

10

IL DVD

Introduzione

Il floppy disk, una volta il supporto per eccellenza per la memorizzazione dei dati in formato digitale, è stato poi soppiantato dal CD sia nella forma stampata industrialmente che in quella scrivibile da apparecchi consumer. Nato in origine per la registrazione permanente dell'audio, il CD si è poi evoluto, permettendo la memorizzazione, oltre che della musica, di software, dati, film, ecc.

Già dal punto di vista della riproduzione audio questo supporto era “nato male” a causa del compromesso sulla frequenza di campionamento (44100 Hz) dovuto, sia all'esigenza di ottenere una durata di almeno 70 minuti (si dice per contenere la nona di Beethoven), sia alla necessaria compatibilità con i registratori video PAL e NTSC utilizzati per la creazione di nastri master. Ma il problema principale del CD audio consisteva nella sua filosofia di progettazione: il nuovo supporto era pensato come lo sviluppo del LP su vinile ed era quindi orientato ad una lettura sequenziale da parte di un dispositivo “stupido”, privo di una logica di controllo programmabile.

Il risultato di questo approccio è lo standard Red-Book che non prevede un meccanismo di indirizzamento preciso. Le specifiche, come ci si poteva aspettare dal successore del vinile, non prevedevano interruzioni durante la fruizione musicale. Invece il processo di lettura di un CD-ROM (definito nello Yellow-Book) può subire repentine interruzioni (la maggior parte delle volte non ce ne accorgiamo neppure) perché i moderni computer devono svolgere più attività contemporaneamente. Si è così presentato il problema che nel CD audio, la musica pur memorizzata in formato digitale, non può essere letta in modo casuale. Nel passaggio dal CD audio al CD-ROM, per risolvere tale problema si tolse spazio ai dati, rinforzando la correzione di errore e inserendo ulteriori informazioni necessarie all'indirizzamento.

I problemi dovuti alle difficoltà di indirizzamento dei dati, alle caratteristiche del formato audio (44100 campioni al secondo sono veramente pochi) e al ben noto problema della

diffusione delle copie pirata, ha portato alla ricerca di un nuovo e più efficiente supporto per la memorizzazione: il DVD.

I libri delle specifiche

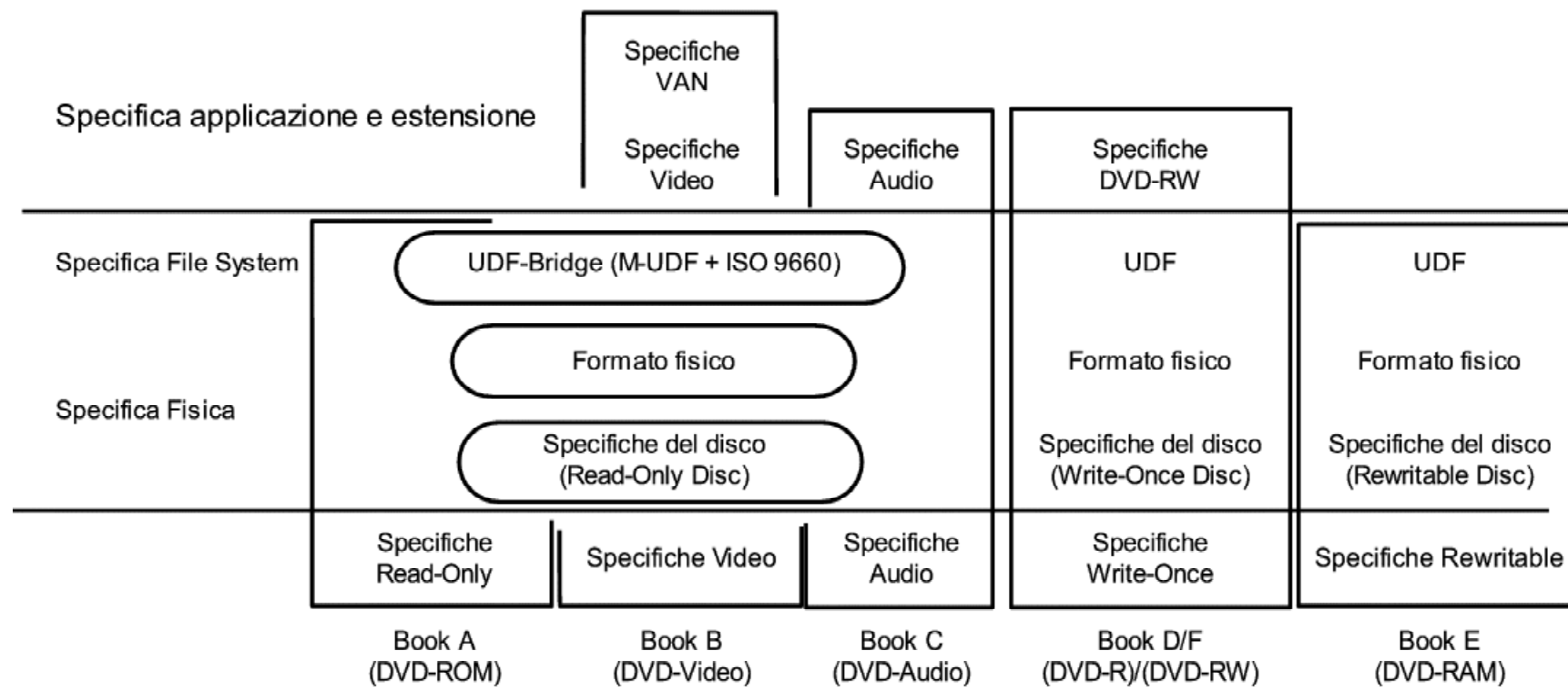
Alla luce dell'esperienza maturata con il CD in tutte le sue varie forme nel 1995 è stato pensato un nuovo formato: il DVD (**D**igital **V**ersatile **D**isc) le cui caratteristiche principali sono le seguenti.

- 1 Compatibilità fisica a livello di dimensioni con il CD: questo permette attualmente di avere unità di lettura e scrittura che accettano indifferentemente l'uno e l'altro formato.
- 2 Un'organizzazione fisica dei dati che, grazie a una minore lunghezza d'onda del laser e alla possibilità di scrivere i dati su due strati, permette di arrivare senza problemi ad oltre 9 Gb di informazione (più di 10 volte il contenuto di un CD). In origine era stato previsto anche un formato su 2 facciate che avrebbe permesso di arrivare a 18 GB, ma che, immaginiamo per problemi costruttivi e di posizionamento dell'etichetta, è stato, in pratica, abbandonato. Ormai si preferisce "spalmare" il contenuto su più DVD piuttosto che usare DVD a doppia facciata.
- 3 Un'organizzazione logica orientata al reperimento agevole e sicuro dei dati memorizzati che fa da base a un utilizzo versatile del supporto in quanto, come ormai ben noto, una volta capaci di gestire in modo efficiente file binari con questi si possono rappresentare ogni tipo possibile di informazione: testi, programmi, musica, video, ecc.

Come per i CD anche per i DVD esiste una pletera di libri colorati con le varie specifiche ufficiali:

- il Book A contiene le specifiche del DVD-ROM;
- il Book B contiene le specifiche del DVD video;
- le specifiche del DVD audio sono descritte nel libro denominato Book C.

In figura è presentata la mappa completa dei Book è evidente come tra il Book A, il Book B e il Book C ci sia una totale compatibilità sia a livello fisico che di file-system. Questo garantisce ai lettori di DVD-ROM, DVD audio e DVD video la capacità di accedere indifferentemente ai contenuti dei dischi in questione; il limite della fruizione dei dati per ogni tipo di apparecchio è legato alla sua possibilità di interpretare i dati letti.



Schema dei "Book" che definiscono i vari formati DVD.

Poniamo di inserire il DVD video di “Terminator 3” (*fonte e sorgente di ogni ispirazione*) in un lettore DVD-ROM di un computer, il lettore è in grado di leggere il contenuto del disco ma senza una opportuna applicazione software per la visualizzazione dei dati video non è in grado di proiettare il film. Mentre su un computer le applicazioni per il trattamento video o audio, sono implementate via software (e quindi facilmente aggiornabili) in un lettore dedicato fanno parte integrante dell’elettronica (o perlomeno del firmware) e sono impossibili (o difficili) da aggiornare. Così un lettore DVD pensato solo per l’audio non sarà in grado di interpretare i dati incisi in un DVD video (e magari non avrà neppure le uscite video).

D’altra parte la convenienza commerciale spinge le case costruttrici a produrre apparecchi sempre più versatili allo scopo di vincere la naturale ritrosia dei consumatori all’acquisto di prodotti dall’uso limitato che rischiano di divenire drammaticamente obsoleti (si pensi alla fine che hanno fatto i videodischi).

DVD: Parametri fisici

Come possiamo scrivere su un foglio di carta con una penna sia in italiano che in sanscrito o cinese, così su un DVD possiamo incidere informazioni (struttura fisica) secondo diversi standard logici.

Notiamo a tal proposito che un DVD-5 e un DVD-9 sono fisicamente uguali ad un SACD single layer e dual layer rispettivamente, mentre i SACD ibridi (con uno strato CD compatibile) non sono fisicamente compatibili con lo standard DVD in quanto non soddisfano nessuno dei tre Book.

Anche se un DVD è esteticamente molto simile ad un CD, le sue caratteristiche fisiche sono molto diverse: un CD nel formato standard riesce a contenere fino a 650 MByte (e i CD che approfittano delle tolleranze dello standard, possono contenere fino a 878 MByte, ovvero 100 minuti di audio), un layer DVD, invece, riesce a contenere circa 5 GByte. In altri termini possiamo dire che la densità di informazione di un CD è circa 1 bit/micron-quadrato mentre quella di un layer DVD arriva a circa 7 bit/micron-quadrato!

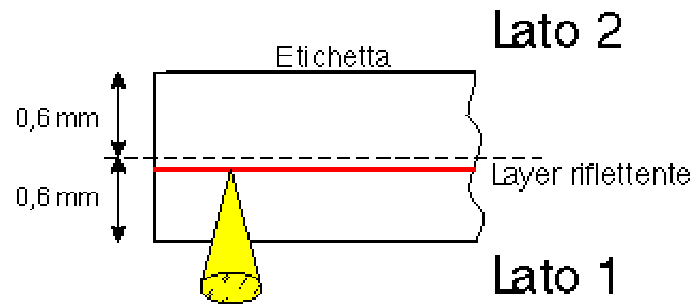
Il formato DVD più semplice prende il nome di DVD-5 e può contenere fino a 4.38 GByte di dati. Esso è formato da un solo strato ed ha un solo lato leggibile. Il DVD-10 è composto da due lati con singolo strato e, nel caso che sia necessario leggere l'altro lato, è necessario estrarre il DVD dal lettore e reintrodurlo in modo opportuno. Ecco un elenco dei principali formati fisici di DVD:

Formato	Lati / layer	Capienza
DVD-5	1/1	4.38 GByte
DVD-9	1/2	7,95 GByte
DVD-10	2/1	8,76 GByte
DVD-18	2/2	15,9 GByte

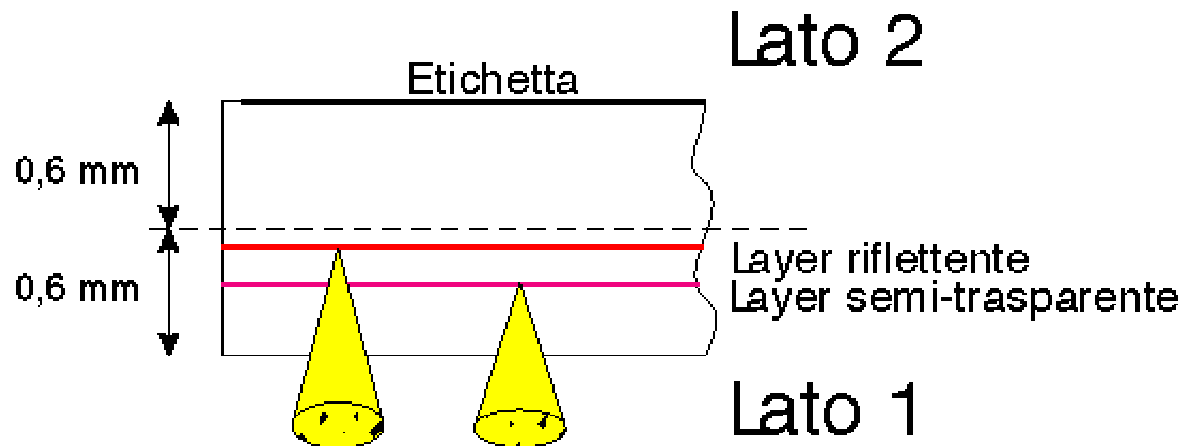
È molto interessante osservare che il secondo layer non ha la stessa densità di informazione del primo, questo perché è necessario gestire alcuni problemi di interferenza.

Per quanto precedentemente scritto nel seguito ci occuperemo solo dei DVD-5 e DVD-9.

Vediamo come sono fatti un DVD-5 (singolo strato) e un DVD-9 (doppio strato):



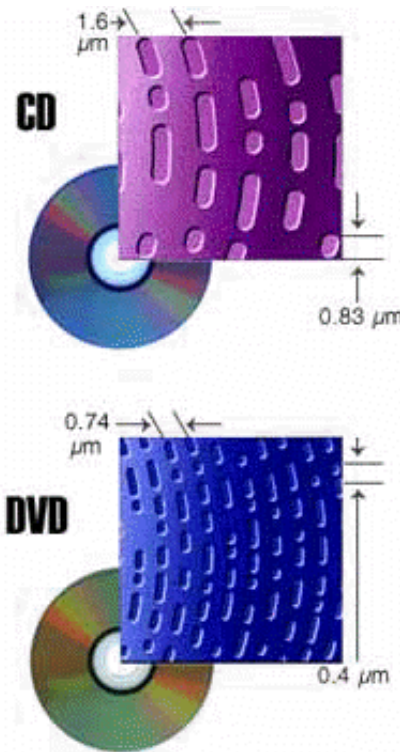
DVD-5 singolo strato e singola faccia.



DVD-9, doppio strato e singola faccia.

Lo strato che viene letto dipende dalla messa a fuoco e dalla frequenza (635/650 nm) del laser.

L'innovazione tecnologica che ha portato dal CD al DVD ha investito la meccanica, i laser, l'elettronica e gli algoritmi di correzione implementati nei lettori, ma non il "modo" in cui i dati sono incisi sui dischi, infatti, come vediamo nella figura, le informazioni sono ancora tracciate con piccole scalfiture della superficie riflettente, dette pit.



Distanza tra le tracce in un CD (in basso) e in un DVD (in alto).

Pit piccoli e tracce vicine permettono di avere una elevata densità di dati che, oltre all'ovvio vantaggio, sensibilizzano il DVD verso i piccoli graffi che possono distruggere grandi quantità di dati. Per far fronte a questo problema le sofisticate tecniche introdotte per la correzione degli errori permettono la lettura anche con graffi di circa 5 mm, per fare un paragone sul CD si riescono a trattare graffi lunghi circa 2 mm.

Un altro vantaggio del DVD sul CD è la sua forma a sandwich: in questo dispositivo i dati sono protetti da due strati di policarbonato mentre, nel CD, risiedono su una delle due superfici rendendosi più suscettibili di danneggiamenti.

La forma a sandwich del DVD influenza positivamente anche i problemi di allineamento tra il disco e il fascio laser di lettura. Questi in teoria dovrebbero essere sempre ortogonali ma, nella pratica, difficilmente lo sono. Poiché il laser di lettura attraversa uno strato minore di policarbonato nel DVD, 0,6 mm contro 1,2 mm del CD, quando si verifica questo problema di allineamento, il fascio del DVD viene deviato in quantità minore.

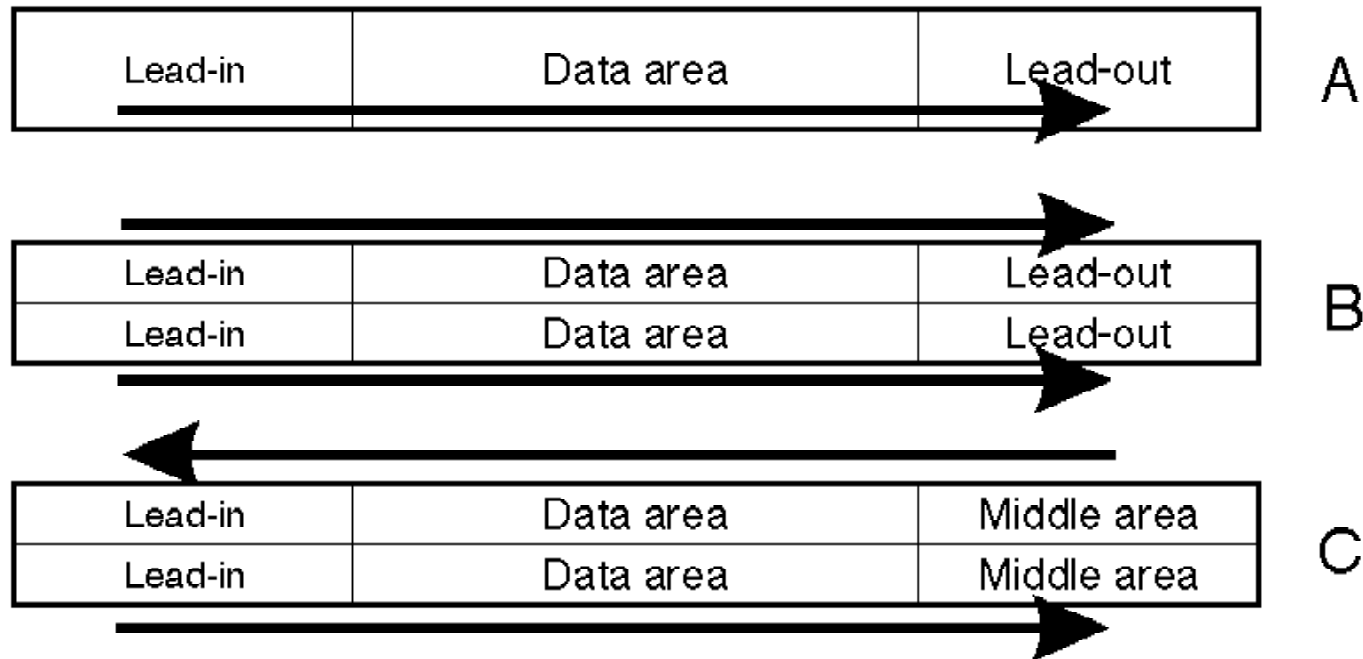
Fino al momento di chiudere questo articolo non avevamo mai visto di persona DVD a doppia faccia, poi su una bancarella ho trovato un matto che vendeva a 8 euro cadauno alcuni magnifici DVD video di Bach ancora sigillati. Uno di questi (un BBC con tre cantate dirette da Gardiner) è un DVD 10 doppia faccia singolo strato (Regione 0) con un lato PAL e un lato NTSC (evidentemente stampato prima che i lettori divenissero multistandard), una vera rarità!

La codifica dei dati

I dati sono scritti sul DVD secondo uno schema ben preciso che permette al lettore di individuarne la posizione. A partire dal centro del disco troviamo: la zona iniziale, la zona con i codici di riferimento, il buffer 1, il controllo dei dati e il buffer 2. La zona per il controllo dei dati è composta da 16 settori che descrivono la dimensione del disco, la più piccola velocità di trasferimento richiesta in lettura durante l'uso, singola o doppia faccia, il tipo di tracce, informazioni di fabbricazione e copyright. Una BCA (Burst Cutting Area) è opzionale ed eventualmente sita all'interno dell'area di lead-in. I dati del BCA possono essere scritti una volta che il disco è stato prodotto: sono composti da una sequenza di strisce poco riflettenti che si estendono radialmente. La BCA può essere scritto per mezzo di un laser YAG ad alta energia .

La struttura dei DVD a sola lettura è molto simile a quella di un CD-ROM in cui i dati sono memorizzati in directory.

Sono definiti due tipi di DVD a doppio layer: a tracce parallele e a tracce opposte. Nella Figura 5 che rappresenta le sezioni di un DVD a singolo layer e a doppio layer con tracce parallele e opposte, le frecce evidenziano le sequenze di lettura. Nei dischi a singolo layer e a tracce parallele gli indirizzi crescono con l'aumento della distanza dal centro, presentando due aree di lead-in e lead-out. Negli altri, gli indirizzi del layer 1 crescono avvicinandosi verso la zona centrale e inoltre sono presenti un'unica area di lead-in e lead-out.



(A) DVD a singolo layer; (B) DVD a doppio layer a tracce parallele; (C) DVD a doppio layer a tracce opposte.

Un settore di dati è composto da 2064 byte, secondo il seguente schema: 2048 per i dati veri e propri (ad esempio, la musica) e 16 byte di header: 4 per l'identificazione (ID), 4 byte per i codici di rilevamento degli errori (EDC) e 8 byte per altri scopi. I 4 byte di identificazione contengono 1 byte di informazioni di tipo generico sul settore e 3 byte per identificare il numero del settore.

Per formare un settore fisico al settore dati sono aggiunti 52 byte di sincronismo e 302 per la correzione degli errori (per un totale di 2418 byte).

Il Reed Solomon-Product Code (RS-PC), usato per la correzione degli errori, è calcolato dopo la scrittura dello EDC. L'RS-PC è molto diverso dal CIRC utilizzato nei CD ma è molto simile a quello utilizzato nei DAT, la probabilità di errore è 10^{-15} , un valore circa dieci volte

migliore di quello del CD audio, inoltre ogni tipo di DVD ha lo stesso livello di protezione contro gli errori.

Definita la sequenza dei bit che saranno scritti su DVD, prima della scrittura vera e propria, si applica la trasformazione EFMPlus: prima della trasformazione ogni informazione viene rappresentata da 8 bit e dopo da 16 bit. In questa codifica più sequenze di 16 bit rappresentano lo stesso simbolo al fine di eliminare ogni traccia di corrente continua.

Le informazioni che il CD memorizza nei sub-canali nel DVD sono memorizzate insieme ai dati: immagini, informazioni testuali e musica, trasmesse dall'unico flusso di dati, sono riconosciute e scisse dal lettore. Queste informazioni sono racchiuse in unità di 2048 byte, il più piccolo blocco di informazioni indirizzabile.

Il file-system

I DVD a sola lettura (DVD-ROM, audio e video), diversamente dai CD, memorizzano le informazioni su un file-system, proprio come fanno i computer. Ciò che differenzia i DVD audio dai video sono le specifiche di applicazione, ovvero, la struttura logica delle directory e il tipo di informazioni contenute nei file. Il file-system utilizzato è lo UDF Bridge, trae questo nome dal fatto che è conforme sia allo standard UDF sia allo ISO 9660. Lo UDF Bridge è stato progettato appositamente per immagazzinare le informazioni sui media ottici.

Il file-system definisce la struttura dei dati, come la directory, i file, i blocchi, i settori, i volumi, le tabelle di allocazione, le partizioni e il tipo di codifica dei caratteri. È molto flessibile e permette di essere utilizzato sia su ogni tipo di computer (e sistema operativo) sia su lettori dedicati. Al fine di semplificarne l'utilizzo, l'ordine con cui sono lette le directory è gerarchizzato e lettori dedicati possono accedere alle sole informazioni di interesse.

Il DVD audio

Le specifiche del DVD audio hanno avuto più revisioni, l'ultima, la 1.0, è stata pubblicata nel febbraio 1999. La formalizzazione delle specifiche è atta a garantire la compatibilità tra i vari DVD e, in qualche modo, una retro compatibilità con il formato CD audio. L'audio immagazzinato nel DVD, potendo usare la codifica PCM a elevata risoluzione, ottiene una qualità migliore del CD audio, inoltre riesce a gestire fino a 6 canali distinti (sfruttando anche compressioni con o senza perdita d'informazione) e, infine, implementa tecniche anti-pirateria.

Tutti i DVD audio devono immagazzinare l'audio in formato LPCM (PCM lineare) non compresso o compresso con tecnica MLP (Meridian Lossless Pack) o mediante altre tecniche con perdita di informazione, con un bit rate massimo di 9,6 Mbps. Per garantire la compatibilità con i lettori DVD video, possono essere inserite tracce audio codificate con tecnica Dolby Digital, DTS e LPCM (con un bit rate massimo di 6,144 Mbps).

Nei DVD audio possono essere inserite per ogni traccia informazioni testuali e un menù di navigazione. Nei DVD audio/video possono essere inseriti anche filmati, sfruttando un sottoinsieme delle specifiche del DVD video.

La codifica e i canali

Il DVD audio è molto flessibile e può utilizzare molti tipi di codifica, come illustrato nella seguente tabella:

Codifica audio	Frequenza di campionamento (kHz)	Bit per campione	Numero di canali
LPCM	192, 176.4,	16, 20, 24	2
LPCM	96, 88.2, 48, 44.1	16, 20, 24	da 1 a 6
MLP	192, 176.4	16, 20, 24	2
MLP	96, 88.2, 48, 44.1	16, 20, 24	da 1 a 6
Dolby Digital	48	16, 20, 24	da 1 a 6
DTS	48, 96	16, 20, 24	da 1 a 6

Mentre la codifica LPCM è obbligatoria su ogni disco e le altre sono opzionali, ogni lettore DVD audio deve necessariamente supportarle tutte. Ogni traccia può avere una differente frequenza di campionamento e una differente codifica di parola.

L'uso della pre-enfasi e dello LPCM con controllo di ampiezza dinamico nei DVD audio sono opzionali ma ogni lettore conforme allo standard Book C deve essere in grado di decodificarli.

Ogni disco può essere fruito secondo una o più “selezioni”: può contenere un'unica selezione codificata come LPCM oppure due selezioni codificate una PCM stereo e una multicanale. Sono possibili anche altre combinazioni come dischi che presentano una codifica PCM multicanale e una Dolby Digital che può essere suonata anche da un video lettore DVD. Un singolo disco potrebbe includere la medesima musica in più selezioni: una con codifica DVD audio fino a 6 canali 24/96, una PCM stereo, una Dolby Digital 5.1 e una su un layer compatibile con lo standard Red-Book (DVD ibrido).

I dischi DVD audio multicanale possono impiegare la tecnica SMART (System Managed Audio Resource Technique) quando le tracce adottano una codifica LPCM. Lo SMART permette di miscelare i canali in modo tale che, ad esempio, un disco multicanale sia udibile su un impianto stereo. Lo SMART, inciso nel disco, provvede a fornire al lettore una tabella in cui sono indicati il livello del mixer e la fase per quel canale. L'uso dello SMART è solo opzionale nei dischi (infatti accanto alle tracce multicanale potrebbero essere direttamente inserite quelle stereo) ma deve essere supportato dai lettori. Il DVD può inoltre avere altro valore aggiunto come il nome dell'artista, i titoli delle canzoni, un commento, una bibliografia, una discografia, video musicali e URL internet. Le informazioni testuali sono scritte nello standard ISO 8859-1 per il linguaggio di tipo europeo e in quello Music Shift JIS per quello giapponese. Ogni disco può supportare più linguaggi; le slide di immagini possono scorrere automaticamente oppure in modo programmato nel DVD stesso, ad esempio, ma mano che la musica scorre.

I contenuti di un disco

I contenuti del DVD audio sono ordinati gerarchicamente secondo uno schema come quello illustrato in tabella:

Album (volume)					
Gruppo 1				Gruppo 2	
Traccia 1	Traccia 2	Traccia 3	Traccia 4	Traccia 1	Traccia 2
Indice 1	Indice 2	Indice 3			

Un album descrive un intero lato di un disco e può contenere fino a 9 gruppi, ogni gruppo fino a 99 tracce e ogni traccia fino a 99 indici.

Ogni gruppo può contenere sia musica sia filmati: i lettori per DVD audio escluderanno le tracce video dalla lista di quelle leggibili (e viceversa). Come anticipato, inoltre, ogni traccia può essere codificata diversamente, ad esempio, possono variare il tipo di campionamento e il numero di canali. Il formato DVD audio supporta anche un formato compatibile con il SACD così che tali dischi siano utilizzabili sia sui lettori SACD che DVD video.

Il SAPP (Simple Audio Play Pointer) facilita la navigazione tra i contenuti del disco, esso è contenuto in una tabella scritta nell'area di Lead-In (un po' come il TOC dei CD-Audio). Il SAPP è un sottosistema di una complessa tabella di audio navigazione e fornisce, ad esempio nei lettori più semplici, solo informazioni sulla codifica LPCM mono/stereo.