

Discuri DVD

ZOLTAN BARUCH

DVD reprezintă generația viitoare a discurilor optice. Primele tipuri de discuri DVD apărute au fost discurile DVD-Video, urmate de DVD-ROM. Pe lângă acestea, au apărut sau sunt în curs de apariție formatele DVD-Audio, DVD-R, DVD-RW, DVD-RAM și +RW.

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 acest articol se prezintă avantajele utilizării discurilor DVD-Video pentru înregistrarea și distribuția filmelor, metodele de protecție la copiere a acestor discuri, unele detalii tehnice ale discurilor DVD-Video și DVD-Audio, capacitățile diferitelor tipuri de discuri DVD, structura unei unități DVD, utilizarea discurilor DVD la calculatoarele personale și diferite tipuri de discuri DVD inscriptibile.

Prezentare generală

DVD este un nou standard care permite creșterea semnificativă a capacității de înregistrare a discurilor optice, lărgind aria de aplicație a acestora. Discurile CD-ROM actuale au o capacitate limitată, de 650 MB, care nu este suficientă pentru multe aplicații actuale și pentru cele viitoare.

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, durată 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.

Tabelul 1 prezintă deosebirile între discurile CD și DVD.

Tabelul 1. Comparație între caracteristicile discurilor CD și DVD.

| Caracteristică | CD | DVD |
|-------------------------------|----------|------------|
| Diametru | 120 mm | 120 mm |
| Grosime | 1,2 mm | 0,6 mm |
| Distanță între piste | 1,6 μm | 0,74 μm |
| Lungime minimă a cavităților | 0,834 μm | 0,40 μm |
| Lungime de undă a razei laser | 780 nm | 640 nm |
| Capacitate (pe strat) | 0,64 GB | 4,4 GB |
| Număr de straturi | 1 | 1; 2; 3; 4 |

Utilizarea discurilor DVD-Video

Deși pe discurile DVD se pot înregistra date digitale de diferite tipuri, prima aplicație a acestui suport pare a fi distribuția filmelor pentru vânzare și închiriere. Ca suport pentru filme, discurile DVD-Video au avantaje importante față de casetele VHS și discurile Video CD, principalul avantaj fiind calitatea video și audio.

În continuare se prezintă mai pe larg principalele avantaje ale utilizării discurilor DVD-Video pentru înregistrarea filmelor.

Format video pentru ecran lat

Atunci când a fost dezvoltată televiziunea, în anii '30, filmele erau proiectate pe ecrane cu un raport de formă de 4:3. Ecranele aparatelor TV erau dimensionate pentru acest raport de formă, care a rămas practic neschimbat până azi, cu excepția aparatelor cu ecran lat apărute în ultimii ani. Pe parcursul timpului, filmele au evoluat, raportul de formă al acestora devenind 16:9 sau 20:9. Aparatele TV obișnuite nu sunt adecvate pentru aceste rapoarte. Figura 1 ilustrează cele trei rapoarte de formă.

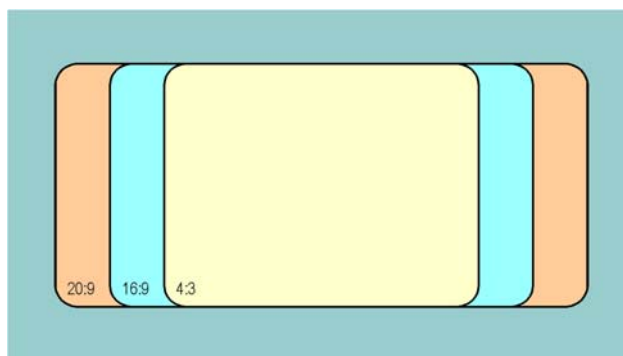


Figura 1. Rapoarte de formă.

Atunci când un film este transferat în format video, distribuitorii au două opțiuni: tăierea marginilor laterale ale imaginii sau micșorarea imaginii până când aceasta va fi vizibilă în totalitate pe ecran. În cele mai multe cazuri, se utilizează prima soluție, astfel că o parte a imaginii nu este vizibilă. De aici explicația care apare la începutul multor filme VHS: "This movie has been formatted to fit your TV". Dacă se utilizează a doua soluție (format

“letterbox”), în partea de sus și cea de jos a ecranului apar benzi negre, o parte a rezoluției verticale a ecranului fiind pierdută.

Discurile DVD-Video sunt proiectate astfel încât să permită înregistrarea filmelor cu raportul de formă 16:9, care pot fi vizualizate cu aparatele TV cu definiție îmbunătățită EDTV (*Enhanced Definition TV*), având ecrane cu acest raport de formă. Aceste aparate sunt disponibile mai ales în Japonia și Europa, unde sunt disponibile programe difuzate în acest format, aparatele EDTV fiind în prezent mai puțin utilizate în SUA. În cazul în care nu se dispune de un aparat TV cu raportul de formă 16:9, este posibilă alegerea uneia din cele două opțiuni: tăierea marginilor laterale ale imaginii sau micșorarea acesteia pentru a fi vizibilă în întregime pe ecran.

Interactivitate

Unitățile DVD-Video (și programele de redare a filmelor) dispun de un set de comenzi care asigură o anumită interactivitate. Pentru aceasta se utilizează meniuri, care permit selecția conținutului și diferite controale. Fiecare meniu poate conține până la 36 de butoane, care pot fi selectate cu ajutorul unei telecomenzi. Funcțiile interactive se referă la controlul vitezei de redare, trecerea la pista următoare sau la cea precedentă, selectarea pistei audio, a subtitrului sau a camerei, căutarea unui titlu sau a unei melodii. Oricare din aceste facilități pot fi dezactivate de producătorul discului.

Față de benzile magnetice, unde căutarea unei anumite secvențe este mai dificilă, în cazul discurilor DVD-Video redarea filmului din orice punct este simplă. Este posibilă suspendarea redării, redarea cu o viteză lentă sau rapidă, cu o imagine de calitate mai ridicată decât în cazul benzilor. Aceste facilități de acces aleator permit realizarea diferitelor aplicații, de exemplu alternative multiple pentru terminarea unui film, jocuri video interactive, înregistrarea cu camere din unghiuri diferite.

Considerând ultimul exemplu, ca urmare a capacității ridicate a discurilor DVD, este posibilă înregistrarea unui eveniment sportiv cu camere amplasate în unghiuri diferite. Spectatorul poate alege camera dorită, comutând cu ușurință între acestea pe parcursul vizualizării, similar cu comutarea realizată de un regizor de programe TV.

Conținutul unui disc DVD-Video este împărțit în “titluri” (filme sau albume), și “părți de titluri” (capitole sau melodii). Titlurile sunt formate din “celule” legate prin unul sau mai multe “lanțuri de program” (PGC – *Program Chain*). Un lanț de program poate defini redarea secvențială sau redarea în ordine aleatoare. Celulele individuale pot fi utilizate de mai multe lanțuri de program, astfel încât diferite lanțuri pot defini diferite secvențe de redare ale aceluiași material de pe disc.

Subtitluri și limbi multiple

Pe discurile DVD-Video se pot înregistra mai multe piste de sunet (fiecare cu canale multiple), fiind posibilă înregistrarea sunetului într-un număr de până la opt limbi diferite. În plus, formatul DVD-Video permite 32 de piste pentru subtitluri, care se pot utiliza pentru subtitrarea în diferite limbi sau pentru orice comentarii (de exemplu, comentariile unui regizor).

Calitate video ridicată

Până la apariția discurilor DVD, de obicei imaginile video au fost înregistrate și transmise sub formă analogică. Deși transmițătoarele și receptoarele video analogice se pot realiza cu costuri reduse, stocarea imaginilor video este costisitoare. În plus, calculatoarele digitale nu pot prelucra direct semnalele analogice, astfel încât informațiile analogice nu pot fi sortate și editate cu ușurință. Apariția discurilor DVD ca medii de stocare a imaginilor video sub formă digitală a avut ca efect reducerea costurilor de stocare și distribuție a imaginilor video. Atunci când difuzarea imaginilor video se realizează prin intermediul televiziunii, este

posibil ca întregul lanț de preluare a imaginilor, de transmisie și redare a acestora să se realizeze în mod digital. Efectul este creșterea semnificativă a calității imaginilor.

Calitate audio ridicată

Standardul de calitate audio este reprezentat de sunetul digital pe șase canale. Există un canal central pentru dialog, două canale din față (stânga și dreapta) pentru muzică, două canale din spate pentru efecte și un canal pentru bas. Pentru aplicațiile domestice, se utilizează sunetul *Dolby ProLogic* spațial (*Surround Sound*), care permite codificarea a patru canale de sunet: un canal central, două canale din față și un canal din spate. Deși sunetul *Dolby ProLogic* este mai bogat decât sunetul stereo, are dezavantajul că sunetul pare a nu provine dintr-un singur punct al scenei, și că sursa de sunet pare să se deplaseze pe scenă atunci când nu ar trebui.

Standardul DVD rezolvă aceste probleme prin includerea fie a sunetului *Dolby AC-3* spațial (*Surround Sound*), fie a sunetului comprimat MPEG-2. Sunetul AC-3 permite șase canale, iar sunetul MPEG-2 permite până la opt canale, fiecare canal fiind complet separat de celelalte canale. Ambele tipuri de sunete sunt de înaltă calitate.

Pentru a se menține compatibilitatea cu aparatele existente, unitățile DVD conțin un codificator *Dolby ProLogic Surround Sound* pentru a transla pistele AC-3 sau MPEG-2 într-un format care poate fi redat cu ajutorul unui amplificator stereo standard sau a unui sistem obișnuit cu sunet spațial.

Discurile DVD-Video și studiourile de film

Marea majoritate a filmelor comerciale este controlată de un grup de studiouri de film, cunoscut sub numele colectiv *Hollywood*. Sprijinul acestor studiouri pentru un nou format de distribuție a filmelor reprezintă o necesitate, studiourile din *Hollywood* fiind profund implicate în crearea standardului DVD-Video.

Introducerea discurilor DVD-Video are numeroase implicații pentru studiourile de film. De exemplu, aceste discuri oferă noi posibilități de taxare a utilizatorilor pentru filmele pe care le vizionează. De asemenea, există posibilități de protecție la copiere și de control al distribuției.

Natura digitală a discurilor DVD-Video oferă posibilități pentru obținerea unor venituri pentru studiourile de film pe care formatul analogic nu le permite. Problema casetelor VHS și a discurilor laser este că nu este posibil să se controleze distribuția filmelor și vizionarea acestora, în timp ce datele de pe discurile DVD-Video pot fi criptate, permițând controlul vizualizării.

De exemplu, un utilizator poate achiziționa un disc DVD-Video la un preț nominal, relativ redus. Unitatea DVD-Video este echipată cu un modem cu care se poate conecta la linia telefonică. Atunci când utilizatorul vizionează filmul, unitatea DVD-Video apelează distribuitorul, utilizatorul fiind taxat printr-o cartelă de credit pentru această vizionare.

Coduri regionale

Studiourile de film doresc să controleze difuzarea filmelor pentru spectatorii casnici în diferite țări, deoarece lansarea filmelor în sălile de spectacol nu este simultană în diferitele zone (un film poate fi difuzat pe casetă video în SUA în timp ce filmul rulează pe ecranele din Europa). De aceea, studiourile au cerut ca standardul DVD-Video să includă coduri care pot fi utilizate pentru a se preveni redarea filmelor de pe discuri în anumite regiuni geografice. Fiecare unitate DVD-Video primește un cod în funcție de regiunea în care este comercializată. Unitatea va refuza redarea filmelor de pe discurile a căror utilizare nu este autorizată în regiunea respectivă. Din acest motiv, este posibil ca discurile cumpărate într-o anumită țară să nu poată fi utilizate într-o altă țară.

Utilizarea codurilor regionale este opțională pentru fabricanții discurilor. Discurile fără cod regional (cu codul regional setat la 0) pot fi utilizate cu orice unitate DVD-Video din orice țară. Codurile regionale înscrise pe un anumit disc sunt permanente, deci ele nu se modifică după o anumită perioadă de timp.

Există 6 regiuni. Acestea sunt următoarele:

1. Canada, SUA, teritoriile SUA
2. Japonia, Europa, Africa de Sud, Orientul Mijlociu (inclusiv Egipt)
3. Asia de Sud-est, Asia de Est (inclusiv Hong Kong)
4. Australia, Noua Zeelandă, Insulele din Oceanul Pacific, Mexic, America Centrală, America de Sud
5. Statele din fosta Uniune Sovietică, India, Coreea de Nord, Mongolia, Africa
6. China

Anumite unități pot fi modificate pentru a permite utilizarea discurilor indiferent de codurile lor regionale. Unele discuri, cum sunt cele editate de *Buena Vista/ Touchstone/ Miramax*, *MGM/Universal* și *Polygram* conțin un cod de program care testează codul regiunii. Aceste discuri nu pot fi utilizate cu unitățile care au codul regional setat la 0, dar pot fi redatate cu unitățile care permit schimbarea regiunii utilizând telecomanda unității.

Există coduri regionale și la unitățile DVD-ROM, dar ele se utilizează numai cu discurile DVD-Video, și nu cu discurile DVD-ROM care conțin programe. Unitățile DVD-ROM mai noi permit schimbarea codului regiunii de un anumit număr de ori (de obicei între 5 și 9). După atingerea acestei limite codul poate fi schimbat numai după resetarea unității de către producător.

Protecția la copiere

Deoarece calitatea video oferită de discurile DVD-Video este foarte ridicată, există riscul copierii ilegale a conținutului discurilor pe o bandă video sau pe un alt disc. Prin înregistrarea criptată a filmului pe disc și echiparea unităților DVD cu un circuit de decriptare, se poate preveni copierea digitală. În plus, unitățile DVD pot fi prevăzute cu o facilitate de protecție la copiere, astfel încât în cazul copierii filmului pe o bandă video va rezulta o severă degradare a calității.

Există patru forme de protecție la copiere utilizate la discurile DVD-Video. Acestea sunt descrise în continuare.

1) Sistem analogic

Copierea pe bandă video (analogică) este prevenită cu un circuit *Macrovision 7.0* sau un circuit similar. Acest tip de protecție se numește sistem de protecție analogică (APS – *Analog Protection System*). Plăcile video care generează la ieșire un semnal video complex sau semnale s-video trebuie să utilizeze de asemenea sistemul APS. Circuitul *Macrovision* adaugă la semnalul de ieșire un semnal de culoare cu modulație rapidă (componenta “*Colorstripe*”) și impulsuri la semnalul de stingere pe verticală (componenta “*AGC*” – *Automatic Gain Control*). Ca urmare, la majoritatea aparatelor video circuitele de sincronizare și de control automat al nivelului de înregistrare nu vor funcționa corect. Această metodă reduce însă calitatea imaginii, mai ales în cazul echipamentelor mai vechi sau nestandard. Efectele pot fi: dungi colorate, distorsiuni, imagine alb-negru, și alternanțe de imagini luminoase și întunecate. În antetul fiecărui sector, discurile conțin biți care validează sau invalidează protecția la copiere și permit un anumit control al gradului de protecție.

2) Sistem de gestiune a generării copiilor

În cazul acestui sistem, numit CGMS (*Copy Generation Management System*), fiecare disc conține și informații care specifică dacă discul poate fi copiat. Aceste informații vor fi incluse în semnalul video de ieșire. Pentru ca sistemul să funcționeze, echipamentul de copiere trebuie să recunoască și să respecte standardul CGMS. Standardul analogic

(CGMS/A) codifică datele pe linia 21 NTSC. Standardul digital (CGMS/D) nu este încă finalizat, dar se va aplica pentru conexiunile digitale ca de exemplu IEEE 1394/Firewire.

3) Sistem de mixare a conținutului

Deoarece există posibilitatea realizării unor copii digitale perfecte de pe discurile DVD-Video, studiourile de film au determinat introducerea în standardul DVD-Video a unor cerințe mai severe privind protecția la copiere. Sistemul de mixare a conținutului, numit CSS (*Content Scrambling System*), este o formă de criptare a datelor înregistrate pe disc. Unitățile DVD au un circuit de decriptare care decodifică datele înaintea afișării lor. Ieșirea digitală a acestor unități nu conține decât date criptate. În cazul în care pentru vizionarea filmelor se utilizează o unitate DVD-ROM conectată la un calculator, între unitatea DVD-ROM și placa video sau programul de vizualizare se transmit coduri de criptare, astfel încât informațiile video sunt decriptate imediat înainte de afișare. Aceasta înseamnă că multe unități DVD-ROM și plăci video conțin un hardware suplimentar (și au un cost mai ridicat) în vederea protecției la copiere a filmelor. Unitățile DVD-ROM fabricate în 1999 dispun de un sistem CSS și de un sistem de gestiune a codurilor regionale. Fabricanții de echipamente utilizate pentru vizualizarea filmelor de pe discurile DVD-Video (unități, circuite, plăci video) trebuie să dispună de o licență pentru sistemul CSS, licență care se acordă gratuit.

4) Sistem digital

Pentru a permite conexiuni digitale între componente, dar fără posibilitatea realizării unor copii digitale perfecte, au fost propuse mai multe sisteme digitale de protecție la copiere. Cel mai important sistem este DTCP (*Digital Transmission Content Protection*), care este destinat interfeței IEEE 1394/FireWire, dar se poate aplica și altor protocoale. Propunerea (numită 5C, de la cele cinci firme autoare) a fost realizată de *Intel, Sony, Hitachi, Matsushita* și *Toshiba*, în februarie 1998. În cazul sistemului DTCP, între dispozitivele care sunt conectate digital, ca de exemplu o unitate DVD și un aparat TV digital sau un înregistrator video digital, se transmit chei de autentificare pentru a se stabili un canal de transmisie sigur. Unitatea DVD criptează semnalul audio/video pe măsură ce îl transmite la dispozitivul receptor, care trebuie să îl decripteze. Astfel se previne ca alte dispozitive conectate dar neautentificate să recepționeze semnalul. Nu este necesară criptarea conținutului care nu este protejat la copiere. Sistemul de securitate poate fi reînnoit de conținutul noilor discuri și de noile dispozitive care conțin chei actualizate și liste de revocare (pentru a identifica dispozitivele neautorizate sau pe cele compromise).

Un alt sistem, numit XCA (*Extended Conditional Access*), propus de *Zenith* și *Thomson*, este similar cu sistemul DTCP, dar poate fi utilizat cu interfețele digitale unidirecționale (ca de exemplu standardul EIA-762 RF) și utilizează cartele inteligente pentru reînnoirea sistemului de securitate. Alte trei propuneri au fost realizate de *MRJ Technology, NDS*, respectiv *Philips*. La toate cele cinci sisteme, conținutul discurilor este marcat cu indicatoare de tipul “copiere liberă”, “copiere o singură dată”, “fără copiere”, și uneori “fără alte copii”. Dispozitivele digitale care nu execută decât redarea audio și video pot recepționa toate datele (dacă ele se pot recunoaște ca fiind dispozitive doar pentru redare). Dispozitivele digitale de înregistrare pot recepționa doar datele care pot fi copiate, și ele trebuie să modifice indicatorul la “fără copiere” sau “fără alte copii” dacă sursa este marcată cu indicatorul “copiere o singură dată”.

Sistemul digital de protecție la copiere este destinat generației următoare de aparate TV digitale, receptoare digitale pentru satelit și înregistratoare video digitale. Acestea necesită noi unități DVD cu conectori pentru semnale digitale. Deoarece criptarea este realizată de unitate, nu trebuie efectuate modificări ale formatului existent al discurilor.

Nici unul din sistemele de protecție descrise nu este infailibil. Există dispozitive cu costuri reduse care se pot utiliza împotriva protecției la copiere analogice. Firma *Macrovision* susține însă că nu există (deocamdată) dispozitive eficiente împotriva protecției la copiere realizată cu metoda “*Colorstripe*”.

Dimensiunile și capacitățile discurilor DVD

Există un număr mare de variante ale discurilor DVD. Diametrul discurilor poate fi de 12 cm sau 8 cm, ca și în cazul discurilor CD. Un disc DVD poate fi cu o singură față sau cu două fețe. Fiecare față poate conține unul sau două straturi. Capacitatea discului depinde de numărul total de straturi utilizate.

Pentru discurile DVD-Video, cantitatea informațiilor video care se pot înregistra pe un disc depinde de numărul pistelor audio care însoțesc imaginile și de gradul de compresie a datelor video și audio. De exemplu, un disc DVD-Video cu un singur strat și cu o singură pistă audio poate conține peste 160 de minute (video și audio), iar în cazul compresiei la calitatea VHS, un strat poate conține peste 9 ore de imagini și sunet.

La o rată medie de 4,7 Mbiți/s (3,5 Mbiți/s pentru video și 1,2 Mbiți/s pentru trei piste audio cu câte 5.1 canale), un disc DVD cu un singur strat poate conține în jur de 135 minute. Un disc cu două straturi poate conține un film de două ore redat la o rată de 9,5 Mbiți/s (apropiată de limita maximă de 10,08 Mbiți/s).

Diferitele variante ale discurilor DVD sunt prezentate în Tabelul 2. În acest tabel, SF/DF indică un disc cu simplă față/dublă față, SS/DS indică simplu strat/dublu strat, iar MS înseamnă simplu strat pe o față și dublu strat pe cealaltă față. Unitatea de măsură a capacității este cea binară (1 GB = 2³⁰ octeți).

Tabelul 2. Caracteristicile diferitelor tipuri de discuri DVD.

| Tipul discului | Diametru | Nr. fețe/Nr. straturi | Capacitate | Timp înregistrare (video) |
|----------------|----------|-----------------------|------------|---------------------------|
| DVD-1 | 8 cm | SF/SS | 1,36 GB | aproximativ 0,5 ore |
| DVD-2 | 8 cm | SF/DS | 2,48 GB | aproximativ 1,3 ore |
| DVD-3 | 8 cm | DF/SS | 2,72 GB | aproximativ 1,4 ore |
| DVD-4 | 8 cm | DF/DS | 4,95 GB | aproximativ 2,5 ore |
| DVD-5 | 12 cm | SF/SS | 4,38 GB | peste 2 ore |
| DVD-9 | 12 cm | SF/DS | 7,95 GB | aproximativ 4 ore |
| DVD-10 | 12 cm | DF/SS | 8,75 GB | aproximativ 4,5 ore |
| DVD-14 | 12 cm | DF/MS | 12,33 GB | aproximativ 6,5 ore |
| DVD-18 | 12 cm | DF/DS | 15,90 GB | peste 8 ore |
| DVD-R | 8 cm | SF/SS | 1,15 GB | - |
| DVD-R | 8 cm | DF/SS | 2,29 GB | - |
| DVD-R | 12 cm | SF/SS | 3,68 GB | - |
| DVD-R | 12 cm | DF/SS | 7,38 GB | - |
| DVD-RAM | 12 cm | SF/SS | 2,40 GB | - |
| DVD-RAM | 12 cm | DF/SS | 4,80 GB | - |

Capacitatea unui disc cu două straturi nu ajunge la dublul capacității unui disc cu un singur strat. Fasciculul laser trebuie să traverseze stratul exterior pentru a citi de pe stratul interior (o distanță cuprinsă între 20 μm și 70 μm). Pentru a se reduce interferențele dintre cele două straturi, lungimea minimă a cavităților de pe ambele straturi este mărită de la 0,4 μm la 0,44 μm. În plus, viteza liniară a fasciculului este puțin mai mare, de 3,84 m/s față de 3,49 m/s la discurile cu un singur strat. Cavitățile de lungime mai mare, aflate la distanțe mai mari permit o citire mai ușoară, dar astfel se reduce capacitatea pe strat.

Detalii tehnice ale discurilor DVD

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.

Cadrele statice pot fi afișate pentru o anumită perioadă de timp specificată sau un timp nedefinit. Acestea sunt utilizate în general pentru meniuri. Cadrele statice pot fi acompaniate 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 subimaginilor, 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 tridimensională 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.

Detalii audio ale discurilor 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).

Unitatea DVD

Schema-bloc a unei unități DVD este prezentată în Figura 2.

Componentele principale ale unei unități DVD sunt următoarele:

- *Mecanismul de citire al discului*: Constă din motorul care rotește discul și fasciculul laser care citește informațiile de pe disc. Pentru citire se utilizează un fascicul laser cu lumină roșie, spre deosebire de fasciculul în infraroșu al unităților CD.
- *Procesorul de semnal DVD-DSP*: Este un circuit care translatează impulsurile laser în semnale electrice.
- *Decodorul digital audio/video*: Acest circuit complex decodifică datele comprimate de pe disc, care sunt convertite în semnale video cu calitate de studio și semnale audio cu calitate CD, acestea fiind transmise la aparatul TV și la sistemul stereo.
- *Microcontrolerul*: Acest dispozitiv controlează funcționarea unității, translatând comenzile utilizatorului de la telecomandă sau panoul frontal în comenzi pentru decodorul audio/video și mecanismul de citire al discului. Microcontrolerul

realizează de asemenea apelul distribuitorului pentru coduri de acces și controlul decriptării.

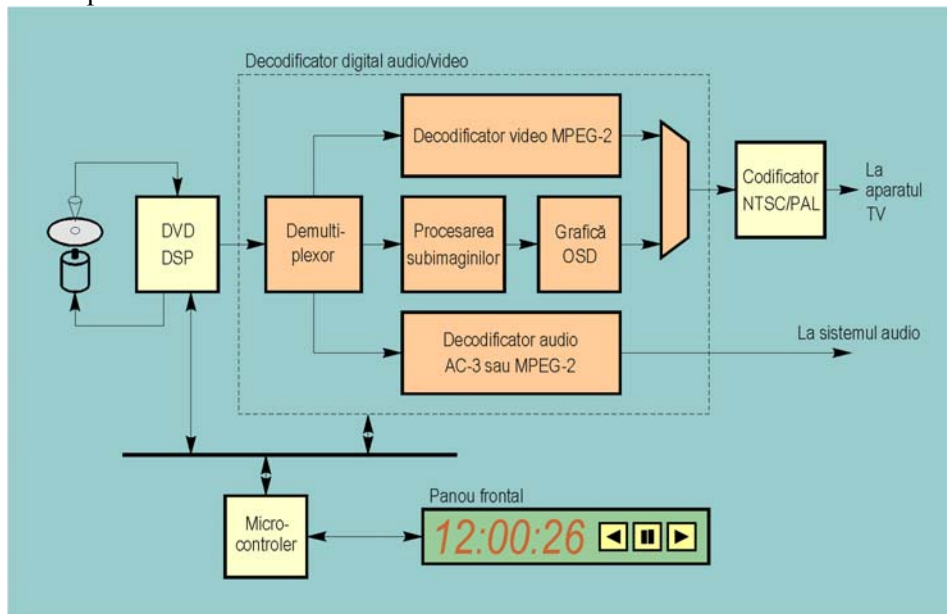


Figura 2. Schema-bloc a unei unități DVD.

Decodorul audio/video este componenta cea mai complexă a unității DVD, având următoarele trei funcții principale:

- Separarea și sincronizarea datelor audio și video;
- Decodificarea datelor video și formatarea acestora pentru afișarea pe un aparat TV;
- Decodificarea datelor audio și formatarea acestora pentru amplificarea de către un sistem audio.

În plus față de aceste funcții de bază, decodorul audio/video trebuie să realizeze afișarea pe ecran a imaginilor grafice (OSD - *On-Screen Display*), codificarea sunetului cu șase canale în formatul *Dolby ProLogic*, implementarea unor formate cum este Video CD și CD audio, ca și alte funcții.

În cursul fabricației unui disc DVD-Video, sunt formate datele audio și video, acestea fiind reunite într-un singur fișier de date. În plus, sistemul de fabricație gestionează piste pentru limbi multiple, formatează textele pentru subtitrare și le asociază cu anumite secvențe video, criptează datele audio și video dacă este necesar. De asemenea, acest sistem poate codifica anumite secvențe ale filmului în vederea cenzurării.

Pentru redarea cenzurată a filmului, unitatea DVD trebuie să efectueze saltul peste secvențele respective. Deși acest lucru pare simplu, în practică saltul peste anumite secvențe fără a rezulta pauze în redarea audio sau video este foarte dificilă. Unitatea trebuie să dispună de o memorie tampon suficient de mare pentru ca redarea să continue în timpul în care mecanismul de citire se deplasează în vederea saltului peste scenele cenzurate.

Utilizarea discurilor DVD la calculatoarele personale

Capacitatea unui disc CD-ROM nu mai este suficientă pentru unele din pachetele de programe, enciclopediile și jocurile cu conținut multimedia. De aceea, producătorii au început să echipeze calculatoarele PC cu unități DVD-ROM. Dacă o asemenea unitate este echipată cu un decodor video DVD, calitatea audio și video ridicată asigurată de discurile DVD poate fi utilizată pentru diferite aplicații promoționale, instruire și jocuri.

Din motive legate de protecția la copiere, studiourile de film sunt îngrijorate de posibilitatea redării cu ajutorul calculatoarelor personale a filmelor stocate pe discurile

DVD-Video. Dacă decriptarea conținutului discurilor se realizează cu unitatea centrală a calculatorului, datele decriptate pot fi stocate pe un disc fix de capacitate ridicată, de unde ele pot fi copiate pe alte suporturi.

Pentru prevenirea copierii, au fost propuse mai multe tehnici:

- Eliminarea funcției “Save As” din aplicațiile de tip “Movie Player”. Această metodă se poate implementa simplu, dar contracararea ei nu este prea dificilă.
- Modificarea sistemului de operare sau a BIOS-ului calculatorului astfel încât acesta să recunoască datele DVD și să prevină copierea prin orice aplicație rulată pe calculator. Toate studiourile au aprobat această metodă, dar modificarea sistemelor de operare nu este simplă.
- Modificarea arhitecturii calculatorului astfel încât datele DVD să nu fie transferate pe magistrala sistemului (PCI), prin aceasta prevenindu-se decriptarea datelor de către UCP și înregistrarea lor pe un disc fix sau pe o bandă. Figura 3 prezintă schema-bloc a unui asemenea calculator, indicând relația între diferitele subsisteme. Pe lângă îngreunarea copierii, acest sistem este cel mai eficient, evitând supraîncărcarea magistralei principale a sistemului cu datele audio și video, atât cu cele comprimate cât și cu cele necomprimate.

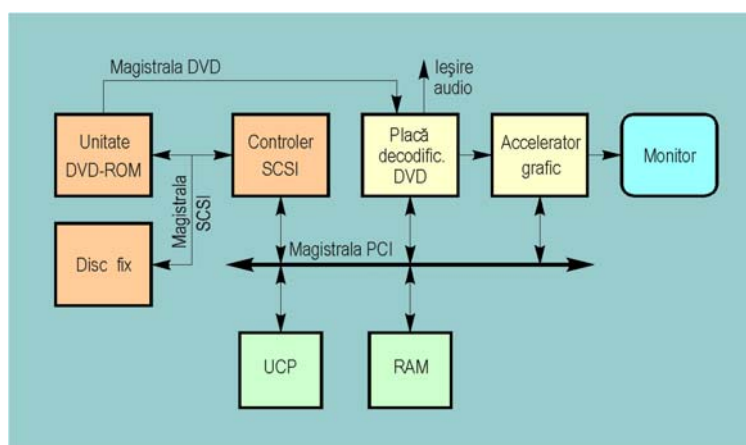


Figura 3. Arhitectura unui calculator personal cu o unitate DVD-ROM.

Majoritatea unităților DVD-ROM au un timp de căutare de 100-200 ms, un timp de acces de 150-200 ms, și o rată de transfer de 1,3 MB/s, cu o rată la vârf de 12 MB/s sau mai mare. Rata de transfer de 1,3 MB/s a unității DVD-ROM este echivalentă aproximativ cu o unitate CD-ROM cu o viteză de 9×. Aceste unități pot citi discurile CD-ROM, ca și discurile CD audio. Viteza de rotație a discurilor DVD este de aproximativ 3 ori mai mare decât cea a discurilor CD, dar majoritatea unităților DVD-ROM măresc viteza la citirea discurilor CD-ROM, obținând o viteză de 12× sau mai mare. Unitățile DVD-ROM 2× au o rată de transfer de 22,2 Mbiți/s sau 2,6 MB/s, echivalentă cu rata unei unități CD-ROM 18×. Există și unități DVD-ROM 5×, dar acestea nu ajung de obicei la o rată de transfer reală de 5× (55,4 Mbiți/s sau 6,4 MB/s, echivalentă cu cea a unei unități CD-ROM 45×). Majoritatea unităților DVD-ROM 2× citesc discurile CD-ROM la o viteză de 20×, iar cele 5× citesc discurile CD-ROM la o viteză de 32×.

Interfețele unităților DVD-ROM sunt similare cu cele ale unităților CD-ROM: EIDE (ATAPI) sau SCSI-2. Unitățile DVD-ROM au conexiuni audio pentru a se putea utiliza discurile CD audio. Unitățile DVD-ROM actuale nu dispun însă de ieșiri DVD audio sau video (ceea ce ar necesita un hardware intern pentru decodificare).

Unitățile DVD-ROM utilizează un sistem de fișiere mixt MicroUDF/ISO 9660. Sistemul de fișiere UDF (*Universal Disk Format*) al asociației *OSTA* (*Optical Storage Technology Association*) va înlocui probabil sistemul de fișiere ISO 9660 al discurilor

CD-ROM, dar acest format mixt asigură compatibilitatea până când sistemele de operare vor recunoaște sistemul de fișiere UDF.

Redarea filmelor DVD cu ajutorul calculatorului

Pe lângă o unitate DVD-ROM, este necesar un hardware suplimentar pentru decodificarea video MPEG-2 și audio *Dolby Digital*/MPEG-2, sau calculatorul trebuie să fie suficient de rapid pentru a permite decodificarea prin software (cel puțin un procesor Pentium II la 300 MHz). Sistemul de operare al calculatorului sau driverele utilizate trebuie să permită utilizarea codurilor regionale și trebuie să se dispună de licență pentru decriptarea filmelor protejate la copiere. Este necesară o aplicație de tip "player" care să asigure o interfață pentru controlul discului. Este necesar de asemenea un software adecvat care poate citi formatul MicroUDF utilizat pentru fișierele de date DVD.

Sistemul de operare Windows 98 conține pachetul *DirectShow* 5.2, care permite redarea discurilor DVD-Video și a sunetului MPEG-2. *DirectShow* poate fi instalat și sub sistemul de operare Windows 95. Windows NT 4.0 nu permite utilizarea discurilor DVD-Video, dar Windows NT 5.0 va utiliza aceleași drivere *DirectShow* ca și Windows 98.

Există diferite firme care au elaborat programe pentru redarea filmelor DVD-Video, de exemplu *Mediamatics* (DVD Express), *Xing*, *Zoran* (SoftDVD). Toate acestea necesită cel puțin un procesor Pentium II la 233 MHz cu interfață AGP și o unitate DVD-ROM IDE/SCSI cu posibilități de "mastering" DMA pe magistrală pentru a obține o rată de afișare de 20 cadre/s, sau un procesor la peste 350 MHz pentru a obține 30 cadre/s. Aceste programe dispun de majoritatea facilităților DVD-Video (meniuri, subimagini etc.) și pot emula telecomanda unităților DVD-Video.

Firmele *Mediamatics*, *Zoran* și *Oak Technology* au definit standarde care permit ca anumite operații pentru decodificarea MPEG să fie executate prin hardware de către placa video, iar celelalte să fie executate prin software. Controlerele video cu această facilitare se numesc "acceleratoare DVD MPEG-2". Standardul *Mediamatics* este numit MVCCA.

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 și DVD-RW

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*.

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.

Adrese web utile

Informații suplimentare despre discurile DVD se pot afla la următoarele adrese:

<http://www.ecma.ch/stand/Ecma-267.htm>

Standardul ECMA (*European Computer Manufacturers Association*) pentru discurile DVD-ROM

<http://www.ecma.ch/stand/Ecma-272.htm>

Standardul ECMA pentru discurile DVD-RAM

<http://www.ecma.ch/stand/Ecma-274.htm>

Standardul ECMA pentru discurile +RW

<http://www.macrovision.com/dvd.html>

Protecția la copiere analogică a discurilor DVD realizată de firma *Macrovision*

<http://www.dtcp.com/>

Protecția la copiere digitală DTCP a discurilor DVD

<http://www.cs.tut.fi/~leopold/Ld/FilmToVideo>

Detalii despre transferul filmelor în format video

<http://us.imdb.com/Sections/DVDs>

Lista titlurilor filmelor disponibile pe discuri DVD-Video, din baza de date Internet Movie Database

<http://www.dolby.com/digital/>

Formatul audio *Dolby Digital*

<http://www.dtstech.com/consumer/index.html>

Formatul audio DTS

<http://www.microsoft.com/directx/overview/dshow/>

Arhitectura *DirectShow* pentru Windows 95/98

<http://www.osta.org/html/ostatech.html>

Specificațiile formatului de fișiere UDF al asociației OSTA

<http://www.unik.no/~robert/hifi/dvd>

Informații generale despre discurile DVD și alte adrese utile