

6. Optikai tárolók

6.1. Miért pont az optikai tárolók?

Miért pont az optikai tárolókat használják a multimédiás anyagok tárolására? Nagyon könnyű erre a kérdésre válaszolni, vessünk csak egy pillantást az alábbi táblázatra (6.1. táblázat).

Adattárak Jellemzők	3.5"-os FDD-HD	HDD	DAT	CD-MO	CD 2x/4x
Tárolókapacitás (GB)	0.004	1-4	4	2.4	0.65
Bitsűrűség (bit/mm)	686	1320	45000	1800	1800
Sávsűrűség (sáv/mm)	5.3	74	74	740	600
Felületi tárolási sűrűség (kB/mm ²)	-	100	180	700	1000
Adatátviteli sebesség (MB/s)	0.5	24	1.5-2	2.7	0.3/0.9
Adathozzáférési idő (s)	0.1	0.01	15-50	0.1	0.2
Egységnyi tárolási költség (Ft/MB)	100	40	0.5-2	10	2

6.1. táblázat

A táblázatból kiolvasható, hogy a CD-ket a nagy bit- és sávsűrűség jellemzi alacsonyabb áron. Mindezek mellett nem mellékes az adattárolás biztonsága sem. Nézzük ezt a kérdést egy picit bővebben.

A mágneses tárolás roppant sérülékeny, ami a tárolási élettartamot, az információ visszaolvashatóságát, az adathordozó réteg fizikai épségét, korrózióját, a hordozólemez öregedését, nyúlását illeti. A mágneses tárolás jelenlegi leghosszabb garantált élettartama egykét évtized, azaz még egyetlen emberélet léptékével mérve is rövid. Élettartamban, tárolási biztonságban jelenleg egyetlen komoly alternatíva van, az optikai tárolási mód. A magnetooptikai tárolás garantált élettartama általában 30-50 év, a CD-ROM-é 50-100 év, de például a Kodak 200 évre taksálja korongjának tárolási megbízhatóságát.

A biztonságos tárolás fizikai szempontjain túl ma korszerű szoftveres eljárások is támogatják az adatok helyreállítását. A CD-nek egy másik előnye, hogy olyan redundanciával tárolja az adatokat, amely jelentős károsodást is képes korrigálni. Hasonló beépített redundanciát ma a RAID rendszeren kívül más tárolási módok nem tartalmaznak beépített formában. Ezért jelentős szerepe van a különböző archiváló, mentő és "back-up" programoknak. Érdeemes néhány gondolatot azért a RAID rendszerről is megemlíteni.

A RAID szintjei

A RAID rendszereket (Redundant Array of Independent Disks, magyarul redundáns diszkrendszerek) hálózati szerverekben használják, kétszeres, háromszoros biztonsági háttérként. A mai RAID rendszerek elektronikusan egységesek, és a megfelelő adatbiztonság érdekében többféle tárolót (merevlemezt, magnetooptikai lemezt, szalagot stb.) tartalmaznak.

A RAID rendszerek 1987-ben a Berkeley Egyetemen kezdték pályafutásukat. Ott tervezték az első, nagy adatbiztonságú, ugyanakkor gyors és nagy kapacitású tárolórendszert. Az évek során az alábbi hat szabványos RAID szintet fogadták el:

- RAID 0: A disk-ek párhuzamosítva működnek, egyetlen logikai egységként. Javítja a működés biztonságát, de nem tartalmaz hibatűrési funkciókat.

- RAID 1: Párosával tükrözi a diszkeken az adatokat. Előszeretettel használják kisebb hálózatoknál. Néhány GB kapacitás felett már túl drágának bizonyul.
- RAID 2: Azonos a RAID 4 szinttel, csak jóval lassabban működik. Mini- és nagygépeknél hasznos.
- RAID 3: Az adatokat byte-onként több másik disk-en tárolja. Egy disk-et csak a paritásadatok tárolására használ. Ott célszerű a használata, ahol nagyméretű állományokat kell tárolni, például képeket, stb.
- RAID 4: Mini- és nagygépeknél alkalmazott, a RAID 3-hoz hasonló rendszer, de felépítése miatt megkülönböztetik attól.
- RAID 5: A RAID 3-hoz hasonlóan működik, de itt az adatokat és a paritást is több disk tárolja. Ez a módszer lassabb, mert a biztonságot részesítik előnyben. Hálózatoknál kisebb állományok tárolására elterjedt, és a file-megosztási alkalmazásokban a legnépszerűbb.

Mindezek után a fejezet elején feltett kérdésre a válasz a következő: mert az optikai tárolók nagy kapacitást nyújtanak kedvező áron, biztonságos adattárolás mellett.

Van azonban a CD technikának hátránya is, elsősorban a nagy hozzáférési időt említeném (6.1. táblázat). Ennek okai a következők:

- szinkronizációs idő, azaz az órajelnek a CD jelhez való fázishelyes hozzáállításához szükséges idő.
- forgáskésleltetési idő, azaz amíg a fordulatszám beáll az elérni kívánt szektornak megfelelő értékre.
- pozicionálási idő, azaz amíg a lézersugár meg találja a spirális pálya kívánt pontját, majd az arra történő finom beállítás megtörténik.

Mindezek az értékek különösen a CD-ROM technikában jelentenek nagy korlátot, hiszen állandó audio-adatfolyam esetén lejátszáskor az audio blokkok sorban követik egymást.

6.2. Az optikai tárolók történeti áttekintése

1973: megjelenik az első képlemez, Video Long Playt (VLP). Ez a képlemez, mint Read Only Medium mindeddig semmilyen kereskedelmi sikert nem aratott, bár a piacon számos különböző egyszer írható lemez kapható, különböző nagyságban és formátumban. A legtöbb fejlesztés analóg technikát használ, nagy minőségi követelményekkel és ennek megfelelő árral.

1982: megjelenik a Compact Disc Digital Audio (CD-DA). Ez az optikai lemez lehetővé tette kiváló minőségű sztereo hang rögzítését. Ennek a technikának a leírását a Philips és a Sony foglalta össze a Red Bookban. Minden további CD formátum ezen alapul.

1985: a Sony és a Philips megjelenteti a Compact Disc továbbfejlesztett változatát számítástechnikai adatok tárolására. Ez a Compact Disc Read Only Memory (CD-ROM) a Yellow Bookban került publikálásra, ami aztán az alapja lett az ECMA 119 szabványnak, ahol a technikai kérdéseket válaszolták meg. Az ISO 9660 szabvány szerinti logikai formátum, amely egy ipari vállalat csoport (High Sierra Proposal) javaslata alapján született meg, lehetővé tette a file-okhoz való hozzáférést a file-nevek útján és könyvtári szervezésben.

1986: a Philips és a Sony bejelentette a Compact Disc Interactive (CD-I) kifejlesztését. A CD-I leírását, ami egy teljes rendszert is specifikál, a Green Bookban tették közzé.

1987: az előbb említett két cég bemutatta a nyilvánosságnak a Digital Video Interactive-ot (DVI). Itt előtérben azok a tömörítő és visszatömörítő algoritmusok álltak, melyeket a CD-ROM-on tárolt audio- és videoadatok rögzítésekor alkalmaztak.

1988: a Philips piacra dobja a Compact Disc Read Only Memory Extended Architecture-t (CD-ROM/XA). A Sony és a Microsoft ekkor adta meg a digitális optikai tárolók egy specifikációját több médiumban való használatra.

1990: megjelennek az egyszer írható Compact Disc Write Once (CD-WO) és a többször írható Compact Disc Magneto Optical (CD-MO) lemezek. Ezeket az Orange Bookban specifikálták.

1996-99: A CD-ket gyártó nagy cégek (Sony, Philips, JVC, Toshiba, stb.) folyamatosan dobják piacra az egyes területeknek megfelelő, egységesített nagy kapacitású lemezeiket, amelyek neve DVD (Digital Video Disk vagy Digital Versatile Disc). Ezek kapacitásáról előljáróban álljon itt egy táblázat (6.2. táblázat).

DVD stuktúra lemez átmérő (mm)	egy oldalról olvasható		két oldalról olvasható	
	egy rétegű	két rétegű	egy rétegű	két rétegű
120	4.7 GB	8.5 GB	9.4 GB	17 GB
80	1.4 GB	2.6 GB	2.8 GB	5.2 GB

6.2. táblázat

6.3. A jelrögzítés módja

6.3.1. Csak olvasható optikai lemezek

A csak olvasható lemezek készítésének első lépése a mester-lemez elkészítése. A rögzítendő jelsorozatot nagy teljesítményű, kb. 780 nm hullámhosszú lézersugárral égetik bele a lemez felületébe. A 0.5 μm átmérőjű beégetett lyukak(pit) és közbülső szakaszok(land) váltakozása adja a tárolandó jelsorozatot, még pedig az NRZI módszerhez hasonlóan, a lyuk és nem-lyuk átmenetek adják az 1-esnek megfelelő biteket.

A mester-lemezről készül a negatív nyomóforma, amellyel a pozitív (végső) lemezt préselik műanyagból. Ezt adja a CD lemez hordozó (szubsztrát) rétegét. A lemez felületét vékony fényvisszaverő (reflektáló) fém(alumínium)réteggel, majd egy műanyag, védőréteggel vonják be.

A lemezeken az adatok tárolása spirális pályán történik, hasonlóan a hagyományos hanglemezekhez. A sávok távolsága (menetemelkedés) 1.6 μm , ez a spirális egy 25 mm-es sávban 16000-szer fordul meg, amit ha kinyújtánánk kb. 4.8 km hosszú lenne. Az információ tárolásához kialakított lyukak(pit-ek) szélessége 0.6 μm , hossza 0.833-3.056 μm (3÷11 hosszegység) közötti.

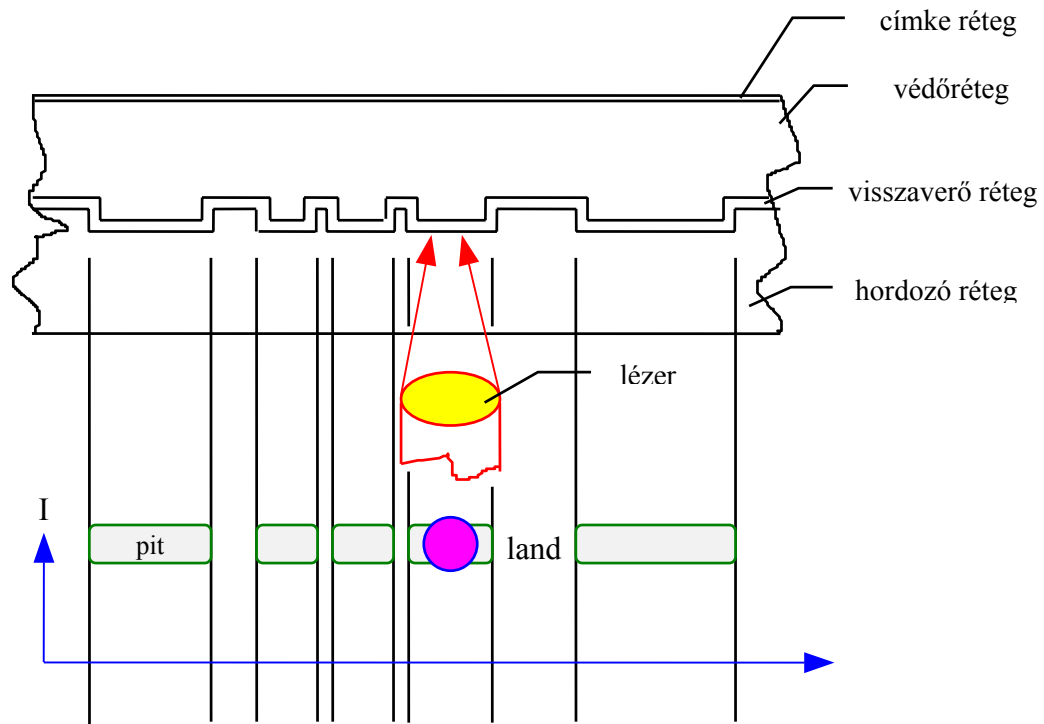
A mágneses lemezeknél minden sávban ugyanannyi szektor van (512 byte/szektor), ezzel a lemez belső részén nagyobb lesz az adatsűrűség. A CD-ROM lemezeknél ilyen probléma nincs, mivel a szektorok fizikai hossza állandó. Ha a forgási sebesség állandó, akkor a spirálnak az olvasó fejhez viszonyított sebessége a lemez külső részén sokkal nagyobb lenne, mint a lemez belső részein. A CD-ROM olyan rendszert használ, amely képes változtatni a meghajtó sebességét attól függően, hogy a lemez melyik részét olvassa. A külső részen a meghajtó körülbelül 200 ford./perc fordulatszámmal, a belső részen pedig ennél gyorsabban, körülbelül 530 ford./perccel forog. Ezzel biztosítják, hogy a fej és a lemez egymáshoz viszonyított sebessége állandó. Ezt állandó lineáris sebességnek (CLV, Constant Linear Velocity) nevezik.

A CD-ROM fejlődésével egyre gyorsabb CD-ROM-olvasókat állítottak elő. Először az említett sebességet, illetve sebességeket megkétszerezték, ezeket a meghajtókat nevezték 2x-

es sebességű CD-ROM-okat. Természetesen a fejlődés itt sem állt meg, jöttek a 4x-es, a 6x-os, a 8x-os ..., sőt ma már ott tartunk, hogy a legújabb modellek 14-16x-osak. De valószínű hogy ez még nem a sor vége!

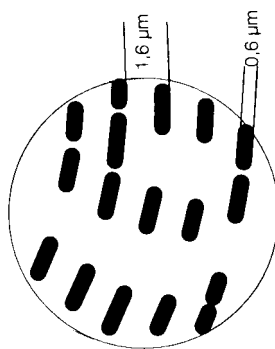
Sokáig az adatátviteli sebesség nem változott, maradt a kezdeti 75 szektor/sec, azaz 150 Kbyte/s érték. A sebesség növelésével kezdett az adatátviteli is sebesség nőni. A kétszeres sebességű CD-ROM-ok 300 Kbyte/s, a négyszereseké 900 Kbyte/s átviteli sebességgel rendelkeznek. A hatszoros sebességű CD-ROM-ok már lehetővé teszik a videófilmek finom, életszerű lejátszását is. A hagyományos zenei (CD-DA) lemezeket továbbra is az eredeti 150 Kbyte/s-os átviteli sebességgel kell lejátszani. A nagyobb sebességű meghajtók bármelyik lemezt le tudják játszani amit a lassabbak, csak sokkal gyorsabban.

Olvasáskor, a címkézéssel ellentétes oldalról, egy kisteljesítményű (kb. 1 mW-os) lézersugárral világítják meg a lemezt. A sugár átmérője a lemez felületén (a belépési ponton) 0.8 mm, amelyet az alkalmazott lemezanyag (polikarbonát) fénytörését kihasználva, a tükröző felületig kb. 1.7 μm átmérőjűvé fókuszálnak. A lézersugarat a reflektáló rétegre irányítják és a szubsztrát felületére fókuszálják. Ekkor a landekről reflektált jel nagy intenzitású. A pitekre a szubsztrát felület alatt vannak 0.12 μm mélységben. A pitekre beeső lézersugár enyhén szóródik, ezért az innen visszaverődő sugár kisebb intenzitású lesz. A 6.1. ábra a reflektált lézersugár intenzitását mutatja, ahol a vízszintes vonal a küszöbértéket jelöli.



I: a reflektált lézersugár intenzitása

6.1. ábra



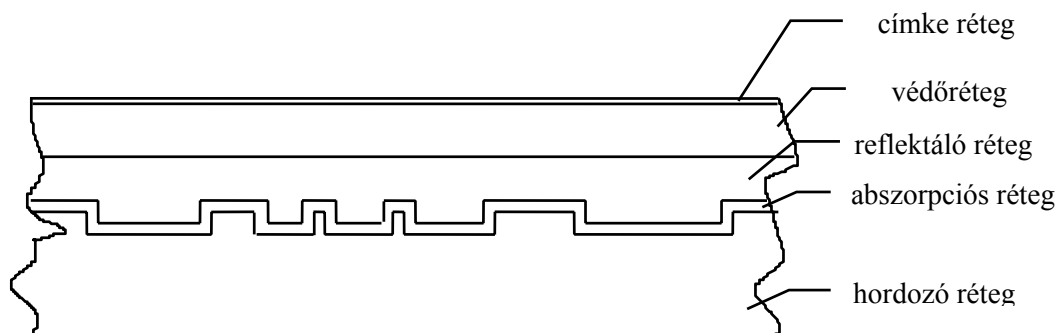
6.2. ábra

Az olvasófej pályán tartását egy részben mechanikus, részben elektromágneses rendszer biztosítja, amelynek vezérléséhez a visszavert fénysugár erősségének változását használják fel.

6.3.2. Egyszer írható optikai lemezek (CD-WO)

A 6.3. ábra a CD-WO egy metszetét mutatja, ami a lemez felületére és a barázdára merőleges. A CD-WO-t egy előzetesen gravírozott barázdával szállítják. Az összes csak olvasható CD-n a hordozó réteget közvetlenül egy fényreflektáló réteg határolja. A CD-WO-nál a hordozó és a reflektáló réteg között még egy abszorpciós réteget is elhelyeztek. Ez a réteg csak erős hőterhelés hatására tudja a lézersugárral szemben mutatott reflexiós tulajdonságait irreverzibilis módon megváltoztatni.

Az eredeti állapotban a lézersugár egy csupa landból álló lemezt lát. Egy a leolvasó lézersugárnál háromszor-négyszer erősebb lézersugár az előzetesen gravírozott pályán helyileg 250 °C fölé melegíti a lemezt. Ennek hatására az anyag úgy változik meg, hogy a beégetés helyén a lézersugár reflexiója egy pitnek felel meg. Ennek a feltételnek a teljesülése teszi lehetővé a CD-WO lemez ezen egyszer írható- többször olvasható tulajdonságát.



6.3. ábra

6.3.3. Írható-olvasható magneto-optikai lemezek

A jelrögzítés magneto-optikai elvek alapján történik. A lemez felületét különleges fémből (gadolinium, terbium) készült vékony réteggel vonják be, amelynek mágneses tulajdonságai különlegesek.

Ezek a fémek alacsony hőmérsékleten nem mágnesezhetők, viszont felmelegítve (150 °C feletti hőmérsékleten) mágnesezhetővé válnak. A jelek felviteléhez lézersugárral felmelegítik a fémréteget, majd felmágnesezik a kívánt irányban (a Föld mágnesességénél 10-szer nagyobb mágneses mezőt alkalmaznak). A pit lefelé mutató, míg a land felfelé mutató mágneses északi pólusként értelmezhető. A lemez törlése egy állandó mágneses mezőbe való behelyezéssel történik.

Az így kialakított felületet, a CD-ROM-hoz hasonlóan, olvasáskor egy gyenge lézerrel tapogatják le. A mágnesettségétől függően, a visszavert lézerfény polarizációs iránya megváltozik, amelynek alapján megállapítható az adott pont 0 vagy 1 értéke. Ha a visszavert fénysugár az óramutató járásával megegyező akkor az a 0 ellenkező esetben az 1. Ezt Kerr-effektusnak hívjuk.

Egy másik módja az adattárolásnak az anyagszerkezet megváltoztatása lézersugár hatására. Íráskor a kristályos szerkezet amorf molekuláris szerkezetté alakul át. Olvasáskor a kristályos bitek fényesek, fényvisszaverők, míg az amorf bitek sötétek, fényelnyelők.

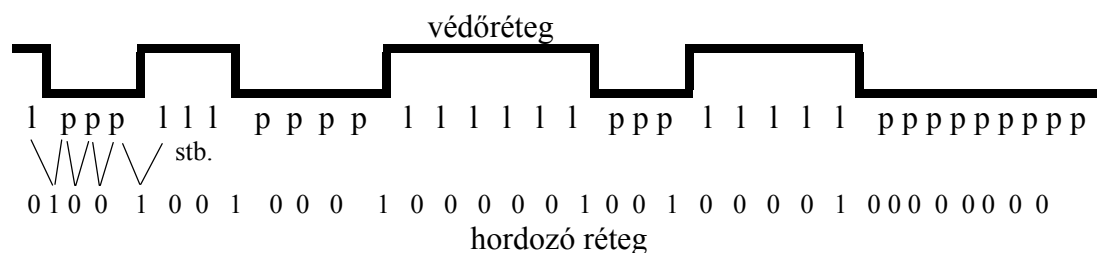
Lényeges különbség van az egyszer írható (CD-R) lemezekhez képest, hogy itt az adatok nem folyamatos spirális mentén van felrva a lemezre, hanem koncentrikus körök mentén, úgy mint a hagyományos mágneslemezek. Az előzőt a lassúbb, a másodikat a gyorsabb adatelérés jellemzi, hiszen a tárolási sorrend tetszőleges.

Bármelyik technikát is alkalmazzuk, a lemezek gyakorlatilag két félék lehetnek: egyrészt egyszer írhatók, akárhányszor olvashatók (WORM: write once, read many times); másrészt többször felülírhatók (rewritable) lemezek.

Érdekes néhány szót szólni ezen CD-MO lemezek kapacitásáról is szólni. Az 5.25"-osak 650 MB, 1.3 GB, 2.6 GB, ...; míg a 12 ill. 14"-osak 3 ill. 7 GB-tól felfelé kapacitásúak.

6.4. A jelrögzítés formája

A CD lemezek az adatok rögzítése az NRZI (no return to zero impulse) módon történik. Az eljárást a mágneses jelrögzítésnél használják, de az elv ugyanaz. Az eljárás lényege a következő. Egy pit hossza 0.3 μm egész számú többszöröse. Az 1 kódolásának egy pit-land ill. egy land-pit átmenet, míg a 0 kódolásának az átmenet hiánya felel meg az adatfolyamban (6.4. ábra).



l: land

p: pit

6.4. ábra

6.4.1. CD-DA (Compact Disc Digital Audio)

6.4.1.1. A CD-DA adatszerkezete (csatornabyte, frame, track, tartomány)

Az előzőekben ismertett pit-land ill. land-pit átmenetek nem követhetik egymást tetszőleges sűrűségben. Ennek oka, hogy a lézer felbontóképessége nem lenne elegendő egy folyamatos pit-land-pit-land-... (111...) sorozatok hibátlan olvasására.

Ezért a következő megkötéseket vezették be:

- maximum 2 land és 2 pit követheti egymást
- két 1 értékű bit között legalább két 0 értékű bitnek kell állnia
- maximum tíz 0 értékű bit követheti egymást

Az előbb említett bitek úgynevezett csatornabitek, hiszen a 8 bites audioadatokat kell csatornabitekbe átkonvertálni éppen az előbb említett okok miatt. Nézzük ennek a folyamatát (6.5. ábra).

audiobitek:	_____00000000_____00000001_____
modulált bitek:	_____01001000100000_____10000100000000_____
kitöltő bitek:	101_____100_____
csatornabitek:	0100100100010000010010000100000000

6.5. ábra

A következő kérdés az adattárolás biztonsága, láttuk ez a mágneses adattárolásnál is problémát okoz, ott a RAID rendszer kidolgozásával próbálták rajta segíteni. A hibajavítás célja egy CD-DA-nál a tipikus hibás minták felismerése és kiküszöbölése. A hiba legtöbbször valamilyen karcolás vagy elpiszkolódás következménye lehet (burst hiba).

Első lépésben egy Reed-Solomon-féle kétfokozatú hibakorrektort (cross-interleaved Reed-Solomon code) alkalmaznak, azaz egy 24 bitből álló szakaszt két csoportban 4-4 biten értékelnek. Az első csoport az egy byte-on bekövetkező hibákat, a második csoport a kettős byte-hibákat javítja ki.

A második lépésben az egymást követő byte-okat frame-ekbe fogják össze. Az audio adatokat nem sorrendben tárolják a CD-DA-n hanem egy meghatározott algoritmus szerint megkeverve. Így a burst hiba mindig csak részben ronthatja az adatokat.

A hibaarány kb. 10^{-8} -ra adódik. Az olyan burst hibák ismerhetők fel és javíthatók, amelyek nem terjednek ki 7-nél több frame-re. Ez egy 7.7 mm-es hosszú pályaszakasznak felel meg. Ad abszurdum fűrhatunk a lemezbe egy 2 mm átmérőjű furatot is akár, az audioadatokat mégis hibátlanul lejátszhatók.

Nézzük ezek után az adattárolás szerkezetét:

1. Az audioadatokat két 12 csatornabyte-ból álló csoportra osztják. Ezek tartalmazzák a jobb és a bal csatorna alacsony ill. magas helyértékű byte-jait. Azért hangsúlyozandó, hogy csatornabyte, mert az nem 8 bites hanem modulált és kitöltőbittel kiegészített 14+3 bites csatornabit (lásd. 6.5. ábra).

2. A következő kérdés az adattárolás biztonsága, láttuk ez a mágneses adattárolásnál is problémát okoz, ott a RAID rendszer kidolgozásával próbálták rajta segíteni. A hibajavítás célja egy CD-DA-nál a tipikus hibás minták felismerése és kiküszöbölése. A hiba legtöbbször valamilyen karcolás vagy elpiszkolódás következménye lehet (burst hiba).

Első lépésben egy Reed-Solomon-féle kétfokozatú hibakorrektort (cross-interleaved Reed-Solomon code) alkalmaznak. Ez azt jelenti, hogy 12 csatornabyte-hoz tartozik 4 hibakezelő byte, természetesen ezek is egyenként 14+3 bitesek. Tehát 3 csatornabyte után következik egy hibajavító byte. Egy ilyen hibajavító byte (14+3) a hibákat két csoportban értékeli ki. Az első csoport az egy csatornabyte-on bekövetkező hibákat, a második csoport a kettős csatornabyte-hibákat javítja ki.

A második lépésben az egymást követő 2*12 csatornabyte-ot frame-ekbe fogják össze. Az audio adatokat nem sorrendben tárolják a CD-DA-n hanem egy meghatározott algoritmus szerint megkeverve. Így a burst hiba mindig csak részben ronthatja az adatokat.

A hibaarány kb. 10^{-8} -ra adódik. Az olyan burst hibák ismerhetők fel és javíthatók, amelyek nem terjednek ki 7-nél több frame-re. Ez egy 7,7 mm-es hosszú pályaszakasznak felel meg.

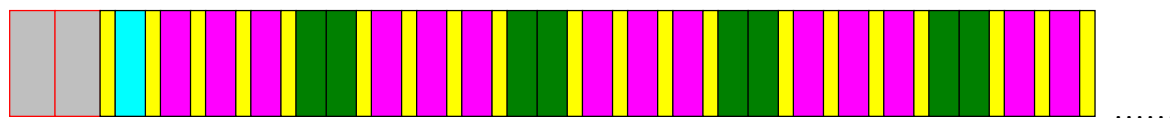
Ad abszurdum írhatunk a lemezbe egy 2 mm átmérőjű furatot is akár, az adataink mégis hibátlanul lejátszhatók.

3. Minden frame-hez tartozik egy Control-Display byte. Ez 8 bitből áll és P, Q, R, S, T, U, V, W (Subchannel) nevekké van megjelölve. Ezek a subchannel bitek modulálva és kitöltő bitekkel kiegészítve szintén 14+3 bitesek. Ezek a subchannel bitek nem közvetlenül tartoznak a frame-hez, hanem 98 frame osztozik rájuk, mert ezeket a frame-eknél nagyobb egységekhez a blokkokhoz rendelik hozzá. Tehát 1 blokk = 98 frame. Minden subchannelnek megvan a maga feladata. például P különbözteti meg az adatakat tartalmazó CD-DA-kat a számítástechnikai adatakat tartalmazó CD-ROM-októl, vagy a Q csatorna szolgál a tartalomjegyzék tárolására.
4. Végül a frame-ek elején kétszer 12 szinkronizáló bit (12 db 1 és 12 db 0) szolgál a frame kezdetének jelölésére. Ezt 24 bitet a 3 kitöltőbittel kiegészítve 27 bitet jelent.

Számadást végezve a következőket kapjuk:

1. Audio csatornabyte-ok:	$2 \cdot 12 \cdot (14+3) =$	408 csatornabit
2. Hibakezelő csatornabyte-ok:	$2 \cdot 4 \cdot (14+3) =$	136 csatornabit
3. Control és Display csatorna byte	$1 \cdot (14+3) =$	17 csatornabit
4. Szinkronizációs bitek	$2 \cdot 12 + 3 =$	27 csatornabit
Összesen:	1 frame =	588 csatornabit

Mindezeket a 6.6. ábrán próbáltam szemléltetni.



Jelmagyarázat:

	+		szinkronizációs bitek
	+		control és display bitek
	+		audiobitek
	+		hibakezelő bitek

6.6. ábra

A frame-eknél nagyobb egység a blokk, 98 frame képez egy blokkot. Ennek a szervezetnek a CD-ROM-oknál lesz óriási jelentősége. Mivel 1 frame $2 \cdot 12$ csatornabyte-ot tartalmaz, így 1 blokk = $98 \cdot 2 \cdot 12 = 2352$ byte-ból áll.

A CD-DA lemezen az adataink inkább szekciókba - tartományokba - szervezve tárolják. Három féle tartományt különböztetünk meg:

- Lead-in tartomány: a lemez tartalomjegyzékét tartalmazza, az egyes track-ek kezdőbejegyzéseivel.
- Adattartományok: a lemez összes adattrack-jét tartalmazza.
- Lead-out tartomány: a lejátszó számára jelzi az adattartomány végét.

Minden CD-DA lemez adattartománya maximum 99 különböző hosszúságú track-et tartalmazhat, de legalább egy track-nek minden lemezen lennie kell, ami pl. egy dalt tartalmaz. Egy zeneszám egy track-nek felel meg. Bármelyik track kezdetéhez tetszőlegesen választható módon lehet hozzáférni.

Minden trackben lehetnek index pontok, ezáltal meghatározott pontokra (a lejátszandó szám tetszőleges helyére) lehet pozicionálni. Ennek megvalósítására két index pontot (IP) alkalmaznak, az IP_0 -át és az IP_1 -et. Az IP_0 a track-ek kezdetét, az IP_1 tracken belüli az

audioadatok kezdetét jelöli. Az IP_0 és IP_1 közötti részt Track Pregap-nek nevezzük, minden track előtt van egy 2-3 másodperc hosszúságú ilyen tartomány.

6.4.1.2. A CD-DA lemezek jellemzői

- A kétcsatornás (sztereo) audiojel sebessége 44.1 kHz-es mintavételi frekvenciát (azaz egy másodperc alatt hány jelet kell venni digitalizáláskor a forrásjelből) és 16 biten történő kvantálást feltételezve (16 bites hangkártya) 1411200 bit/s.
 $2 \text{ csatorna} * 16 \text{ bit/mintavétel} * 44100 \text{ mintavétel/s} * \text{csatorna} = 1411200 \text{ bit/s} = 176400 \text{ byte/s} = 172.26 \text{ kByte/s}$.
- Az analóg mikrobarázdás lemezek és a hangkazetták szokásos feszültség jel/zaj viszonya kb. 50-60 dB. A CD-DA minősége ennél lényegesen jobb. Itt egy egyszerű ökölszabály szerint 6 dB/bit-tel lehet számolni. Ebből a 16 bit-es lineárisan mintavételezett audiojelre 96 dB adódik.
 $6 \text{ dB/bit} * 16 \text{ bit} = 96 \text{ dB}$.
- Egy CD-DA minimum 74 perc hanganyagot tartalmaz, ebből a lemez kapacitása $\approx 750 \text{ MB}$.
 $74 \text{ perc} = 4440 \text{ s}$
 $4440 \text{ s} * 1411200 \text{ bit/s} = 6265728000 \text{ bit} = 783216000 \text{ byte} \approx 764859 \text{ kByte} \approx 747 \text{ Mbyte}$, tehát közel 750 MB.

6.4.2. CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory)

A CD-ROM-ot a tömörítetlen audioadatokon túlmenően számítástechnikai ill. más média adatok tárolására fejlesztették ki. A CD-ROM-ban a CD-DA-hoz képest mind az audio, mind pedig az adat track-jeiben különbözik egymástól. Egyetlen track-en belül vagy csak audio, vagy csak adat lehet. Megengedett azonban az ún. kevert formájú tárolás is, miszerint a számítástechnikai adatokat tartalmazó track-ek után következhetnek audio tracknek is, de egy track-en belül csak egyféle adattípus lehetséges.

Mint láttuk a CD-DA-nál elérhető hibaarány 10^{-8} , valamint az egyes track-ek választható hozzáférésűek és indexeltek (IP_0 , IP_1). A CD-ROM-on a számítástechnikai adatok tárolásához kisebb hibaarányra és a track-eknél nagyobb felbontású adathozzáférésre van szükség.

Ezért ezen a lemezen az adatokat blokkba (1 blokk=98 frame) szervezve tárolják. A kompatibilitást figyelembe véve egy CD-ROM blokk a CD-DA lemez 2352 byte-os blokkjával egyenlő.

A 2352 byte-ból 2048 illetve 2336 byte áll rendelkezésre, mint hasznos byte (lásd módus 1 ill. 2). A maradék byte-ok a választható hozzáféréshez, illetve a hibajavításhoz kellenek.

6.4.2.1. CD-ROM Modus1

A számítástechnikai adatok tárolására szolgáló struktúra, amelyet a 6.7. ábrán láthatunk.



-  4 byte hibafelismerésre szolgáló terület (perc, másodperc, blokkszám, módus típus)
-  8 byte nem használt terület
-  276 byte a hiba kijavítására szolgáló terület ($1 \cdot 10^{-12}$ hibaarány)

6.7. ábra

A CD-ROM Modus 1 jelsebessége 2048 byte/blokk méret, és 75 blokk/s blokkelési sebesség mellett 150 kByte/s.

$2048 \text{ byte/blokk} \cdot 75 \text{ blokk/s} = 153600 \text{ byte/s} = 150 \text{ kByte/s}$.

A CD-DA 74 perces játékidője a CD-ROM-on 333000 blokkot jelent, eszerint a lemez kapacitása 650 MB.

$333000 \text{ blokk} \cdot 2048 \text{ byte/blokk} = 681984000 \text{ byte} = 666000 \text{ Kbyte} \approx 650 \text{ MB}$

Viszonylag korán rájöttek arra, hogy a modus 1 számítástechnikai kompatibilitása javításra szorul. Ennek javítására született az ISO 9660 szabvány, amely a következőket tartalmazza:

- definiálták a hierarchikus file-rendszert (könyvtárak, alkönyvtárak), amely az adategységekre vonatkozó minden információt tartalmazza (könyvtár megnevezése, file név.kiterjesztés, létrehozás ideje, stb.). Ezek az előírások megegyeznek az MS-DOS operációs rendszer előírásaival.¹
- definiáltak még egy hozzáférési út táblázatot is, amelyben tömörített formában minden directory fel van sorolva, és ez közvetlen hozzáférést tesz lehetővé a fileokhoz. Ez a táblázat a CD használata alkalmával az operatív memóriába kerül.
- az első trackben az első 16 blokk (4-15 szektor) a system area, amelyben gyártóspecifikus adatok tárolhatók. A 16. szektortól kezdődnek a volume descriptorok. A primary volume descriptor magában foglalja a nyilvántartott file-ok hosszát és a hozzáférési utakat megadó táblázat címét és hosszát. A supplement volume descriptor egy további file-rendszer megadását teszi lehetővé, ami kiterjeszti a file nevek megadásához használható karaktereket és ezáltal nagyobb flexibilitást biztosít a file nevek megadásában. Minden volume descriptor hossza 2048 byte, tehát egy blokknyi, a CD-ROM lemezen tetszőleges számú volume descriptor lehet. A CD-ROM biztonságos adattárolása érdekében a descriptorok másolatait is letárolják.

Az előző pontokban tulajdonképpen a logikai adatformátumot határozták meg, amely szerint a 2048 byte-os fizikai blokkméretet figyelembe véve a logikai blokkok méretei: 2048, 1024, 512 byte. Ez utóbbi már ismert a mágneses adattárolás területéről. A logikai blokkok méretei a volume descriptor által leírt teljes file rendszerre vonatkoznak. A file-ok mindig egy ilyen logikai blokk elején, a directoryk azonban mindig szektorhatáron kezdődnek.

6.4.2.2. CD-ROM Modus2

További média adatok tárolására szolgáló struktúra, amelyet a 6.8. ábrán láthatunk.



¹ Két szintet definiáltak: Interchange-level 1-file-név max. 8 karakter, kiterjesztés max. 3 karakter
Interchange-level 2-file-név tetszőleges hosszúságú
A level 2 felülről kompatibilis a level 1-gyel.

-  12 byte szinkronizációs terület
-  4 byte fejléc (header)
-  2336 byte adatterület

6.8. ábra

A CD-ROM Modus 2 jelsebessége 2336 byte/blokk méret, és 75 blokk/s blokkelési sebesség mellett 171 kByte/s.

$2336 \text{ byte/blokk} \cdot 75 \text{ blokk/s} = 175200 \text{ byte/s} \cong 171 \text{ kByte/s}$.

A CD-DA 74 perces játékidője a CD-ROM-on 333000 blokkot jelent, eszerint a lemez kapacitása 742 MB.

$333000 \text{ blokk} \cdot 2336 \text{ byte/blokk} = 777888000 \text{ byte} \approx 759656 \text{ Kbyte} \cong 742 \text{ MB}$

6.4.3. CD-I (Compact Disc Interactive)

A CD-I-t 1986-ban fejlesztették ki és 1988-ban a Red Book és a Yellow Book alapján készült Green Bookban specifikálták. A CD-I-t eredetileg a szórakoztató elektronika számára a televíziót kiegészítő alkalmazásnak szánták.

A CD-I valójában egy teljes rendszert ír le. Magában foglalja a CD-ROM formátumot és lehetővé teszi különböző médiák egymásba történő ágyazását valamint tömörítési eljárásait. Mindezekon kívül definiál egy operációs rendszert (CD-RTOS) és a multimédia visszajátszáshoz szükséges hardvert (decoder).

A tömörítésről érdemes néhány szót szólni, annál is inkább mivel ez alapját képezte a CD-ROM/XA-nak.

Minden CD formátum alapja a CD-DA szabvány, de ennek ellenére sem lehet minden esetben feltétlenül lejátszani egy CD-I lemezt egy CD-DA lejátszón. Az szintén nem feltételezhető, hogy minden CD-DA eszköz kiváltható CD-I eszközzel. Ezért egy CD lemez specifikációjának tartalmaznia kell azt az információt, hogy szokványos CD eszközön, vagy CD-I eszközön is lejátszható legyen. Ezt nevezik Compact Disc Interactive Ready Formatnak. Ebből a célból növelik meg minden track kezdetén a Track-Pregap-Tartományt (lásd. 6.4.1.1. fejezetet) az IP_0 és IP_1 között 2-3 másodpercről legalább 182 másodpercre. Ebben a tartományban tárolják a CD-I specifikus információt. Ezek az információk megadhatják a zeneszámok vagy a képek nevét, esetleg róluk tájékoztató információkat.

Egy CD-I Ready Disc három különböző módon játszható le:

- ha a CD-DA lejátszón a Track Pregap információt nem vesszük figyelembe és csak az audio információt játsszuk le.
- ha a Track Pregap a CD-I információival dolgozik csak. Itt mindazon média formátum hozzáférhető, amelyek interaktív módon olvashatóak, megjeleníthetőek és interpretálhatóak. Ugyanazon track CD-DA audioadatait nem játsszák le.
- ha az audioadatok visszaadása alatt a Track Pregap CD-I adatok is egyidejűleg megjeleníthetőek. Ezért először a CD-I adatok olvasására és tárolására kerül sor. Ezután következik az audio visszajátszás és a megfelelő, az előzőekben már beolvasott adatok visszajátszása. Ily módon elérhető az adatok egyidejű visszajátszása.

6.4.4. Photo Compact Disc (Photo-CD)

A Kodak 1992-ben dobta piacra a Photo-CD-t azzal a céllal, hogy a fotósok digitális fényképeiket ezentúl ezen adathordozón tárolhassák. A fényképeket szokványos fényképezőgépekkel készítik a megfelelő filmanyagokra. A filmfejlesztés szerint a felvételeket 8 bit-es luminancia (Y) felbontással és kétszer 8 bit-es krominancia (C) felbontással digitalizálják, így minden képponthoz 24 bitet rendelnek. Azt a kódrendszert amely a luminancia jelet elkülönítve tárolja a krominancia jelektől, YCC kódolásnak nevezzük. Az egyes csatornák a következőképpen adódnak:

$$Y = R + G + B$$

$$C_1 = R - Y$$

$$C_2 = B - Y$$

Ezekből a krominancia-részek kifejezhetők:

$$R = C_1 + Y$$

$$B = C_2 + Y$$

$$G = -(C_1 + C_2) - Y$$

A módszer azt a tényt használja ki, hogy az emberi szem a világosságkülönbségeket lényegesen jobban megkülönbözteti egymástól, mint a színárnyalatokat. A luminancia-adatok teljes egészében átvitelre kerülnek, a krominanciaértékeknek azonban a látásunk tulajdonságain alapuló adattömörítést hajtanak végre (Kodak szabadalom). Más szóval a szem egy kis csalás áldozata lesz, de csak annyira, hogy senki se vegye azt észre.

Minden felvételt 6 különböző felbontásban Image Pack (3-6 MB) formátumban kódolják (lásd 6.3. táblázat). Ez a kódolás többfokozatú felbontásban megfelel a mozgóképek JPEG szerinti hierarchikus kódolás elvének.

Mindezekkel párhuzamosan a Kodak piacra dobott több speciális Photo-CD-Player-t, amelyek segítségével a Photo-CD-n tárolt képeket a készülékhez csatlakoztatott TV-n vagy monitoron meg lehetett tekinteni. Ezeken a lejátszókon az audio-CD-k is lejátszhatók voltak, ezzel igyekeztek kompatibilissé tenni a szórakoztató-elektronikai készülékek között.

A Photo-CD igen hatékony eszközévé vált a számítógépes kiadványszerkesztésnek (Desktop Publishing-DTP), a számítógépes képfeldolgozásnak is. Ennek az az oka, hogy a Photo-CD-lejátszó lehetővé teszi például a képek megjelenítési sorrendjének beállítását, a képek képernyőn történő eltolását, illetve 90°-kal való elforgatását, a képek kicsinyítését, illetve nagyítását, stb.

A kép megnevezése	Tárolás módja	Felbontás	Alkalmazás
Base/16 Photo-CD	tömörítetlen	128*192	áttekintő képek az "Összefoglaló ² lap" számára
Base/4 Photo-CD	tömörítetlen	256*384	erősen kicsinyített megjelenítés ill. kisfelbontású nyomtatás számára
Base ³ Photo-CD	tömörítetlen	512*768	közepes felbontású megjelenítés monitoron ill. nyomtatás (300-600 dpi)
4 Base Photo-CD	tömörített	1024*1536	nagy felbontású megjelenítés HDTV monitoron ill. nyomtatás (600-2000 dpi)

² A Photo-CD-n tárolt képeket tartalmazza egy OVERVIEW.PCD file-ban, igen kis felbontásban. Célja a képek gyors áttekintése.

³ A jelölés logikája a következő: a Base/4 a Base felbontást mindkét irányban a felére (2*2=4) csökkenti, míg a 4 Base duplájára növeli, stb.

16 Base Photo-CD	tömörített	2048*3072	rendkívül nagy felbontású megjelenítés HDTV monitoron ill. nyomtatás (2000-4000 dpi)
64 Base Pro Photo-CD ⁴	tömörített	4096*6144	nyomdaipari reprodukciók számára

6.3. táblázat

A Photo-CD-k írásánál használatos CD-Recordable technikának az a sajátossága, hogy a lemez még íratlan részeit később új adatokkal tölthetjük meg. A korábban rögzített és előkészített képeket tartományba rendezett módon tárolnak a lemezen, amennyiben a későbbiek során további képeket szeretnének ugyanarra a Photo-CD-re rögzíteni, további tartományt ill. tartományokat kell készíteni mindaddig, amíg a lemez be nem telik. Fontos kihangsúlyozni, hogy a Photo-CD egyszer már megírt része többé nem törölhető, illetve nem változtatható meg, minden új szekció teljesen önálló területnek minősül. Ebből viszont a többi CD-vel való kompatibilitási probléma származik, hiszen azokon mindig csak egyetlenegy tartomány található, Lead-In -től Lead-Out -ig (lásd. 6.4.1.1. fejezet vége). Ez tehát azt jelenti, hogy a CD-DA ill. CD-ROM meghajtók nem tudnak mit kezdeni a többtartományos (multisession) Photo-CD lemezekkel, pontosabban csak az első tartományt tudják olvasni.

A Photo-CD-k viszont korlátlanul lejátszhatók egy CD-ROM/XA kompatibilis meghajtóval, amely az ISO-9660 szabványra épül (lásd. 6.4.2.1. és 6.4.6. fejezet).

A megfelelő CD-ROM-meghajtók mellett szükség van megfelelő alkalmazói szoftverekre is, amelyek képesek a Photo-CD speciális adatformátumait olvasni ill. értelmezni (Photo CD Access, Adobe Photoshop, Aldus Photostyler, Corel Photopaint, stb.).

6.4.5. DVI (Digital Video Interactive)

A DVI, a CD-I-hez hasonlóan egy rendszer részeit írja le, amely a következő részekből áll: tömörítő és visszatömörítő algoritmusok, mozgóképek valós idejű tömörítésére és kicsomagolására használatos nagy integráltsági fokú dedikált integrált áramkörök, egy felhasználói felület (Audiovisual Kernel = AVK) és egy meghatározott adatforma (CD-ROM módus 1). A CD-I-vel összehasonlítva itt nem a CD technológián van a hangsúly, hanem a tömörítési algoritmusokon, a file nevek 8+3 karakteresek, a tiltott karakterek itt is érvényesek. A DVI-ről lényegesen több szó esik a "Tömörítések" című fejezetben.

6.4.6. CD-ROM/XA (Compact Disc Read Only Memory Extended Architecture)

A Sony és Philips a Microsoft-tal kiegészülve a CD-ROM lemezek korlátain - több média egyidejű lejátszhatatlansága - átlépve, a CD-I ill. a DVI tapasztalataiból okulva kifejlesztette a CD-ROM/XA-t. A CD-ROM/XA -val szemben támasztott legfontosabb követelmény az volt, hogy lehetségessé váljék kép-, hang-, szöveg-, valamint számítógépes adatok egyidejű beolvasása. Ezeket az adatokat úgy kellett csoportosítani, hogy egy multimédiás lejátszóprogram számára a szükséges elemek egyidejűleg legyenek elérhetők. A multimédiás alkalmazásoknál általában a háttérben zene szól, a monitoron mozgóképek futnak, és a

⁴ A Kodak piacra dobta még nagyobb felbontású CD-jét Pro Photo-CD néven, sőt megzenésített fényképalbumát Portfolio Disc néven. Ez utóbbi 800 kép vagy 60 perc audio tárolására szolgál, a gyakorlatban persze ezek kombinációja a gyakori.

mindenkori programnak ezzel egyidejűleg kiegészítő információkra, vezérlőparancsokra és interaktív választási lehetőségekre is készen kell állnia.

Ezen követelményekre azt a megoldást találták ki, hogy a blokkokat (CD-ROM Modus 2-re alapozva) speciális azonosítójellel (Subheader) látták el, ami elárulja, hogy abban a blokkban kép-, hang-, szöveges-, grafikai adatok stb. vagy programkód található-e. Ezen blokkokat aztán az adott program követelményeinek megfelelően tetszőleges sorrendben, úgymond "összefésülve" (Interleave) lehet elhelyezni. A CD-ROM lényeges előnye, hogy egy track-en belül többféle médiablokk is lehetséges, mert mindegyik CD-ROM Modus 2 szerint van rendezve. Mindezek után érdemes azt is megjegyezni, hogy itt is kétféle adatfolyam létezik, mégpedig a következők:

- CD-ROM Modus 2-XA Forma 1 (6.9. ábra)



-  12 byte szinkronizációs terület
-  4 byte fejléc (header)
-  8 byte azonosítójel (sub-header)
-  2048 byte adatterület
-  4 byte hibafelismerésre szolgáló terület
-  276 byte a hiba kijavítására szolgáló terület ($1 \cdot 10^{-12}$ hibaarány)

6. 9. ábra

- CD-ROM Modus 2-XA Forma 2 (6.10. ábra)



-  12 byte szinkronizációs terület
-  4 byte fejléc (header)
-  8 byte azonosítójel (sub-header)
-  2324 byte adatterület
-  4 byte hibafelismerésre szolgáló terület ($1 \cdot 10^{-8}$ hibaarány)

6.10. ábra

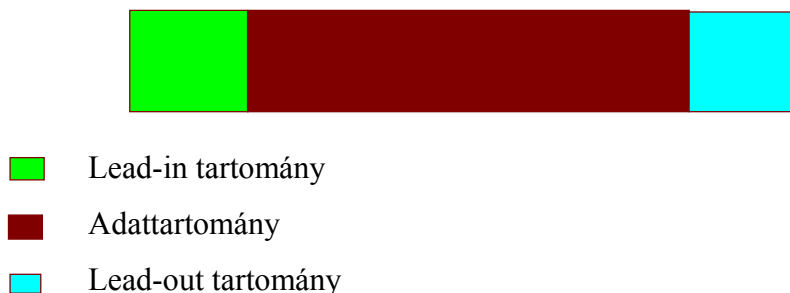
A CD-ROM/XA az Interleave következtében többfajta tömörített média egyidejű tárolására alkalmas. Audioadatok, különböző minőségben ADPCM (Adaptive-Difference-PlusCode-Modulation) szerint tömöríthetők. Ez lehetővé teszi a tömörítetlen 74 perces felvétel helyett 19 órás anyag felvételét csökkentett minőségben. Erről bővebben a "Tömörítések" című fejezetben lesz szó.

6.4.7. CD-WO (Compact Disc Write Once)

Az eddig ismertett optikai lemezek alkalmatlanok voltak arra, hogy a felhasználó ráír hasson rájuk. Nyilvánvaló, hogy ez sokáig nem maradhatott így. Az 1990-ben megjelent Orange

Book második részében publikálták a CD-WO-t. A jelrögzítés módját a 6.3.2. fejezet tartalmazza. Nézzük ezek után a jelrögzítés formáját.

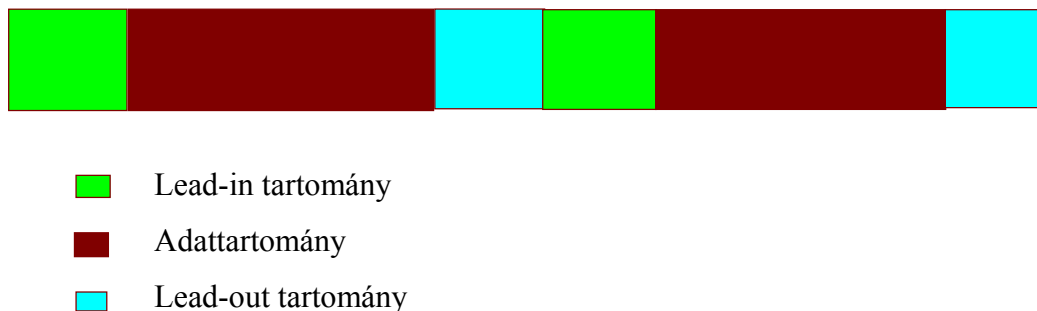
Az eddigi CD-k adattartománya előtt egy befűző rész (Lead-in tartomány), a végén pedig egy kifutó rész (Lead-out tartomány) helyezkedik el (lásd. 6.4.1.1. fejezet). A Table of Content a bevezető tartományban van feljegyezve és ez biztosítja a fej pontos pozicionálását. A CD-WO-nál ez azonban csak akkor írható a lemezre, amikor az adatok már rögzítve vannak, tehát az írási folyamat után. Ezért a CD-WO-ra történő írásnak egyetlen folyamatnak kell történnie. Mindez azt jelenti, hogy a lemezen csak egy szekció van, tehát egy Lead-in ill. Lead-out tartomány veszi közre az adattartományt (6.11. ábra). Ennek a lemeznek a neve Regular CD-WO.



6.11. ábra

A lemezre az adatokat CD-író berendezéssel viszik fel, az írás sebessége kétszerese az olvasási sebességnek. A felírási folyamat első lépése az adatok CD-WO leképezése mágneses merevlemezen, majd az optikai lemezre írják azt.

Folyamatosan bővíthető struktúrával rendelkezik a Hybrid CD-WO. Ezen a lemezen több szekció is létrehozható, amelyek mindegyikének van Lead-in ill. Lead-out tartománya. Maximum 99 szekció hozható létre (6.12. ábra).



6.12. ábra

6.4.8. CD-MO (Compact Disc Magneto Optical)

Az Orange Book első részében definiálták ezt az optikai lemezt, amely nagy tárolókapacitású és többször írható. A tárolás alapelvét a 6.3.3. fejezetben láthattuk. A lemezen kétféle tartomány van, egyrészt a csak olvasható Premastered Area ill. a többször írható Recordable Area. A 6.3.3. fejezetben bemutatott eljárás egyértelműen bizonyítja, hogy ez a lemez az eddig bemutatott eljárásokkal nem játszható le, de az ilyen lemezek szükségességéhez nem fér kétség.

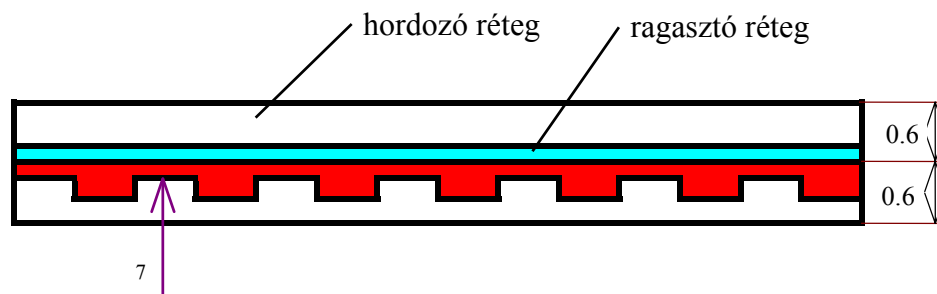
6.5. A DVD, mint az optikai lemezek új generációja

A 6.2. fejezetben már jeleztem az új, de az eddigi technológiákból kinövő CD -k megjelenését. A DVD fogalom a multimédiában és bízást állítható, hogy alapjaiban érinti az adattárolást. A DVD család alaptípusait a hagyományos CD-k típusainak megfelelően itt is "könyvekben" specifikálták, de itt nem betűkkel, hanem az ábécé betűivel jelölték azokat.

A különböző típusú DVD-k közös jellemzője a 2x0.6 mm vastagságú, 120 vagy 80 mm átmérőjű, polikarbonát hordozó rétegből kialakított - transzparens vagy nem transzparens ragasztóval összeragasztott - szendvicsszerkezet. amely típustól és kapacitástól függően egyik vagy mindkét oldalról olvasható, és egy vagy több információs réteggel is ellátható (6.2. táblázat).

Szerkezetüket és ezzel kapacitásukat tekintve a DVD CD család öt fajtáját különböztetjük meg:

1. DVD 5⁵ - egy oldalról olvasható, egy információs rétegű lemez, kapacitása 4.7 GB⁶ (6.13. ábra)



6.13. ábra

2. DVD 8 vagy DVD 9 - egy oldalról olvasható, két információs rétegű lemez, kapacitása 8.5 GB

3. DVD 10 - két oldalról olvasható, egy információs rétegű lemez, kapacitása 9.4 GB

4. DVD 17 - két oldalról olvasható, két információs rétegű lemez, kapacitása 17 GB

5. Hybrid DVD - egy oldalról olvasható, két információs rétegű lemez, kapacitása 4.7 GB

⁵ A szám a lemez kapacitását jelenti kerekítve.

⁶ A kapacitás adatok a 120 mm átmérőjű lemezekre vonatkoznak, a 80 mm átmérőjű lemezek kapacitása arányosan kisebb (lásd 6.2. táblázat).

⁷ A nyíl vagy nyilak mutatja/ák a lézer vagy lézerek fókuszálási pontját ill. pontjait.