interlocked Protocol (SIP)* (ANSI X3.292-1997)
- *Fibre Channel Protocol for SCSI (FCP)* (ANSI X3.269-1996)
- *SCSI-3 Serial Bus Protocol (SBP)*
- *SCSI-3 Serial Storage Architecture – SCSI-3 Protocol (SSA-S3P)* (ANSI NCITS 309-1997)

Interconnects: Standarde care specifică diferite interconexiuni fizice.

- *SCSI-3 Parallel Interface (SPI)* (ANSI X3.253-1995)

- SCSI-3 *Parallel Interface-2* (SPI-2) (ANSI X3.302-1998)
- SCSI-3 *Parallel Interface* (SPI) (ANSI X3.253-1995/AM 1-1998), supliment la standardul ANSI X3.253-1995
- *Fibre Channel Physical and Signalling Interface-2* (FC-PH-2) (ANSI X3.297-1997)
- *Fibre Channel Physical and Signalling Interface-3* (FC-PH-3) (ANSI X3.303-1998)
- *High Performance Serial Bus* (IEEE 1394)
- *Serial Storage Architecture Physical Layer 1* (SSA-PH1) (ANSI X3.293-1996)
- *Serial Storage Architecture Physical Layer 2* (SSA-PH2) (ANSI NCITS 307-1997)
- *Serial Storage Architecture Transport Layer 1* (SSA-TL1) (ANSI X3.295-1996)
- *Serial Storage Architecture Transport Layer 2* (SSA-TL2) (ANSI NCITS 308-1997)

5. Interfața Fibre Channel

5.1. Prezentare generală

Creșterea performanțelor stațiilor de lucru, a procesoarelor și a perifericelor, ca și creșterea ponderii arhitecturilor distribuite de tip client/server, au crescut cerințele pentru aplicațiile care necesită rate de transfer ridicate. Interconexiunile dintre aceste sisteme și dispozitivele de I/E ale acestora necesită un nou nivel al performanțelor în ceea ce privește fiabilitatea, viteza și distanța. *Fibre Channel* reprezintă o tehnologie de interconectare cu fiabilitate ridicată care permite comunicațiile concurente între stații de lucru, servere, sisteme de memorare a datelor și alte periferice care utilizează protocoale cum sunt SCSI sau IP. Această tehnologie asigură interconectarea pentru topologii multiple cu o rată de transfer totală care este scalabilă până la 1 Tbit/s.

Fibre Channel reprezintă un standard pentru un canal de comunicație care dispune de facilități de rețea și asigură astfel conectivitatea și distanța necesară, și permite utilizarea diferitelor protocoale de comunicație. De asemenea, *Fibre Channel* are caracteristicile unui canal de comunicație tradițional, cu avantajele simplității, a performanțelor repetabile și a furnizării garantate a datelor.

Arhitectura *Fibre Channel* reprezintă integrarea unei rețele cu o interconexiune inteligentă între dispozitive. Un port *Fibre Channel* trebuie să gestioneze doar o conexiune punct la punct. Transmisia datelor este izolată de protocolul de control, astfel încât cerințele specifice ale unei aplicații sunt realizate prin legături punct la punct, bucle arbitrate și topologii comutate.

Caracteristicile principale ale arhitecturii *Fibre Channel* sunt următoarele:

- Rate de transfer de la 266 Mbiți/s la peste 4 Gbiți/s;
- Distanțe de până la 10 km;
- Conectori de dimensiune redusă;
- Conectivitate mai ridicată decât cea asigurată de canalele existente;
- Componente standard;
- Diferite nivele de cost/performanță, de la sisteme mici la supercalculatoare;
- Posibilitatea utilizării diferitelor seturi de comenzi existente, cuprinzând protocoalele IP (*Internet Protocol*), SCSI (*Small Computer Systems Interface*), IPI (*Intelligent Peripheral Interface*), HIPPI-FP (*High Performance Parallel Interface Framing*)

Protocol) și cele pentru audio/video: *Audio Video fast File Transfer*, *Audio Video Real Time Stream Transfer*.

5.2. Fibre Channel pentru memorii de masă

Fibre Channel a fost adoptată de principalii producători ai sistemelor de calcul și a dispozitivelor de memorare ca viitoarea tehnologie pentru interfața memoriilor de masă din cadrul întreprinderilor, deoarece se elimină astfel problemele legate de distanțe, rate de transfer, scalabilitate și fiabilitate ale interfeței SCSI. Această interfață a fost adoptată de asemenea de producătorii ansamblurilor de discuri RAID (*Redundant Array of Inexpensive Disks*).

Fibre Channel poate constitui rețeaua care conectează unul sau mai multe servere la unulo sau mai multe sisteme de memorare. Fiecare sistem de memorare poate fi un ansamblu de discuri RAID, o colecție de benzi magnetice, o bibliotecă pe discuri CD-ROM, sau o colecție de discuri JBOD (*Just a Bunch of Disks*). Rețelele *Fibre Channel* sunt robuste și flexibile, având următoarele caracteristici:

- Posibilitatea partajării memoriilor de masă între sisteme;
- Rețea scalabilă;
- Performanțe ridicate;
- Integritate a datelor și fiabilitate ridicate;
- Accesul rapid la date.

Într-o rețea *Fibre Channel*, interfața cu sistemele SCSI este realizată cu ajutorul unei punți SCSI. Serverele și stațiile de lucru utilizează rețeaua *Fibre Channel* pentru accesul partajat la același dispozitiv sau sistem de memorare. Pentru comunicația între servere și comunicația client/server se utilizează protocolul IP.

Produsele *Fibre Channel* au definit un nou nivel al performanțelor, având o rată de transfer susținută de peste 97 MB/s pentru transferul fișierelor de dimensiuni mari, și zeci de mii de operații de I/E pe secundă pentru aplicații critice cu baze de date.

5.3. Fibre Channel pentru rețele

Calculul distribuit și procesarea paralelă au determinat o creștere a comunicațiilor între procese. În același timp, cerințele pentru memorarea datelor au crescut semnificativ. Aceste cerințe pot fi satisfăcute numai dacă datele sunt transferate și partajate cu viteză ridicată. *Fibre Channel* reprezintă soluția care asigură operații de I/E cu rate de transfer ridicate și cu întârziere redusă.

Aplicațiile *Fibre Channel* pentru rețele cuprind printre altele:

- Aplicații CAD/CAE solicitând performanțe ridicate;
- Filme de animație și proiecte de post-producție;
- Rețele cu timp de răspuns redus pentru aplicații de prelucrare a imaginilor.

Interfața *Fibre Channel* a fost dezvoltată de industria de calculatoare pentru aplicații IT. Dezvoltarea s-a concentrat pe eliminarea barierelor de performanță ale rețelelor locale mai vechi. Dintre îmbunătățirile de performanță introduse de *Fibre Channel* în domeniul rețelelor pot fi amintite următoarele:

- Livrare confirmată a datelor;
- Posibilitatea utilizării protoalelor tradiționale cu detectare automată a topologiei rețelei (ARP, RARP);
- Opțiunea de circuite reale sau circuite virtuale;

- Timp de inițializare a circuitelor de ordinul microsecundelor prin utilizarea protocolului *Fibre Channel* îmbunătățit prin hardware;
- Detectarea automată a topologiei *Fibre Channel*;
- Posibilitatea utilizării pentru aplicații video critice din punct de vedere al timpului;
- Transferuri eficiente, cu întârziere redusă, utilizând cadre de lungime variabilă (0-2 KB). Aceste transferuri sunt eficiente pentru cadre cu lungime mai mică de 100 octeți, ca și pentru transferuri masive de date utilizând cadre cu dimensiunea maximă.

Fibre Channel este o interfață și o rețea atractivă deoarece oferă o soluție bazată pe standarde. Accentul fiind pus pe sisteme deschise, se evită soluțiile specifice ale diferiților producători. Utilizatorilor li se asigură avantajele unor sisteme scalabile, eficiente din punct de vedere al costului, cu posibilitatea integrării sistemelor mai vechi.

5.4. Standarde pentru interfața *Fibre Channel*

Standardele *Fibre Channel* au fost elaborate de comitetul acreditat de standardizare X3T11 din cadrul organizației ANSI. Inițiativa elaborării acestei interfețe aparține unui grup de trei firme: *Hewlett Packard*, *IBM RISC* și *Sun Microsystems*, care au format în anul 1992 grupul FCSI (*Fibre Channel Systems Initiative*). Acest grup a definit o serie de profile pentru tehnologia *Fibre Channel*. După terminarea acestei sarcini, grupul a fost dizolvat, dezvoltările ulterioare fiind preluate de asociația FCA (*Fibre Channel Association*). Actualmente, FCA și grupul său de lucru independent, FCLC (*Fibre Channel Loop Community*), sunt organizații orientate pe activitatea de marketing pentru industrie, promovând utilizarea tehnologiei *Fibre Channel Arbitrated Loop*.

Principalele standarde pentru *Fibre Channel* elaborate de ANSI sunt următoarele:

- *Fibre Channel Physical and Signalling Interface* (FC-PH) (ANSI X3.230-1994)
- *Fibre Channel Protocol for SCSI* (FCP) (ANSI X3.269-1996)
- *Fibre Channel Physical and Signalling Interface-2* (FC-PH-2) (ANSI X3.297-1997)
- *Fibre Channel Physical and Signalling Interface-3* (FC-PH-3) (ANSI X3.303-1998)
- *Fibre Channel Arbitrated Loop* (FC-AL)
- *Fibre Channel Protocol for 802.2LE* (FC-LE)
- *Fibre Channel Protocol for HIPPI* (FC-FP)
- *Fibre Channel Protocol for SBCON*
- *Fibre Channel Systems Initiative Profiles*
- *Fibre Channel Systems Initiative Profile Structure* (FCSI-001)
- *Fibre Channel Systems Initiative Common Feature Sets* (FCSI-101)
- *Fibre Channel Systems Initiative SCSI Profile* (FCSI-201)
- *Fibre Channel Systems Initiative IP Profile* (FCSI-202)
- *Fibre Channel Systems Initiative Gigabit Link Module Specification* (FCSI-301)
- *Fibre Channel Public Loop Profile* (FC-PLP)

Adresa asociației FCA este următoarea:

The Fibre Channel Association
12407 MoPac Expressway
North 100-357
P.O. Box 9700
Austin, Texas

Grupul de lucru FCLC poate fi contactat la adresa următoare:

Fibre Channel Loop Community
P.O. Box 2161
Saratoga, California 95070
<http://www.fclloop.org>

6. Discuri DVD

6.1. Prezentare generală

Discurile DVD (*Digital Video Disc* sau *Digital Versatile Disc*) reprezintă o îmbunătățire a tehnologiei discurilor CD (*Compact Disc*), prin care se obține o densitate de înregistrare și o capacitate mai ridicată. Aceste discuri au fost introduse în Japonia și Coreea în 1996, iar în SUA și Europa în 1997.

În anul 1995 au apărut două propuneri de standarde pentru discuri optice de mare capacitate. Primul dintre acestea s-a numit *Multimedia CD*, fiind introdus și susținut de *Sony* și *Philips*, al doilea fiind numit disc *Super Density (SD)*, fiind propus de *Toshiba*, *Time Warner* și alte firme. Dorind să evite situația creată în cazul casetelor video, unde există cele două standarde VHS și Betamax, mai multe organizații, printre care *Hollywood Video Disc Advisory Group* și *Computer Industry Technical Working Group*, au insistat pentru un singur format și au refuzat ambele propuneri. Ca urmare, în septembrie 1995 s-a ajuns la o înțelegere asupra unui singur standard pentru discurile optice de mare capacitate. Noul standard, numit DVD, combină elemente ale ambelor propuneri precedente.

Una din primele aplicații ale discurilor DVD este înlocuirea casetelor video. Natura digitală a înregistrării pe acest suport și suportul propriu-zis oferă numeroase avantaje față de înregistrarea analogică și alte suporturi, de exemplu o calitate video și audio superioară, interactivitate, costuri de distribuție mai reduse, durata de viață mai ridicată.

Discurile DVD oferă o capacitate inițială de 4,4 GB de informații digitale înregistrate pe un disc cu același diametru (12 cm) cu cel al unui disc CD-ROM, cu un singur strat și o singură față. Grosimea acestor discuri este de 0,6 mm. Utilizând compresia MPEG-2, această capacitate este suficientă pentru înregistrarea a 135 minute de imagini video și de sunet, ceea ce este suficient pentru un film complet, incluzând trei canale de sunet de calitate CD și patru canale pentru subtitluri. Această capacitate nu este o coincidență, ci este rezultatul faptului că apariția discurilor DVD a fost influențată de industria de film, care a prevăzut avantajele unui suport mai ieftin și mai durabil decât banda video.

Discurile DVD pot avea două straturi, capacitatea fiind în acest caz de 8,8 GB, și două fețe, capacitatea totală ajungând astfel la aproximativ 17,6 GB. Această capacitate este de 27 de ori mai mare față de cea a unui disc CD-ROM. Prin îmbunătățirea laserelor, capacitatea va putea fi mărită de câteva ori în viitor.

Ca și în cazul discurilor CD-ROM, datele sunt înregistrate pe o spirală prin cavități microscopice, discurile fiind citite utilizând o rază laser. Capacitatea mărită este obținută prin reducerea dimensiunii cavităților și reducerea distanței între pistele spiralei, ca și prin înregistrarea datelor pe un număr de până la patru straturi, câte două pe fiecare față a discului. Pentru citirea discurilor DVD, sunt necesare lasere care produc raze cu o lungime de undă mai mică, având mecanisme de focalizare mai precise. Focalizarea mai precisă este de fapt cea

care permite înregistrarea datelor pe două straturi. Pentru citirea celui de-al doilea strat, se realizează focalizarea fascicului în adâncimea discului, unde se află acest strat.

6.2. Discuri DVD-Video

Detalii video ale discurilor DVD-Video

Un disc DVD-Video conține o pistă de informații video digitale comprimate prin metoda MPEG-2, cu o rată de biți constantă (CBR – *Constant Bit Rate*) sau variabilă (VBR – *Variable Bit Rate*). Este posibilă și utilizarea compresiei MPEG-1, de tip CBR sau VBR. Pot fi utilizate în mod expres sistemele video NTSC cu 525 linii, 29,97 cadre/s (mod întrețesut – “*interlaced*”), și PAL/SECAM (625 linii, 25 cadre/s (mod întrețesut)). Sunt tipice de asemenea imaginile cu 24 cadre/s, în mod progresiv (neîntrețesut), provenite din filme. Secvențele progresive MPEG-2 nu sunt permise, dar secvențele întrețesute pot conține imagini și macroblocuri progresive. În cazul utilizării unui calculator pentru redarea imaginilor, dacă imaginile sursă sunt întrețesute, calitatea acestora poate fi îmbunătățită prin dublarea câmpurilor și afișarea lor ca și cadre progresive la o rată dublă a cadrelor față de cea normală. Majoritatea filmelor sunt codificate în mod progresiv, iar majoritatea imaginilor video sunt codificate în mod întrețesut. Cele două tipuri de imagini pot fi mixate pe același disc.

Dimensiunile maxime ale imaginilor sunt 720×480 pixeli (29,97 cadre/s) sau 720×576 pixeli (25 cadre/s). Se alocă un număr de 12 biți/pixel. În cazul imaginilor video necomprimate, rata de biți este de 124,416 Mbiți/s ($720 \times 480 \times 12 \times 30$ sau $720 \times 576 \times 12 \times 25$), iar în cazul imaginilor provenite din filme, rata de biți este de 99,533 Mbiți/s sau 119,439 Mbiți/s ($720 \times 480 \times 12 \times 24$ sau $720 \times 576 \times 12 \times 24$). Utilizând indicatorul tradițional în televiziune (numărul de linii pe orizontală), discurile DVD-Video pot produce în mod teoretic 540 linii pe un aparat TV standard ($720/(4/3)$) și 405 linii pe un aparat TV cu ecran lat ($720/(16/9)$). În practică, majoritatea unităților DVD generează în jur de 500 linii, din cauza filtrării. Comparativ, sistemul VHS asigură 230 de linii (172 în cazul aparatelor TV cu ecran lat), iar discurile laser asigură 425 linii (318 în cazul aparatelor TV cu ecran lat).

Diferitele unități DVD utilizează un număr diferit de biți pentru convertorul digital-analogic. Unitățile actuale de calitate ridicată utilizează 10 biți. Acest număr nu se referă la procesul de decodificare MPEG, deoarece fiecare semnal original este limitat la 8 biți pe eșantion. Un număr mai mare de biți utilizați de unitate asigură mai multe nivele ale semnalelor în timpul conversiei digital-analogice, ceea ce poate asigura obținerea unor imagini de calitate mai bună.

Rata maximă a informațiilor video este de 9,8 Mbiți/s, rata medie fiind în jur de 3,5 Mbiți/s. Aceasta reprezintă o reducere de 36:1 față de rata de 124 Mbiți/s a informațiilor necomprimate (sau o reducere de 28:1 față de rata de 100 Mbiți/s a imaginilor provenite din filme). Datele de canal sunt citite de pe disc cu o rată constantă de 26,16 Mbiți/s. După demodularea 8:16, rata ajunge la 13,08 Mbiți/s. După corecția erorilor datele sunt înscrise în bufferul de pistă cu o rată constantă de 11,08 Mbiți/s. Bufferul de pistă furnizează fluxul de date cu o rată variabilă de până la 10,08 Mbiți/s. Rata maximă a fluxurilor de date elementare combinate (audio + video + subimagini) este de 10,08 Mbiți/s. Rata imaginilor MPEG-1 este limitată la 1,856 Mbiți/s, cu o rată tipică de 1,15 Mbiți/s.

Cadrelor statice pot fi afișate pentru o anumită perioadă de timp specificată sau un timp nedefinit. Acestea sunt utilizate în general pentru meniuri. Cadrelor statice pot fiacompaniate de sunet.

Un disc poate conține de asemenea până la 32 de fluxuri de subimagini pentru subtitluri, generice, texte pentru karaoke, meniuri, animații simple etc., care se suprapun peste imaginile video. Pentru aceste subimagini se utilizează codificarea “*run-length*”, ele fiind limitate la patru tipuri de pixeli. Pentru fiecare grup de subimagini, sunt selectate patru culori dintr-o paletă de 16 (din gama YUV) și patru valori pentru contrast dintr-un număr de 16

nivele, de la transparent la opac. Se pot utiliza secvențe de comenzi pentru afișarea subimaginei, realizându-se diferite efecte speciale. Rata maximă a datelor pentru subimagini este de 3,36 Mbiți/s, cu o dimensiune maximă pe cadru de 53.220 octeți.

Detalii audio ale discurilor DVD-Video

Un disc DVD-Video poate conține până la 8 piste audio. Fiecare pistă poate avea unul din următoarele trei formate:

- *Dolby Digital (AC-3)*: 1 până la 5.1 canale
- MPEG-2 audio: 1 până la 5.1 sau 7.1 canale
- PCM: 1 până la 8 canale

Sunt prevăzute alte două formate opționale: DTS (*Digital Theater Systems*) și SDDS (*Sony Dynamic Digital Sound*). Ambele necesită decodare externe și nu sunt recunoscute de toate unitățile. Canalul indicat prin “.1” (5.1, 7.1) se referă la un canal de efecte cu frecvențe joase (LFE – *Low-Frequency Effects*) care se conectează la un amplificator pentru tonuri joase (bas).

LPCM (*Linear Pulse Code Modulation*) este un format obligatoriu, reprezentând date audio digitale necomprimate. Acest format este același cu cel utilizat la discurile CD. Rata de eșantionare poate fi de 48 sau 96 kHz, cu 16, 20 sau 24 biți/eșantion. (În cazul discurilor CD audio, eșantionarea este limitată la 44,1 kHz la 16 biți.) Pot exista între 1 și 8 canale. Rata maximă este de 6,144 Mbiți/s, ceea ce limitează ratele de eșantionare și dimensiunea eșantioanelor dacă există 5 sau mai multe canale. În general, se consideră că gama dinamică de 96 dB cu eșantioane de 16 biți, sau gama de 120 dB cu eșantioane de 20 biți, combinată cu un răspuns în frecvență de până la 22.000 Hz la o rată de eșantionare de 48 kHz, este adecvată pentru reproducerea cu înaltă fidelitate a sunetului. Totuși, un număr suplimentar de biți și rate superioare de eșantionare sunt utile pentru studiouri, eliminarea zgomotelor, procesare digitală avansată și reproducerea tri-dimensională a sunetului. Unitățile DVD trebuie să permită toate variantele formatului LPCM, dar unele pot sub-eșantiona 96 kHz la 48 kHz, iar altele pot utiliza un număr mai redus de biți pe eșantion. Semnalul furnizat la ieșirea digitală pentru convertoarele digital-analogice externe poate fi limitat la mai puțin de 96 kHz și la mai puțin de 24 biți.

Dolby Digital este un format audio digital multi-canal, utilizând o tehnologie de codificare cu pierderi (AC-3) a datelor audio originale PCM, cu o rată de eșantionare de 48 kHz și până la 24 biți pe eșantion. Rata de biți este între 64 kbiți/s și 448 kbiți/s, 384 kbiți/s fiind rata normală pentru 5.1 canale, iar 192 kbiți/s fiind rata normală pentru sunet stereo (cu sau fără codificare spațială). (Majoritatea decodoarelor *Dolby Digital* permit o rată de până la 640 kbiți/s.) Canalul LFE este opțional. *Dolby Digital* este formatul utilizat pentru piste audio la majoritatea discurilor DVD.

MPEG audio este de asemenea un format audio digital multi-canal, utilizând o compresie cu pierderi a formatului original PCM, cu o rată de eșantionare de 48 kHz la 16 biți. Sunt permise ambele formate, MPEG-1 și MPEG-2. Rata de biți variabilă este între 32 kbiți/s și 912 kbiți/s, 384 kbiți/s fiind rata medie normală. În cazul formatului MPEG-1, rata este limitată la 384 kbiți/s. La varianta cu 7.1 canale există în plus canalele centru-stânga și centru-dreapta. Formatele MPEG-2 Layer-3 (MP3) și MPEG-2 AAC (*Advanced Audio Coding*) nu sunt permise de standardul DVD-Video.

DTS (*Digital Theater Systems*) este un format audio digital multi-canal opțional, utilizând o compresie cu pierderi din formatul PCM la 48 kHz, cu maxim 20 de biți pe eșantion. Rata datelor este cuprinsă între 64 kbiți/s și 1536 kbiți/s. Standardul DVD cuprinde un format rezervat pentru DTS, dar acest format este ignorat de multe unități.

SDDS (*Sony Dynamic Digital Sound*) este un format audio digital multi-canal (5.1 sau 7.1) opțional, comprimat din formatul PCM la 48 kHz. Rata datelor poate fi de până la

1280 kbiți/s. SDDS este un format utilizat pentru coloanele sonore ale filmelor, bazat pe comprimarea ATRAC.

Discurile care conțin imagini video NTSC (525/60) trebuie să utilizeze formatul PCM sau *Dolby Digital* pe cel puțin una din piste. Discurile care conțin imagini video PAL/SECAM (625/50) trebuie să utilizeze formatul PCM, MPEG audio sau *Dolby Digital* pe cel puțin una din piste. Celelalte piste pot fi în oricare format.

Pentru ieșirea stereo (analogică sau digitală), toate unitățile DVD au un decodor *Dolby Digital* cu 2 canale, care mixează cele 5.1 canale (dacă sunt prezente pe disc) în formatul *Dolby Surround* stereo (5 canale sunt mixate în 2 canale pentru a fi decodificate la 4 canale printr-un procesor extern *Dolby Pro Logic*). Unitățile PAL/SECAM au de asemenea un decodor MPEG sau MPEG-2.

Toate cele cinci formate audio permit utilizarea modului karaoke, care dispune de două canale pentru sunet stereo (L și R) și în plus un canal opțional pentru melodie (M), ca și două canale vocale opționale (V1 și V2).

Un disc DVD-5 cu o singură pistă audio de sunet spațial (*Surround*) la 192 kbiți/s poate conține peste 55 ore de sunet. Un disc DVD-18 poate conține peste 200 ore de sunet.

6.3. Discuri DVD-Audio

Standardul pentru discurile DVD-Audio a fost elaborat de grupul de lucru *Working Group 4* (WG4) al Forumului DVD, versiunea 0.9 a standardului fiind publicată în iulie 1998, iar versiunea 1.0 în octombrie 1998. Primele produse DVD-Audio au apărut doar în 1999. Deoarece specificațiile DVD-Audio conține caracteristici sau formate care nu sunt prezente în specificațiile DVD actuale, anumite discuri DVD-Audio nu vor putea fi utilizate cu unitățile DVD actuale.

Firmele *Sony* și *Philips* lucrează la o propunere pentru formatul Super Audio CD (SACD), cu rate de eșantionare de până la 100 kHz. Propunerea SACD concurează cu propunerea DVD-Audio a grupului WG4. Formatul SACD cuprinde și discuri cu două straturi, unul din straturi fiind prevăzut pentru unitățile CD actuale, iar al doilea strat cu densitate ridicată fiind prevăzut pentru unitățile DVD-Audio. *Sony* a publicat versiunea 0.9 a specificațiilor SACD în aprilie 1998.

Industria muzicală a solicitat includerea unei protecții la copiere. Aceasta utilizează o tehnologie de procesare a semnalelor pentru a aplica semnalului audio o semnătură digitală și unele chei opționale de criptare sub forma unui zgomot nedetectabil de ascultător, astfel încât noile echipamente vor recunoaște discurile copiate și vor refuza redarea lor. Audiofilii susțin că prin această metodă se degradează calitatea audio.

Formatul LPCM este obligatoriu și în acest caz, cu până la 6 canale cu rate de eșantionare de 48/96/192 kHz (și de asemenea 44,1/88,2/176,5 kHz), și cu eșantioane de 16/20/24 biți. Aceasta permite un răspuns în frecvență teoretic de până la 96 kHz și o gamă dinamică de până la 144 dB. Rata maximă a datelor este de 9,6 Mbiți/s. Alte formate audio ale discurilor DVD-Video (descrise anterior) sunt opționale pentru discurile DVD-Audio.

Grupul WG4 a decis să includă o compresie fără pierderi, și în august 1998 a aprobat compresia MLP (*Meridian Lossless Packing*) a firmei *Meridian*, licențiată deja de către firma *Dolby*. Compresia MLP permite înregistrarea pe un singur strat a 74 până la 135 de minute de sunet cu 6 canale, cu rata de eșantionare de 96 kHz și eșantioane de 24 biți (comparativ cu 45 de minute fără compresie). În cazul sunetului cu 2 canale, timpul este între 120 și 140 de minute la 192 kHz/24 biți (comparativ cu 67 minute fără compresie).

6.4. Discuri DVD inscriptibile

Există trei tipuri de discuri DVD inscriptibile: DVD-R (*DVD Recordable*), DVD-RW (*DVD Read/Write*) și DVD-RAM (*DVD Random Access Memory*). Discurile DVD-R pot fi înregistrate o singură dată, în timp ce discurile DVD-RW și DVD-RAM pot fi înscrise de sute de mii de ori. Versiunile finale ale specificațiilor DVD-R și DVD-RAM au fost publicate în august 1997, iar specificațiile DVD-RW au fost finalizate la sfârșitul anului 1998. Aceste suporturi inscriptibile nu sunt însă utilizabile în momentul de față pentru înregistrarea filmelor de către utilizatorii casnici. Pentru crearea unor discuri DVD-Video sunt necesare echipamente și programe suplimentare, care realizează codificarea video (MPEG), codificarea audio (*Dolby Digital*, MPEG sau PCM), codificarea subimaginilor (imagini bitmap comprimate), codificarea cadrelor statice (MPEG), generarea datelor de control și multiplexarea. Deoarece aceste operații nu se pot efectua încă în timp real, este necesar de asemenea un disc fix cu o capacitate de 5-9 GB pentru pregătirea imaginii discului.

DVD-R

Discurile DVD-R utilizează o tehnologie bazată pe vopsele organice ca și discurile CD-R, și sunt compatibile cu aproape toate unitățile DVD. Capacitatea inițială a unui asemenea disc a fost de 3,68 GB, dar aceasta a fost extinsă recent la 4,38 GB. Primele unități DVD-R au fost cele ale firmei *Pioneer*, apărute în octombrie 1997. Discurile neinscripționate sunt fabricate de firmele *Hitachi Maxell*, *Mitsubishi*, *Mitsui*, *Pioneer* și *TDK*.

DVD-RW

Discurile DVD-RW (numite și DVD-R/W sau DVD-ER) utilizează o tehnologie dezvoltată de firma *Pioneer* bazată pe cea a discurilor CD-R, utilizând aceeași distanță între piste și același control al rotației. Aceste discuri pot fi citite cu majoritatea unităților DVD. (Din cauza reflectivității mai reduse a suportului DVD-RW, anumite unități confundă aceste discuri cu cele cu dublu strat.) Capacitatea inițială este de 4,38 GB.

DVD-RAM

Discurile DVD-RAM, cu o capacitate inițială de 2,4 GB, nu sunt compatibile cu unitățile DVD actuale (din cauza diferențelor de reflectivitate, a modului de tratare a defectelor și a unor diferențe minore de format). Se utilizează o canelură spiralată pentru sincronizarea datelor, cu marcaje înscrise atât în interiorul canelurii, cât și în spațiul dintre caneluri. Canelurile și antetele sectoarelor sunt gravate pe disc în timpul fabricației. Discurile DVD-RAM neînregistrate sunt fabricate de firmele *Hitachi Maxell*, *Mitsubishi*, *Mitsui* și *TDK*.

Discurile viitoare vor utiliza un strat de îmbunătățire a contrastului pentru a obține densități mai ridicate. *Hitachi* a anunțat obținerea unui disc cu capacitatea de 4,38 GB prin reducerea dimensiunii marcajelor de la 0,41/0,43 μm la 0,28/0,30 μm și a distanței între piste de la 0,74 μm la 0,59 μm.

Unitățile DVD-RAM au apărut în iunie 1998. Prima unitate DVD-ROM care poate citi discurile DVD-RAM a fost realizată de *Panasonic* la sfârșitul anului 1998.

+RW

Aceste discuri, numite *Phase-Change Rewritable*, care au fost numite inițial DVD+RW, reprezintă un format elaborat de *Philips*, *Sony*, *Hewlett-Packard* și alte firme, care utilizează o tehnologie cu schimbare de fază, similară cu cea utilizată la discurile CD-RW. Unitățile +RW pot citi discurile DVD-ROM și CD, dar nu sunt compatibile cu discurile DVD-RAM. Modificări minore ale unităților DVD-ROM vor permite acestora citirea discurilor +RW. Discurile +RW au o capacitate de 2,8 GB pe o față și utilizează metoda CLV (*Constant Linear Velocity*) pentru accesul secvențial și metoda CAV (*Constant Angular Velocity*) pentru accesul aleator.

6.5. Standarde pentru discurile DVD

Există standarde pentru discurile DVD elaborate atât de organizația ISO, cât și de ECMA (*European Computer Manufacturers Association*). Standardele aprobate până în prezent sunt următoarele:

ISO/IEC 16448-1999: 120 mm DVD Read-Only Disk

ISO/IEC 16449-1999: 80 mm DVD Read-Only Disk

ISO/IEC 16824-1999: 120 mm DVD Rewritable Disk (DVD-RAM)

ISO/IEC DTR 18002: DVD Read-Only Disk – File System Specifications

ECMA-267: 120 mm DVD Read-Only Disk (December 1997)

ECMA-268: 80 mm DVD Read-Only Disk (December 1997)

ECMA-272: 120 mm DVD Rewritable Disk (DVD-RAM) (June 1999)

ECMA-279: 80 mm (1,23 Gbytes per side) and 120 mm (3,95 Gbytes per side) DVD-Recordable Disk (DVD-R) (December 1998)

Adresele www ale organizațiilor ISO și ECMA sunt următoarele:

<http://www.iso.ch>

<http://www.ecma.ch>