

TALLINNA PEDAGOOGIKAÜLIKOOL

Matemaatika-loodusteaduskond
Informaatika osakond

Rain Haviko

Salvestusseadmete e-õppematerjal

Diplomitöö

Juhendaja: Marek Kusmin

Autor: “ ” 2002. a.
Juhendaja: “ ” 2002. a.
Osakonna juhataja: “ ” 2002. a.

Tallinn 2002

SISSEJUHATUS	4
1. KÕVAKETAS (HARD DISK DRIVE)	5
1.1 KÕVAKETTA AJALUGU	5
1.2 KÕVAKETTA EHITUS	6
1.3 TÖÖTSÜKKEL	10
1.4 JÕUDLUS	11
1.5 IDE	11
1.6 EIDE (ENHANCED IDE)	12
1.7 ULTRA ATA	13
1.8 SCSI (SMALL COMPUTER SYSTEM INTERFACE)	14
1.9 FIBRE CHANNEL	18
1.10 SSA	18
1.11 RAID	19
1.12 SMART	20
1.13 MICRODRIVE	20
1.14 HOLOGRAAFILISED KÕVAKETTASEADMED	21
1.15 PLEDM	22
2. DISKETISEADE (FLOPPY DISK DRIVE)	23
2.1 DISKETISEADME AJALUGU	23
2.2 DISKETISEADME EHITUS	23
2.3 TÖÖTSÜKKEL	23
2.4 DISKETISEADME VÕIMALIKUD ASEDAJAD	24
3. CD-ROM	26
3.1 ANDMEKANDJA	26
3.2 TÖÖPROTSESS	27
3.3 DIGITAALNE HELI	28
3.4 CLV	29
3.5 CAV	29
3.6 TRUEX TEHNOLOOGIA	30
3.7 MINI ANDMEKANDJA	31
3.8 TOPELTTIHEDUSEGA ANDMEKANDJA	32
4. DVD (DIGITAL VERSATILE DISK)	33
4.1 AJALUGU	33
4.2 TEHNOLOOGIA	34
4.3 FAILISÜSTEEMID	36
4.4 ÜHILDUVUS	36
4.5 KODEERIMINE	38
4.6 ANDMEKAITSE	39
4.7 DVD-ROM	40
4.8 DVD-VIDEO	41
4.9 DIVX	42
4.10 DVD-AUDIO	42
4.11 DVD SALVESTATAVAD FORMAADID	43
5. OPTILISED SEADMED (OPTICAL DRIVES)	46
5.1 MAGNET-OPTILINE TEHNOLOOGIA	47
5.2 LIMDOW	48
5.3 MAGNET-OPTILINE KETAS	49
5.4 OSD TEHNOLOOGIA	50
5.5 FLUORESTSENTS-KETTA TEHNOLOOGIA	52
5.6 SININE LASER	53

6. LINDISEADE (TAPE BACKUP DEVICE)	54
6.1 QIC	54
<i>6.1.1 QIC standardid</i>	56
6.2 TRAVAN STANDARDID	57
6.3 DAT	58
<i>6.3.1 DAT standardid</i>	59
6.4 8MM	60
<i>6.4.1. 8mm standardid</i>	60
6.5 MAMMOTH	60
6.6 DLT	62
6.7 SUPER DLT	63
6.8 ADR TEHNOLOGIA	64
LÕPPSÕNA	66
SUMMARY	68

Sissejuhatus

Enamus inimesi ei soovi eriti vanadest traditsioonidest loobuda ning mõte paberõppematerjali arvuti vastu vahetamisest tundub absurdne. Olen veendunud, et arvuti abil on võimalik isegi efektiivsemalt õppida, lihtsalt tuleb muuta mõtteviisi. Ainult sel viisil on võimalik üle saada tõrkest, mis tekib ekraanilt lugedes. Arvuti muudab õppekeskkonna interaktiivseks ning võimaldab kogu teemast kiiresti põhjalikku ülevaadet saada ning tänu internetile on e-õppematerjal kättesaadav laiale ringkonnale.

Käesolev diplomitöö on 2001. a minu poolt kaitstud proseminaritöö edasiarendus. Proseminaritöös leidsid kajastamist teemad: Kõvaketas, Disketiseade, Optilised seadmed ja Lindiseadmed, kuid täielikult jäid tookord välja teemad: CD-ROM ja DVD. Diplomitöös said kaetud CD-ROM ja DVD valdkond ning lisaks said täiendust kõik ülejäänud proseminaritöös kajastamist leidnud teemad. Mass-salvestusseadmete valdkonnas on poole aasta jooksul palju muutunud, uuenenud. Kasutusele on võetud uusi tehnoloogiaid, meetodeid, mis enamus diplomitööst ka kajastamist leiavad. Töö digitaalne realisatsioon õppematerjalina asub hetkel veebiaadressil <http://www.andras.ee/mass-salvestus/>

Tulevikus võib õppematerjali leida ka TPÜ serverist.

Digitaalne variant tööst on ülesehitatud töö paberkandja variandile sarnaselt, interaktiivselt sama teemade hierarhiat kasutades.

Töö on mõeldud abimaterjaliks iseõppijale, riistvara loengumaterjali täienduseks, kõigile neile, kellel on suurema huvi riistvara ja salvestusseadmete vastu ning kellel on tahtmist teadmisi omandada mass-salvestusseadmete kohta. Töö eesmärk on leevendada eestikeelse kirjanduse vähesust ning pakkuda võimalust interneti teel õppimiseks.

Töö teema valiku ajendiks oli huvi riistvara vastu ja oma panuse osutamine lõpuks kõikide riistvara valdkondade eestikeelse õppematerjaliga katmiseks TPÜ informaatika osakonna riistvara kursuse huvides.

1. Kõvaketas (Hard Disk Drive)

1.1 Kõvaketta ajalugu

Kõvakettad on läbi teinud kiire ja huvitava arengu. Kõvaketta arengu algusajaks võib lugeda viiekümnendaid aastaid. Esimestel kõvaketastel oli pöörlemiskiirus 3600 pööret minutis, tänapäeval küünib selle pöörlemiskiirus 10000 pööret minutis ja üle selle. Lühidalt kõvaketaste ja üldse kettaseadmete ajaloost rääkides peaks alustama trumlist. Esimese magnettrummel salvestusseadme nimega ERA 110 ehitas Minneapolise Ühinenud Tehnika Uurimiskeskus USA mereväe jaoks 1950. a ning selle mahutavus oli 125000 baiti.

Esimese arvuti kettaseadme salvestussüsteemi 305 RAMAC (*Random Access Method of Accounting and Control*) leiutas IBM 1956. a ning see koosnes 50-st 24 tollise läbimõõduga kettast ja oli võimeline salvestama 5 MB infot.

Esimese “õhus liikuvate peadega” kettaseadme leiutas IBM 1961. a.

1973. a valmistas IBM kõvaketta 3340 Winchester, kõigi praeguste kõvaketaste eelkäija. Sellel mudelil oli kaks plaati, kumbki mahutavusega 30 MB.

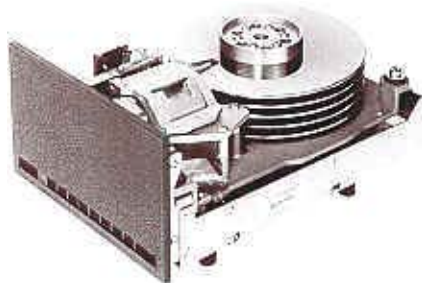


Foto 1. Kõvaketta *Seagate ST506* sisevaade

Esimest 3½ tollist kõvakettaseadet ST506 mikroarvutitele tutvustas Seagate Technology 1980. a. Seade oli stepper tüüpi mootoriga ning mahutas 5 MB infot.

Esimesed 3½ tollised IDE seadmed tekkisid kui plugin-laiendusplaadid, või kui kettaplaadid.

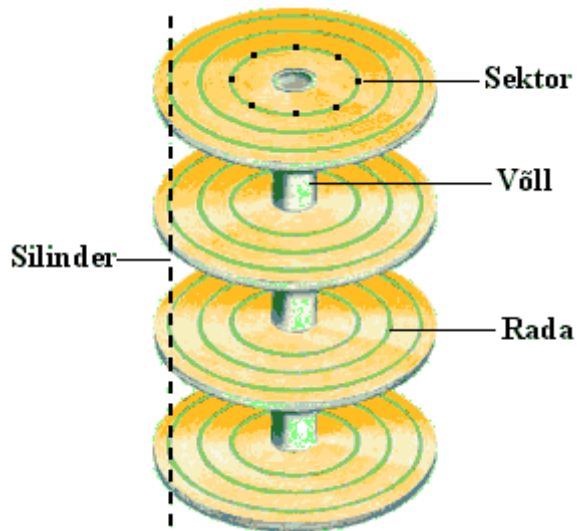
1997. a tutvustas Seagate esimest 7200 pm Ultra ATA kõvaketast personaalarvutile.

1.2 Kõvaketta ehitus

- Kõvaketta andmeplaat või -plaadid

Enamus kõvaketta plaate ehk kettaid on valmistatud alumiiniumisulamist, kuid esineb ka keraamilisest materjalist ja klaasist valmistatud kettaid. Plaatide diameeter võib olla 21/2, 32/2, 51/4 tolli. Nende paksus kõigub 1–3 millimeetrini. Plaadid on mõlemalt poolt kaetud magnetiseeruva üliõhukese (kuni 0,000001 mm paksu) materjaliga. Vanemates kettaseadmetes kasutati selleks ferriidi ühendit, mis pritsiti lahusena plaadi pinnale. Seejärel pandi plaat suure kiirusega pöörlema ja jaotati materjal tsentrifugaaljõu abil ühtlaselt plaadi pinnale. Uuematel seadmetel on magnetiline kilekiht paigaldatud plaadile galvaniseerimise teel.

Kui kõvakettale tehakse eelvormindus (*low-level format*), siis jagatakse ketas radadeks ja sektoriteks. Rajad on kontsentrilised magnetilised jooned ümber kettaplaadi keskel asuva võlli, mõlemal kettaplaadi poolel. Rajad on grupeeritud silindriteks, kusjuures rajad omakorda jaotatakse sektoriteks, millest igaüks on standardselt 512 baiti suur. Sektor on ketta väikseim ligipääsetav ühik. Kettaseadmed kasutavad *zoned-bit* salvestustehnoloogiat, mille abil ketta välised rajad sisaldavad rohkem sektoreid kui sisemised. Üksikute sektorite otsimine ja kalkeerimine (*tracking*) nõuaks palju ressursse, põhjustades failitöötuse kiiruse langemist. Jõudluse tõstmiseks jaotatakse sektorid gruppideks, mida nimetatakse klastriteks (*cluster*). Sektorite arv klastris sõltub klatri suuruselt, mis omakorda sõltub kõvaketta sektsiooni suuruselt ja kasutatavast failisüsteemist.



Joonis 1. Kõvaketta andmeplaadid

Tabel 1. Sektsiooni ja klastri suuruste suhe FAT32 ja FAT16 failisüsteemi puhul

FAT 32 Sektsiooni suurus	FAT 32 klastri suurus	FAT 16 Sektsiooni suurus	FAT 16 klastri suurus
0 MB – 255 MB	512 KB	0 MB – 127 MB	2 KB
256 MB – 8 GB	4 KB	128 MB – 255 MB	4 KB
8 GB – 16 GB	8 KB	256 MB – 511 MB	8 KB
16 GB – 32 GB	16 KB	512 MB – 1 GB	16 KB
32 GB – 2 TB	32 KB	1 GB – 2 GB	32 KB

- **Võllmootor plaatide pöörlema panemiseks**

Enamikel seadmetel on mitu kettaplaati, mis on kinnitatud ühise võlli külge. Plaatide vahel on vaba ruum lugemis-kirjutuspeade jaoks. Otsekasutus (*direct drive*) harjadeta võllmootor on ehitatud võlli sisse või paigutatud selle alla. Võll ja plaadid pöörlevad konstantse nurkkiirusega. Tänapäeval on uuemate kõvaketaste pöörlemiskiirus üle 10000 pööret minutis, võrdluseks võib tuua disketiseadme, kus võll pöörleb 300 või 360 pööret

minutis. Võllmootor saab juhtsignaalid tehase poolt plaadile kirjutatud infost, või vanemate seadmete korral füüsilistest sensoritest.

- **Lugemis-kirjutuspead**

Plaatide mõlemad pooled on kaetud magnetilise pinnaga. Plaadi mõlema poole jaoks on oma lugemis-kirjutuspea. Mõningad seadmed kasutavad seadme ühe plaadi üht poolt juhtsignaalide jaoks. Iga pea on kinnitatud akuraatori külge. Ketaste pöörlemisel tekib õhupadi ketaste vahele. Peade ja kettapinna vahel puudub kokkupuude. Enamikel kettaseadmetel, mis on ehitatud pärast 1980-t aastat, on spetsiaalne peade parkimissüsteem. Süsteem liigutab pead vooluahela katkestamise korral ettemääratud asendisse, tavaliselt ketaste lõpus ning lukustab nad selles asendis seniks, kuni vooluahel taastatakse.

- **Mehhanism peade liigutamiseks (akuraator)**

Akuraatorit kasutatakse peade liigutamiseks edasi-tagasi üle kettaste pinna. Esimeste kettaseadmete juures kasutati peade positsioneerimiseks samm-mootor (*Stepper Motor*) süsteemi. Tänapäeval kasutatakse veel seda süsteemi disketiseadmete juures, kuid see ei ole enam sobiv kasutamiseks tänapäeva kõvakettaplaatide andmetiheduse juures. Samm-mootor tüüpi kõvaketaste päringukiirus (*access speed*) on vahemikus 30-70 ms (millisekundit).

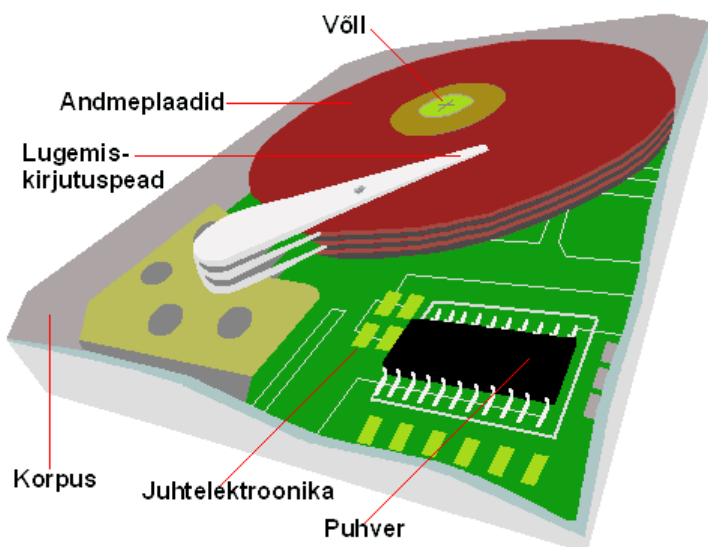
Kaua aega on kasutatud akuraatori juhtimiseks *Voice Coil* süsteemi. Pool, mis on paigaldatud pea sisse, liigub püsिमagnetі poole või sellest eemale, vastavalt voolu suunast, mis poolist läbi lastakse. *Voice Coil* süsteemi puhul on tegu analoogsüsteemiga, kus pooli liikumise vahemaad kontrollitakse kindla voolu hulga läbilaskmisega poolist. Pooli tegelik asukoht määratakse kindlaks juht servo informatsiooni järgi, mis on tehase poolt kettale kirjutatud. Peade täpne asukoht radade kohal seatakse õigeks vastavalt loetud kontrollinformatsioonile reageerides. *Voice Coil* tüüpi kettaseadmete päringukiirus on vahemikus 10-20 ms.

- Eelvõimendi lugemis-kirjutussignaali võimendamiseks

Eelvõimendi saab signaali peadest, puhastab signaali ja võimendab seda enne selle saatmist kõvakettast välja.

- Õhufilter ja rõhuava

Kõvaketta sisemiste komponentide kulumisel ja peade juhuslikul kokkupuutel ketastega tekivad mikroskoopilised osakesed, mis levivad kõvaketta sees. Alaline õhufilter on paigaldatud õhuvoolu ette, et eemaldada need osakesed enne kui nad jõuavad kahjustada õrnu kettasiseseid mehhanisme. Enamikel kõvaketastel on väike ava, mis varustab kõvaketta sisemust vähesel määral välisõhuga. Selline õhuvahetus võimaldab ketta sisemise rõhu ühtlustumist välisrõhuga, mis võimaldab kettaseadmeid kasutada erinevates keskkondades ilma ala- või ülerõhu tekkimiseohuta.



Joonis 2. Kõvaketta sisemus

1.3 Töötsükkel

Andmed salvestatakse magnetilisele pinnale sarnaselt disketiseadmete ja lindiseadmetega. Pinda käsitletakse kui punktide hulka, milles iga üksik magnetilise polarisatsiooni element muudetakse "1"-ks või "0"-ks. Iga üksiku punkti asukoht ei ole täielikult kindel, selleks, et lugemis-kirjutuspea leiaks üles ketta peal õige koha, kasutatakse juhtmärke.

Kui arvuti loeb kettalt andmeid, siis otsib operatsioonisüsteem kettal õige koha üles. Selleks loeb ta FAT failisüsteemi puhul kõigepealt failipaigutustabelit (FAT), mis on kettasektsiooni alguses ning mis kirjeldab failide füüsilist paigutust kettal. Sealt saab operatsioonisüsteem infot millises klastris on otsitud andmed. Kettakontroller juhib seadme servo-mootoreid ja muundab lugemis-kirjutuspeast tuleva vahelduva voolu (*fluctuating voltage*) protsessori jaoks digitaalseks andmevooks. Järgmine loetav andmekogum on eelnevalt kettal välja selgitatud. Selleks on kõvakettal vahemälu puhver (*cache buffer*) tavaliselt suurusega 64 KB-2 MB, ning sinna salvestatakse kogu sektoril või silindril sisalduv informatsioon, juhuks kui seda peaks vaja minema. Puhvri abil õnnestub tõsta pöördusaja kiirust ja läbilaskevõimet. Kõvakettad kasutavad peade juhtimiseks servoinformatsiooni, mis võib olla salvestatud eraldi plaadile, või asuda koos andmetega kõigil plaatidel. Eraldi servoplaadiga kettaseadmed on kallimad, kuid tunduvalt kiirema pöördusajaga, kuna pead ei raiska aega servoinformatsiooni saatmiseks.

Servo- ja andmeplaadid võivad temperatuuri muutumise tõttu kaotada joondatuse. Selle vältimiseks kontrollib seade pidevalt temperatuuri, mida nimetatakse termiliseks kalibreerimiseks (*thermal recalibration*). Seda on märgata nt. multimeediumi taasesitusel, kus see võib põhjustada andmeedastuses pause ning mis avalduvad hakitud helis ja toppama jäänud videokaadrites. Termilist kalibreerimist ei ole vaja kui servoinformatsioon on salvestatud andmetega samadele plaatidele.

1.4 Jõudlus

Kõvaketaste jõudlus on tähtis kogu arvuti üldise töökiiruse huvides, mis tähendab, et aeglane kõvaketas viib kogu süsteemi kiiruse alla. Kõvaketaste kiirust iseloomustatakse mitmete näitajate alusel.

Üks näitaja on plaatide pöörlemiskiirus. Plaatide pöörlemiskiirus on oluline osa kettaseadme jõudlusest, kuna see mõjutab otseselt latentsusaega (*latency*) ehk aega pöördusest andmeedastuse alguseni ja andmevahetuskiirust. Mida kiiremini kettad pöörlevad, seda rohkem andmeid jookseb ajaühikus magnetilise lugemis-kirjutuspea alt läbi. Mida aeglasemalt ketas pöörleb, seda suurem on latentsusaeg.

1.5 IDE

IDE (*Integrated Drive Electronics*) kettaseadmeid on kasutatud juba aastaid. Selliste seadmete korral on kõvakettad ühendatud emaplaadiga laiendplaadi (*expansion board*) abil või emaplaadile integreeritud IDE kontrolleri siinile (*IDE bus*). Kettaseadme ülesandeks on sooritada enamus ketta tööks vajalikud mehaanilised ja elektro-servo funktsioonid ning kontrolleri ülesandeks on juhtida kettaseadme tööd. IDE kettaseadme leiutamiseega tõsteti enamus elektroonikat ja madalama taseme tarkvara, kontrollerist ümber kettaseadme sisemusse trükiplaadile. Samuti lisati kettaseadme elektroonikale vahemälu puhver, et kiirendada kõvakettale lugemist ja kirjutamist, mis tagas jõudluse kasvu ja kettaseadmete hinnalanguse.

Enamustel tänapäeva emaplaatidel on integreeritud siinid IDE seadmete ühendamiseks, mistõttu ei ole enam vaja laiendplaati. Tavaliselt on sellistel emaplaatidel kaks IDE kanalit (*channel*)- primaarne (*primary*) IDE ja sekundaarne (*secondary*) IDE, mis mõlemad võimaldavad kahe IDE seadme ühendamist.

Termini IDE võttis kasutusele firma Western Digital. Teised firmad kasutavad terminit ATA (*AT Attachment*), mis sisuliselt on sama. Viimasel ajal on võetud kasutusele mitmeid uusi standardeid parandamaks aegunud IDE liidest ja sobitamaks seda teiste seadmetega peale kõvaketaste nagu näiteks CD-ROM-id, mis töötavad IDE liidese all. Mõned sellistest standarditest oleks: Täiustatud IDE (EIDE) (*Enhanced IDE*), ATAPI (*ATA Packet Interface*), Andmete edasi ja tagasi liigutamiseks ilma protsessorit koormamata kasutavad Ultra-ATA jt. ATA/100 ja ATA/66 seadmed "Otsest mälu poole pöördumist" (*DMA*) või siinihaldamist (*Bus Mastering*) ning kiiruseks saavutatakse kuni 66 MB/s. Vanemate emaplaatide juures on

kasutusel ATA/33 ja isegi vanemad IDE keskkonnad. Enamus ATA/66 kettaseadmed töötavad ka vanemate IDE keskkondade all, kuid loomulikult ei saavuta sellist kiirust.

1.6 EIDE (Enhanced IDE)

EIDE tõi turule firma Western Digital 1993. a. EIDE on standard, mis on loodud ATA puudustest ülesaamiseks, jäädes samas tagantjärele ühilduvaks. EIDE võimaldab suuremaid andmeedastuskiirusi ning suuremat kettasuurst, seda kuni 137 GB. EIDE keskkonnas on võimalik ühendada kahe kanali külge üks kuni neli seadet. Iga kanali külge on võimalik ühendada kaks seadet ülem-alluv (*master-slave*) süsteemi järgi. Esmane port on tavaliselt ühendatud kohalikule siinile (nt PCI), millel on samad aadressid ja katkestusnõude (*IRQ*) seaded, nagu tavalise IDE süsteemi puhul. See tagab IDE süsteemide puhul tagasiühilduvuse ja väldib konflikte, mis võiksid tekkida seoses operatsioonisüsteemi tarkvara ja teiste IDE seadmetega suhtlevate tarkvaraprogrammidega. Vana IDE süsteem tuleb üles seada nii, et ta suudaks töötada IDE uuendustega (suurem jõudlus ja ketta suurus). Seda võimaldatakse lisatarkvara abil.

Kui arvuti tahab andmeid lugeda või kirjutada, siis esmalt operatsioonisüsteem tuvastab andmete paiknemise kõvakettal (pea numbri, silindri, sektori). Seejärel saadab operatsioonisüsteem käsu ja aadressi informatsiooni ketta kontrolleri, mis seab lugemis-kirjutuspea kõvakettal õige raja kohale. Pea loeb ketta pöörlemisel iga sektori kettal paiknemise aadressi. Kui õige sektor on leitud, loetakse vajalik informatsioon tavaliselt 4 KB suuruste plokkidena arvuti vahemällu.

ATAPI tegi võimalikuks CD-ROM-ide ja muude salvestusseadmete kasutamise. ATAPI kui ATA protokollu uuendus võimaldab teistel seadmetel kasutada ATA siini koos tavaliste ATA kõvaketastega. ATAPI koosneb mitmetest käskudest, mis on omased CD-ROM seadmetele. Programmeeritud sisend-väljundi (*PIO*) režiim on protokollide hulk, mis on vajalik, et vahetada andmeid erineva kiirusega IDE kontrolleri ja kettaseadme vahel. See määrab protsessori koormuse kettaseadme ja mälu andmevahetuse protsessis. DMA protokoll on sarnane PIO režiimile, kus ketta võtab üle siinihaldamise ja liigutab andmed otse arvuti mällu. Seda on sobiv kasutada multitegumtööga (*multitasking*) tegelevates personaalarvutites, kus andmete edastamise käigus ei koormataks nii palju protsessorit. Arvuti BIOS peab toetama DMA-d, et seda saaks kasutada ning DMA jaoks on vajalikud vastavad draivereid..

Kõvaketta tehnoloogias viidi jõudluse suurendamiseks sisse mitmeid muudatusi. Ketta mahutavuse tõstmiseks vähendati radadevahelist kaugust. Samuti andmed, mis igale rajale kirjutati, olid suurema andmetundlikusega (lineaarne tundlikus). Andmete hulka suurendades, mis oli kättesaadav ühe pöörde ajal, suurenes ka sisemine andmevahetuskiirus. Suuremate andmevahetuskiiruste saavutamiseks parandati mitmeid kettaseadmete parameetreid, nagu kettaseadmete pöörlemiskiirus ja vahemälu suurus. Peamiseks sammuks oli ATA/IDE protokollide täiustamine.

Algselt oli ATA mõeldud seadmete ühendamiseks ISA siinile ning andmeedastuskiirus oli piiratud kuni 2-3 MB/s. Uuemad ATA-2 ja Fast-ATA keskkonnad ühendati otse emaplaadi kohalikele siinile (*PCI*) kuna kohaliku siini suurem ribalaius (*bandwidth*) võimaldas suuremaid andmeedastuskiirusi.

1.7 Ultra ATA

1997.a kahekordistati Ultra-ATA (tuntud ka kui ATA-33) kasutuselevõtmisega EIDE andmeedastuskiiruse piiri 16,6 MB/s kuni 33 MB/s. Ultra-ATA parandas andmeterviklikust võttes kasutusele andmeedastuse veatuvastuskoodi ehk tsükkelkoodkontrolli (*CRC*).

Algne ATA keskkond põhines transistor-transistor loogika siini keskkonna tehnoloogial, mis omakorda tugines ISA siini protokollil, mis kasutab asünkroonset andmeedastust. Nii andme- ja kontrollsignaalid saadetakse ühe impulsi jooksul, mida kutsutakse stroobiks (sünkroonimpulss), kuid andme- ja käsusignaalid ei ole ühendatud. Korraga saab saata ainult ühte tüüpi signaali (andme- või käsu), mis tähendab, et andmepäring peab olema lõpetatud, enne kui käsusignaali on võimalik sama stroobi kaudu saata.

ATA-2 puhul kasutati tõhusat sünkroonset andmeedastust, kus kettaseade kontrollib stroobi ja sünkroniseerib andmed ning käsusignaalid iga impulsi serva kasvamisega. Sünkroonne andmeedastus tõlgitseb signaali eraldajana stroobi kasvavat serva. Stroobi iga impulss võib kanda kas andme- või käsusignaali, võimaldades andme- ja käsusignaalil koos stroobis liikuda. Jõudluse tõstmiseks selles keskkonnas tuleb tõsta stroobi kiirust (*strobe rate*). Kiirem stroob tähendab kiiremat andmeedastust. Stroobi kiiruse tõstmisel, muutub süsteem üha rohkem tundlikumaks elektro-magneetilisele mürale (*EMI*), mis võib põhjustada andmete moonutust ja edastusvigasid.

ATA-4 ehk Ultra ATA kasutab signaali eraldajatena nii langevaid kui kasvavaid stroobi servi. Ultra ATA võimaldab andmeedastuskiirust kuni 33,3 MB/s.

ATA-5 ehk Ultra ATA/66 puhul on kahekordistatud Ultra ATA andmeedastuskiirust, tõstes stroobi kiirust veelgi. Stroobi kiiruse tõstmisel kasvavat EMI-t ei saa vältida standardset 40-soonelist kaablit kasutades, mida kasutasid vanemad ATA ja Ultra ATA. Selle eraldamiseks loodi uus 40 kontakti ja 80 soonega kaabel. Antud kaabel sisaldab endas 40 lisa 0-juhet (*ground lines*), mis on algsete 40 maandus- ja signaaljuhtmete vahel. Uus pistik on ühilduv vanemate 40-kontaktiliste eelkäijatega. Samamoodi on Ultra ATA/66 keskkond tagantjärgi ühilduv Ultra ATA/33 ja olemasolevate EIDE/IDE kõvaketta ja CD-ROM seadmetega.

1.8 SCSI (Small Computer System Interface)

SCSI (loe: skasi) on kõrge jõudlusega lisaseadmete keskkond, mis on võimeline iseseisvalt vahetama andmeid arvuti lisaseadmete vahel. Erinevalt ATA-st sisaldab SCSI endas neid käskke, mida on vaja kettaseadmetel arvutiga (*host PC*) suhtlemiseks. Need käsud on SCSI tugevus, kuna muudavad ta intelligentseks keskkonnaks. SCSI muudab tõhusamaks kasutajale suunatud tegevuste sooritamise vabastades arvuti sellest tööst. SCSI on lisaseadmete siini spetsifikatsioon, mille käsud on määratud ANSI X3.131-1986 standardi järgi. SCSI seadmed on sobivamad võimsate arvutisüsteemide jaoks, mis nõuavad maksimaalset võimalikku jõudlust. SCSI pakub suuremaid andmevahetuskiirusi ja nõuab vähem protsessori ressursse kui ATA, mistõttu on teda keerukam häälestada ning ta hind kõrgem. Samuti toetab SCSI rohkem seadmeid kui ATA ning on tagasiühilduv, mistõttu saab uuem ja kiirem seade töötada ka vanema ja aeglasema kontrolleriaga.

SCSI sünniaastaks võik lugeda aastat 1981, kui Shugart (praegune Seagate) liitus NCR-iga, et arendada intelligentne kettaseadmete keskkond. Uue keskkonna nimeks sai SASI (*Shugart Associates Systems Interface*). SASI baasil loodi 1982. a SCSI, mis võeti vastu ANSI poolt kui ANSI standard 1986. a.

On olemas erinevad SCSI tüüpe, mis erinevad andmesiinilaiuse (8 bitti või 16 bitti) ja kiiruse poolest (normal ja fast). Fast SCSI kahekordistab andmeedastuskiirusi kasutades 50 soonelist kaablit ja sünkroonset (või asünkroonset) andmeedastust. Wide SCSI kasutab laiemat 68 soonega kaablit ja võimaldab 16 bitist andmevoogu vastandina 50 soonelise kaabli 8 bitisele andmevoole.

Algne 1986. a loodud SCSI-1 standard on nüüdseks vananenud. SCSI-1 kasutas asünkroonset andmeedastust, kus host ja seade olid võimetud tuvastama teineteise maksimaalset

edastusvõimet. Host ja seade vahetasid andmeid aeglaselt 8 bitti korraga ning ribalaius (*bandwidth*) oli 3 MB/s. SCSI-1 võimaldas ühendada kuni 8 seadet- millest üks kontrolleri ja kuni seitse muud kettaseadet.

Sünkroonse andmeedastuse kasutuselevõttuga saavutavad kontrolleri ja seade suurima andmeedastuskiiruse.

SCSI-2 kasutas sünkroonset andmeedastust, millega koos kasvas ribalaius 5 MB/s. Samuti võimaldas SCSI-2 ühendada teisi seadmeid peale kõvaketaste. Sellel oli kaks olulist kiiruse muudatust- kahekordistatud signaaliedastuskiirus 10 MHz (*Fast SCSI*) ning teine "P" kaabel, mis oli lisatud SCSI siinile, võimaldab 16 või 32 bitist andmeedastust. Neid kahte omadust on võimalik kasutada koos või eraldi Fast wide SCSI-is, mille andmeedastuskiirus on maksimaalselt 20 MB/s. Lai SCSI võimaldab ühendada kuni 16 seadet ühte ahelasse, ID numbritega 0-15

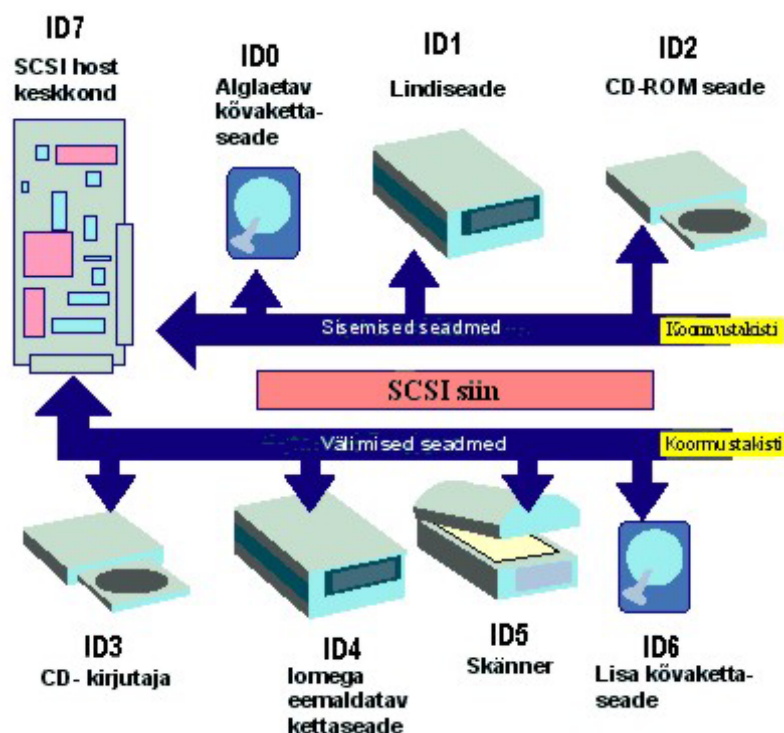
SCSI-3 kõrvaldas vajaduse teise kaabli jaoks Fast või Wide SCSI korral, ning toetab kiudoptilise kaabli kasutamist.

UltraSCSI (tuntud ka kui Fast-20) on SCSI-2 täiustus. UltraSCSI signaaliedastuskiirus on võrreldes SCSI-2-ga kahekordne (20 MB/s). UltraSCSI-2 (tuntud ka kui Fast-40) lasti välja 1998. a. Selle siini signaaliedastuskiirus on 40 MB/s ning maksimaalne eeldatav andmeedastuskiirus on 80 MB/s.

Ultra160 SCSI puhul on jõudlust kahekordistatud, võrreldes tema eelkäija Ultra2 SCSI-ga. Tehniliselt on kolm suuremat uuendust võrreldes Ultra2 SCSI-ga. Need uuendused on: 1) tsükkelkoodikontroll (*CRC*), mis suurendab andmete õigsusvõimalust, 2) domeeni õigsuse kontroll (*domain validation*), mis kontrollib süsteemi konfiguratsiooni, 3) kahekordne siirdetakt (*transition clocking*), mis on peamiseks parandatud ribalaiuse põhjuseks.

Sarnaselt EIDE-le, on SCSI siin, mis kontrollib andmevoogu arvuti protsessori ja lisaseadmete vahel. Erinevalt EIDE-st nõuab SCSI keskkonda, mis on ühendatud PCI või ISA siinile. Seda nimetatakse laiendplaadiks või controlleriks. Kettaseadmete controllerid on ehitatud iga SCSI seadme sisse.

SCSI kõige suurem tugevus on seadmete arv, mida saab tema abil ühendada. Algsed IDE keskkonnad olid piiratud kahe kettaseadmega, tänapäeval saab ühendada IDE keskkonda neli seadet, mis võivad olla kõvakettad või CD-ROM seadmed. SCSI kontroller tuleb toime 8 või 16 (kahekanaliline SCSI) seadmega (kaasaarvatud kontroller, mida loetakse ka seadmeks). Seda enam toetab SCSI keskkond CD-ROM seadmeid, optilisi seadmeid, printereid, skannereid, võrgukaarte ja palju muid seadmeid.



Joonis 3. Seadmete võimalik ühendamine SCSI ahelasse

Iga seade ahelas (kontroller kaasaarvatud) peab olema varustatud unikaalse ID numbriga. Üks SCSI seade ei tohi teise SCSI seadmega samasse ahelasse ühendatuna sama ID numbrit kasutada. Enamik SCSI kontrollereid on varustatud nii välise kui ka sisemise pistikuga, võimaldades ühendada seadmeid ühte või mõlemasse pistikusse. Seadmete füüsilise paiknemisel siinil ja ID vahel ei ole mingit seost. Samas peavad mõlemad kaabli otsad olema elektriliselt "katkestatud" koormustakisti (*terminator*) abil, et vältida signaali peegeldust ning et tagada pikkade kaablite korral andmeteõigsus. Katkestust on mitut erinevat liiki, alustades füüsilistest sillustest (*jumper*) või lülititest ning lõpetades tarkvara konfiguratsiooniga.

Vanilla SCSI võimaldab ühendada kuni 7 lisaseadet, kasutades ID numbreid 0-7. Kontrolleri hõivab tavaliselt ID numbriga 7 ja sooritab alglaadimise kõige madalama ID numbriga seadmelt. Enamik SCSI süsteeme seavad alglaetavaks seadmeks kõvakettaseadme ID numbriga 0 jättes vabaks mittealglaetavad seadmed ID numbritega 1-6. SCSI süsteemi käivitudes järjestatakse kõik seadmed siinil nende ID numbriga järjekorras.

SCSI kontrolleri kasutatakse riistvaralist katkestust (*IRQ*). On võimalik lisada teine SCSI kaart 7 lisaseadme jaoks, kuigi on soovitatav selle asemel kasutada kahekanalilist SCSI kaarti, mis võimaldab ühendada kuni 15 lisaseadet.

Tabel 2. SCSI keskkondade parameetrite võrdlus

Keskkonna nimi	SCSI-1	SCSI-2 / Fast SCSI	Ultra SCSI	Wide Ultra SCSI	Ultra-2 SCSI	Wide Ultra-2 SCSI	Ultra-3 / Ultra-160 SCSI
Maksimaalne (signaalpakettide) andmeedastuskiirus (MBs)	5	10	20	40	40	80	160
Maksimaalne toetatud seadmete hulk	8	8	4 – 8	4 – 8	8	16	16
Maksimaalne siini laius	8	8	8	16	8	16	16
Maksimaalne kaabli pikkus meetrites	6	3	1.5 – 3	1.5 - 3	12	12	12
Pistmiku tüüp	50-pin	50-pin	50-pin	68-pin	50-pin	68-pin	68-pin

SCSI põhiline kasutusala on serverites mass-salvestuses. SCSI Ultra-2 standardit kasutatakse tihti koos RAID-ga (*Redundant Array of Independent Disks*), mis võimaldab suuremat andmeedastuskiirust, andmete kättesaadavust. Viimasel ajal prognoositakse SCSI kasutamise tähtsuse langust serveris, seoses hiljuti tutvustatud *Fibre Channel* standardiga.

1.9 Fibre Channel

Fibre Channel tehnoloogia on uus suund võrguteel salvestamise organiseerimiseks. Tehnoloogia võimaldab andmekiirust kuni 100 MB/s, tulevikus veelgi enam. Fibre Channel tehnoloogia puhul ei ole probleemiks vahemaa kaugus, nagu see on SCSI puhul. Andmekaabli pikkuseks võib olla vase puhul 30 m ja ühe-režiimilise optilise kaabli puhul kuni 10 km. Tehnoloogia kasutab Gigabit Ethernet-iga samasid edastusprotokolle.

Fibre Channel tehnoloogiat on võimalik kasutada pideva vahendusringi kujul (*FCAL*), kuhu on võimalik ühendada sadu eraldiseisvaid salvestusseadmed, mis on omavahel ühendatud kiire kommutaatorseadmega (*Network Switch*). Selle tulemusena on tehnoloogia suhteliselt weakindel. On võimalik moodustada sõltumatu salvestusala võrk (*Storage Area Network*) kui ühendada kettaid ja varundusseadmeid (*backup device*) mitte enam serveri külge, vaid otse võrku. Sel viisil on võimalik andmeid üle kanda ühest serverist teise või varundada ilma, et segataks üldist võrguliiklust. Eriti kasulik on see andmehoidlate (*Data warehousing*) ja teiste andmetundlike klient-server rakenduste kasutamisel.

1.10 SSA

SSA (*Serial Storage Architecture*) pakub konkurentsi eelkõige Fibre Channel tehnoloogiale, kuna SSA pakub suuremat andmekaitse võimalust. Ühe kaabli viga ei blokeeri ligipääsu kõigile andmetele. SSA kõik süsteemi komponendid on omavahel ühendatud kahesuunalise kaabliga. Andmed võivad liikuda võrgu juhtseadmest (*network adapter*) sihtkohta mõlemas suunas. Kui võrgus peaks esinema vigasid, siis SSA tuvastab need ja konfigureerib süsteemi ümber, et ühendus ei katkeks, seniks kuni esialgne ühendus taastatakse.

Üks SSA süsteem toetab kuni 192 käigultvahetus (*hot-swap*) seadme ühendamist. Kettaseadmeid on võimalik kasutada jadadena (*array*), et vältida riistvara vigadest tulenevat võimalikku andmekadu. Võrgu juhtseade võimaldab ühendada kuni 32 eraldiseisvat RAID jada. Jadad ühendatakse omavahel peenikese vaskkaabliga, ning nad on võimalik paigutada teineteisest kuni 25 m kaugusele. Sedasi hoitakse alamsüsteemid serverist lahus.

SSA võimaldab andmevahetuskiirust kuni 80MB/s ning RAID süsteemis kuni 35 MB/s.

1.11 RAID

Aastaid tagasi oli kõvaketaste maht suhteliselt piiratud ning suuremahulised kettad olid kallid. Salvestusseadmete tootjad proovisid leida alternatiivseid meetodeid andmemahu suurendamiseks. Võimalusena nähti odavate vähese mahutavusega ketaste ühendamist ühtseks massiiviks, mille kasutamine annaks sama välja kui kasutataks ühe suuremahulist ja kallist ketast. Lisaks on sellisel massiivi ühendatud ketaste süsteemil suurem jõudlus kui üksikul kettal. Probleemiks oli aga vead massiivis, mis tekkisid ükskõik millise massiivis asuva ketta võimaliku rikke puhul. RAID (*Redundant Array of Inexpensive Disks*) tehnoloogia arenemise käigus võeti kasutusele kuus erinevat jõudluse ja andmekaitse taset. Kõige enam kasutatakse RAID süsteemi puhul 0, 3 ja 5 taset.

- 0 Tase võimaldab andmete hargsalvestust (*data striping*), kus faili lõigud jagatakse erinevatele ketastele. Selline tehnoloogia tagab suurema jõudluse, kuna andmetele on võimalik ligi pääseda samaaegselt. Kahjuks ei ole see RAID 0 tase veakindel.
- 1 Tase võimaldab ketaste peegeldamist, mis tähendab, et andmed kirjutatakse samaaegselt kahele erinevale kettale. Selliselt on süsteem võimeline ühe kettaseadme rikke puhul kiiresti ümber lülituma teisele kettaseadmele, ilma andmekao tekkimiseta. RAID 1 taseme võimaldab suuremat lugemiskindlust, kuid veakindlus sõltub siiski vaid kasutatud kettaseadmetest.
- 3 Tase sarnaneb RAID 1 tasemega selle erinevusega, et 3 tase hõivab ühe ketta veaparandusandmete salvestamiseks. Sedasi saavutatakse suurem andmete terviklikkus ja veakindlus.
- 5 Tase on kõige enam kasutatav, kuna see võimaldab andmete hargsalvestust baidi tasemel ning lõigu veaparandamist. Tulemusena tagatakse suur jõudlus ja mõne kettaseadme veast tuleneva kadunud andmete taastamise võimalus.

Andmete hargsalvestustehnoloogiat kasutatakse enamuse RAID tasemete puhul. RAID 0 ei ole tõeline RAID kui seda ei kasutata koos teiste RAID tasemetega. Seda sellepärast, et RAID 0 ei ole veakindel.

EDAP (*Extended Data Availability and Protection*) on RAID tehnoloogiale sarnanev andmesalvestussüsteem. EDAP on võimeline andmeid kaitsma ning võimaldab andmetele liigipääsu üle võrgu, isegi siis kui kettasüsteem peaks tööst lakkama.

1.12 SMART

1992. a alustas IBM 3,5 tolliste kõvakettaseadmete tootmist, mis olid võimelised ise ennustama oma rikkeid. Seadmed olid varustatud prognoositava veaanalüüstehnoloogiaga (PFA). Sellekohaselt mõõtis tehnoloogia pidevalt kettaseadme parameetreid ning saatis hoiatava teate kui teatud parameetrite lubatud lävi ületati. PFA tehnoloogiast kasvas mõni aeg hiljem välja SMART (*Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology*), mis sai nii IDE/ATA kui ka SCSI kettaseadmete töökindluse prognoosimise tehnoloogia standardiks.

Kettaseadmete rikked võib jaotada kahte ossa- ühed, mis on ette prognoositavad ja teised, mis ei ole. Mitte prognoositavad rikked juhtuvad kiiresti, ilma eelneva hoiatamiseta. Sellised vead võivad tekkida staatilise elektri, füüsiliste vigastuste või jooteprobleemide tagajärjel. Kettaseadmete rikestest 60% on põhjustatud mehhaanilistest vigadest. Aastate jooksul seda uuritud ja püütud valmistada töökindlamad kettaseadmed, mis oleksid võimelised prognoosima võimalikku tekkivat viga.

SMART tehnoloogiaga varustatud kettaseadmed kasutavad mitmeid erinevaid tehnoloogiaid, et jälgida andmete käideldavust. SMART seade võib jälgida kettaseadme lugemis-kirjutuspea kõrgust andmeplaatidest. Juhul kui pea kõrgus plaatidest on liialt väike või liiga suur, siis on oht kettaseadme rikkiminekuks. Lisaks sellele on veel võimalik jälgida teisi ketta parameetreid nagu veaparanduskoodi (ECC) ahelat. Juhul kui tekib veaoh, siis saadab kettaseade operatsioonisüsteemi kaudu kasutajale hoiatuse.

SMART tehnoloogia on ajaloos läbi teinud kolm etappi. Algne SMART tehnoloogia võimaldas seadme tööd jälgides ühendatud kettaseadme vigade prognoosimist. Järgneva versiooni puhul täiustati veaprognosimise süsteemi ning viimase SMART III tehnoloogia puhul ei jälgita mitte üksnes kettaseadme tööd, vaid üritatakse tuvastada ja paranda kettasektori vigasid.

1.13 Microdrive

Microdrive seadme aluseks on IBM poolt loodud GMR tehnoloogia. Microdrive on maailma väikseim kõvakettaseade, kus on kasutatud ühte ühetollise diameetriga kettaplaati ning seade kaalub ainult 16 grammi. Oma väikeste mõõtmete tõttu kasutatakse seda pihuarvutites (*palmtop computer*) ja digikaamerates. Microdrive seadme sisemiste detailide suurus annab

talle mõningaid eeliseid. Täispöörete saavutamine võtab aega ainult pool sekundit, kuna ketta mootori inertsi on umbes 50 korda väiksem kui suurel kõvaketral. Sellest järelduvalt on võimalik ketta pöörlemine peatada kui andmevahetust ei toimu.

Algselt oli ketta mahutavuseks 170 MB ja 340 MB ning võlli pöörlemiskiirus 4500 pööret minutis.



Foto 2. Microdrive

1.14 Holograafilised kõvakettaseadmed

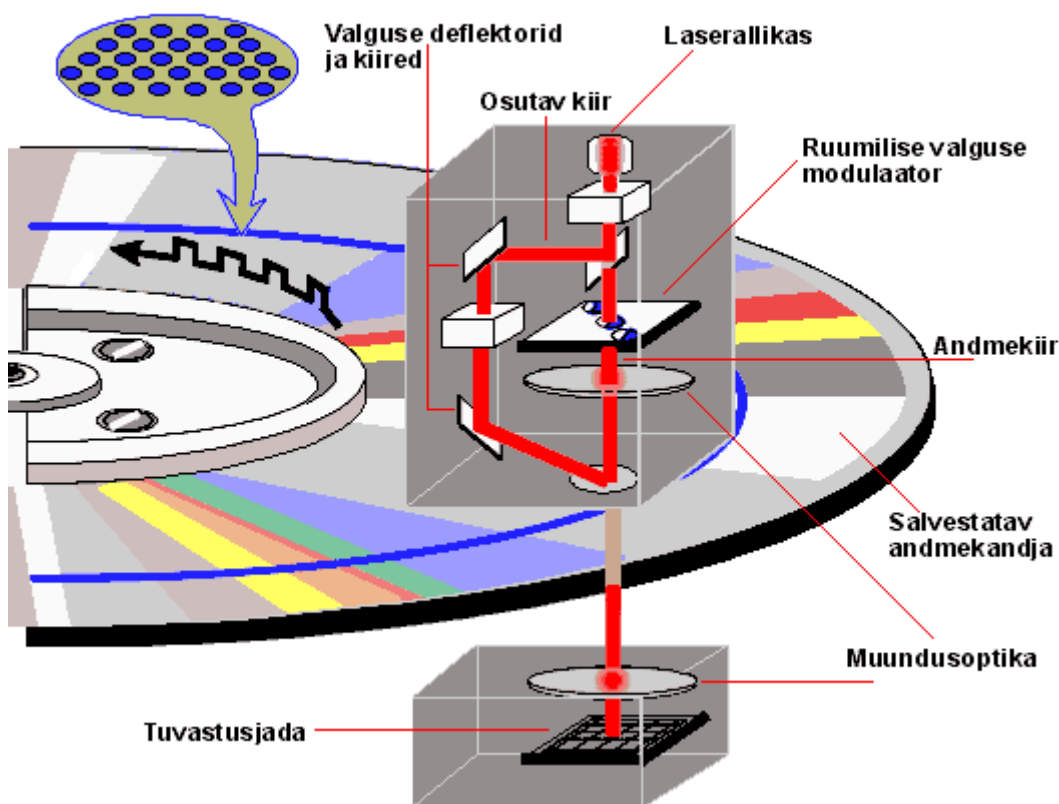
1995 a. algatati holograafilise andmesalvestussüsteemi (*HDSS*) väljatöötamist. Eesmärgiks oli arendada süsteem, mis võimaldaks suurt mahutavust, suurt ribalaiust (*bandwidth*), kasutades punast pooljuht laserit.

Holograafiliselt on võimalik salvestada suuri andmehulki, kuna laser võimaldab salvestada elektroonilisi mustreid spetsiaalsele optilisele materjalile. Holograafias annab iga vaatenurk objektist erineva kujutise.

Holograafiline salvestustehnoloogia kasutab kahte laserkiirt- osutavkiirt (*data beam*) ja andmekiirt (*reference beam*), et tekitada andmekandjale kiirte lõikumise kohas interferentsi muster. Kirjutamisfaasi käigus tekitab kiirte lõikumine stabiilse füüsilise või keemilise muutuse, mis salvestatakse andmekandjale. Lugemise käigus tekitavad osutavkiir ja salvestatud interferentsi muster uuesti salvestatud andmed ning andmed tuvastatakse detektori poolt. Andmekandjaks võib olla pöörlev ketas, mis võib sisaldada endas polümeeri või optiliselt tundlikku kristalli.

Holograafiline andmesalvestussüsteem on tunduvalt töökindlam võrreldes tavaliste kõvakettaseadmetega, kuna holograafiliste kettaseadmete puhul ei kasutata liikuvaid osi.

Tootjatel on tulevikus eesmärgiks täiustada holograafilist andmesalvestussüsteemi ja lisada võimalus korduvkirjutuseks.



Joonis 4. Holograafiline andmesalvestussüsteem

1.15 PLEDM

Tuleviku mastaabis ei pruugi kõvaketaste salvestustehnoloogia üldse põhineda mehaanilisel kettale salvestamisel. Ühe võimaluse annab selleks mälu tehnoloogia, mis kasutab tahkis (*solid-state*) salvestussüsteemi. Tahkisketta salvestussüsteem on peamiselt kasutusel võimsamates serverisüsteemides. Andmete salvestatakse kokku suurekiirusega RAM mälu pankadesse (*RAM bank*). Arvestades RAM mälu kiipide hinna ja mahutavuse suhet, siis laiatarbe kasutusse tehnoloogia veel niipea ei jõua.

PLEDM kasutab väikest kahe transistoriga elementi, mille puhul on võimalik andmeid mälu hoia, isegi kui voluuhel katkestatakse.

2. Disketiseade (Floppy Disk Drive)

2.1 Disketiseadme ajalugu

Disketiseadme leiutas IBM, täpsemalt mees nimega Alan Shugart 1967. a Seade kasutas andmekandjana 8 tollist disketti ning seetõttu hüüti ka seadet ennast 8 tolliseks disketiseadmeks. 5,25 tolliste disketiseadmete sünniaastaks võib lugeda 1981.a. Algselt oli 5,25 tolliste diskettide mahutavus 160 KB, mis varsti tõusis 180 KB-ni ning seejärel 360 KB-ni seoses kahepoolsete seadmete ilmunisega. 1984. a tõusis 5,25 tollise disketi mahutavus 1,2 MB-ni. Samal aastal esitlesid HP ja Apricot arvuteid Sony 3,5 tollise 720 KB disketiseadmega, mille mahutavus kolme aastaga kahekordistus 1,44 MB-ni ning on jäänud tänapäeval sellele suuruse juurde püsima. Aastate jooksul on püütud tõsta disketi mahutavust, kuid mitte eriti edukalt. 1991.a proovis IBM edutult 2,88 MB disketistandardi sisseviimist PC maailma, kasutades kalleid baarium-ferriit kettaid. 1993.a tutvustasid Iomega ja 3M 21 MB-st 'floptical' ketast, mille hinna ja mahutavuse suhe ei olnud piisav püüdmaks turu suuremat huvi.

2.2 Disketiseadme Ehitus

Seadmel on kolm sensorit: kirjutamiskaitse sensor, ketta olemasolu kontroll ja raja 00 sensor, mis on üldiselt ketta serva kontroll.

Kettaseadme magnetilisel peal on ferriitsüdamik, mille keskel asub lugemis-kirjutuspea ja kustutuspea selle mõlemal küljel. Kustutuspea kustutab ära väikse osa alast mõlemalt poolt uut rada, et vältida vanadest andmeradadest põhjustatuna interferentsi tekkimist. Andmebitid salvestatakse magnetilise pöördjärjestusena (*inversion*) magnetiliselt polariseeritud väljadena, kus pöördjärjestuse intervall on 2 kuni 4 mikrosekundit. Lugemissignaali liigub *peak detector*-sse, kus see töödeldakse disketiseadme elektroonika poolt kahendsignaalsiks ning seejärel saadetakse signaal edasi arvutisse.

2.3 Töötsükkel

3,5 tollise disketi sisestamisel seadmesse liigutatakse metallist kaitsesirm eemale, mille järel lukustub magnetdisketi metallist keskplaat. Seejärel liigub seadme võll ketta keskel olevasse

auku ning seadme nõel liigub ketta keskel oleva augu kõrval paiknevasse riskülikukujulisse positsioneerimisauku. Siis paneb mootor seadme võlli pöörlema.

Pead liigutatakse mööda juhtkrugi, mille pööramist juhib samm-mootor. Kui mootor ja kruvi pöörlevad mingi kindla nurga võrra, liigub pea vastava vahemaa. Diskettide andmetihedus on sõltuv samm-mootori täpsusest. 1,44 MB diskettide puhul on andmetihedus 135 rada tolli kohta.

Disketiseadmed ei ole võimelised disketi pealt radade järgi liikuma, vaid nad juhivad pea enamvähem 'õigesse asendisse'. Sellepärast ei ole võimalik diskettidele radasid kirjutada nii tihedalt kui kõvakettale.

2.4 Disketiseadme võimalikud asendajad

Failide transportimiseks ühest arvutist teise piisaks 100 MB-150 MB, et asendada tänapäevaks suhteliselt väikse mahutavusega tavalist 3,5 tollist disketti.

Selliste seadmete kategoorias, mis võimaldaksid olla disketiseadme asendajaks on ehk kõige populaarsem Iomega poolt loodud Zip seade. Seadmes on kasutatud 'Bernoulli aerodünaamilist printsiipi', mille kohaselt tõmmatakse elastne ketas lugemis-kirjutus pea suunas.

Zip kettaid on nii sisemist kui välimist tüüpi ning ketta mahutavus on 94 MB. Sisemise versiooni puhul asetatakse kettad 3,5 tollisesse lahtrisse ning seadmed kasutavad kas SCSI või ATAPI liidest. Välimise versiooni puhul on tavaliselt kasutatud SCSI liidest või ka rööpporti (LPT port). 1999. a tõi Iomega turule USB liidesega Zip seadme.

Zip seadme kõige suuremaks puuduseks on nimelt asjaolu, et see ei ole tagantjärgi ühilduv 3,5 tolliste diskettidega.

Disketiseadme asendajaks võib veel olla 1996. a väljalastud SuperDisk, mida tuntakse ka kui LS-120. SuperDisk sarnaneb tavalise 3,5 tollise disketiga ning ta kasutab parandatud *floptical* tehnoloogiat. SuperDisk LS-120 on oma nime saanud seadme puhul kasutatavast laser-servo tehnoloogia järgi. Selle tehnoloogia puhul salvestatakse ketta pinnale optilised servo-rajad ning kettale kirjutamine ja sealt lugemine toimub laseri abil. Kirjutatud servo-rajad on kitsamad, mistõttu on neid võimalik teineteise kõrvale tihedamalt kirjutada. Selle tulemusena on võimalik kettale salvestada kuni 120 MB informatsiooni.

SuperDisk LS-120 kasutab IDE liidest, mistõttu seade ei ole nii kiire kui Zip seade. Tema eeliseks Zip seadme ees on ühilduvus tavalise 3,5 tollise disketiga.

Disketiseadet võiks veel asendada 1999. a välja lastud Sony HiFD seade. HiFD kettale on võimalik salvestada kuni 200 MB informatsiooni. Esimesed väljalastud seadmed olid välimist tüüpi ning nad oli varustatud rööportliideseaga, mis võimaldas seadme taha ühendada ka printeri. Hiljem valmistati ka sisemist tüüpi HiFD seadmed, mis kasutasid IDE või SCSI liidest.

Disketiseadmega ühilduvus on tagatud kahte lugemis-kirjutuspea tehnoloogiat kasutades. Sedasi kasutatakse 3,5 tolliste diskettide lugemiseks tavalist disketiseadme lugemis-kirjutuspead, mis puutub ketta pinnaga lugemis-kirjutustsükli käigus füüsiliselt kokku. Teise HiFD pea tööpõhimõtte sarnaneb kõvaketta pea tööpõhimõttele, kus pea liugleb üle ketta pinna, ilma seda puutumata. HiFD kettaseadme võll pöörleb 3600 pööret minutis ning nad on töökindlamad kui Zip ja SuperDisk kettaseadmed.

3. CD-ROM

CD-plaadi leiutasid Sony ja Philips ühistööna 1980-ndate aastate alguses ning laiatarbekasutusse jõudis see 1982. a. Mõni aeg hiljem vallutas CD-plaat muusikaturu, kuna see võimaldas suvapöördust (võimalust pöörduda mistahes mälupesa poole samavõrdse ajaga) ning hea kvaliteediga heli salvestamise võimalust. Algselt loodi CD-ROM kõrgekvaliteetse heli talletamiseks, mida mahtus plaadile 74 min. Tänapäeval on CD-plaadile võimalik salvestada tarkvara, mängu, presentatsioone, filme, multimeedia programme jne ning selle mahutavus on kuni 700MB.

CD-standardite kirjeldamiseks kasutatakse nn. värvilisi raamatuid, kus igale standard on eristatav teda kirjeldava raamatu kaanevärvi järgi. Nii on näiteks kõik CD-ROM seadmed Kollase ja Punase raamatuga ühilduvad.

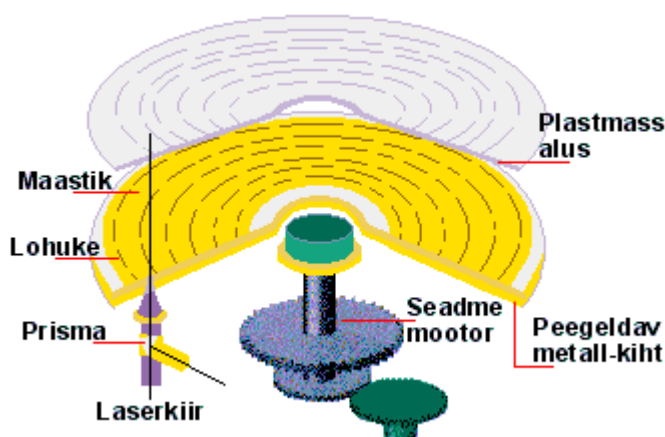
3.1 Andmekandja

Tavaline CD-ROM (*Compact Disc – Read Only Memory*) ketta diameeter on 120 mm ning selle paksus on 1,2 mm. Plaat on kaetud kolme kihiga, kõige sisemine kiht on puhas polükarbonaatplastmass, selle peal on õhuke kiht alumiiniumi ning kõige peal on lakikiht, mis peaks kaitsma ketta pinda kriimustuste ja tolmu eest.

Ketta valmistamisel (*mastering*) on polükarbonaatplastmass-kate kaetud miljonite väikeste täketega, mida nimetatakse lohukesteks (*pits*). Polükarbonaatplastmass valatakse kettale spiraalsete radadena, alustades plaadi keskelt ja liikudes väljapoole. Seejärel kaetakse ketas õhukese alumiiniumi kihiga, mis annab kettale hiljem hõbedase värvi. Lohukesed on tavaliselt 0,5 mikronit laiad, 0,83 kuni 3 mikronit pikad, 0,15 mikronit sügavad. Radade vaheline kaugus e. raja samm on 1,6 mikronit. ning raja tihedus on üle 16000 raja tolli kohta.

CD-plaat on mehhaaniliselt vastupidavam kui grammofoniplaat. Kõige õrnem pind on plaadi välimine etikettipoolne kiht. Seda kihti kaitsev laki kiht on väga õhuke ning hooletu käsitlemine ja teraline tolmu võivad plaadi ära rikkuda. **Eriti peaks vältima plaadile teravaotsaga pliatsiga kirjutamist**, kuna see võib plaati kriimustada ja muuta selle kasutuskõlbmatuks. CD-plaadi etiketile võib kirjutada vaid pehmeotsaga kirjutusvahendiga.

Ketta laserpea poolt loetaval poolel suudab laser kiirt fokuseerida ka läbi väikeste kriimustuste. Isegi siis kui kriimustused on suured, on need tavaliselt võimalik ära poleerida ning plaati jälle kasutada.



Joonis 5. CD-ROM-i ja CD-plaadi ehitus

3.2 Tööprotsess

CD-plaatide puhul toimub andmete salvestamine 2 KB-ste järjestikulistest sektorite kaupa, mis moodustavad ühe spiraalse raja, mis algab ketta keskelt ja lõpeb ketta ääres.

Lugemisel loetakse informatsiooni, mis on salvestatud ketta lohukestesse (*pits*) ja tasanditesse (*land*), samamoodi alustades ketta keskelt ja liikudes kogu aeg väljapoole. Lugemine toimub infrapunase laseri abil, mis suunatakse läbi polükarbonaatplastmass kihi metall-kihile. Ketta pöörlemiskiirus jääb vahemikku 200 kuni 500 pööret minutis ning lugemisel pörkab laserkiire valgus lohukestelt tagasi ja valguse sagedus muutub.

Lohukeste ümber olevaid alasid nimetatakse tasanditeks, millel on samuti oma osa lugemisprotsessist. Peegeldatud valgus läbib prisma ja liigub fotosensorisse, mille väljund on võrdne vastuvõetud valguse kogusega. Lohukestest peegeldunud valguse faasinihe on võrreldes tasanditelt peegeldunud valgusega 180 kraadi. Erinevused valguse intensiivsuses tehakse kindlaks foto-elektriliste elementidega ning muundatakse elektrilisteks impulssideks. Selliselt tõlgendatakse lohukestest ja tasanditest jadasid nullide (0) ja ühtedena (1), millest plaadile salvestatud andmed uuesti luuakse. Tavalisest analoogandmekandjast (nt.

grammofoni plaat) eristab CD-plaati asjaolu, et lugemispea ja plaadi pinna vahel puudub füüsiline kokkupuude.

Plaadi veakindluse tagamiseks lugemisprotsessis kasutatakse palju lisa elektroonikat, kuna CD-plaadid ei ole kunagi täiesti lamedad ning ei ole välistatud plaadi horisontaalsed ega vertikaalsed nihked laserpea suhtes. Olemasolevatest tehnoloogiatest on kõige levinum kolme kiire meetod (*three-beam approach*). Selle meetodi puhul ei juhita laserkiirt otse plaadi pinnale, vaid kiir kiiratakse välja pooljuht laserseadmest ning seejärel juhitakse läbi difraktsioonivõre, mis tekitab kaks lisakiirt mõlemale poole peakiire kõrvale. Kolm kiirt muudetakse kollimaatori abil paralleelseteks, mille järel juhitakse kiired läbi polariseeritud kiirelõhustaja prisma. Prisma ülesandeks on väljasuunduvad kiired läbi lasta ning peegeldada tagasisuunduvad kiired 90 kraadi võrra alla fotodiodile, mis tegeleb signaali tõlgendamisega. Kahe lisakiire intensiivsust mõõdetakse ning kui kiired püsivad kahel pool peakiire poolt loetavat rada, siis intensiivsus ei muutu. Igasuguste plaadi horisontaalse asendi muutuste tõttu peab servomootor objektiivi läätse õigesse kohta liigutama. Vertikaalse muutuse tuvastamiseks kasutatakse signaali vastuvõtva fotodiodi poolt tuvastatava kiire asendi muutust.

CD-standardisse on sisseviidud veaparandussüsteemid, mis on võimelised likvideerima enamuse plaadi väiksematest kahjustustest tulenevad vead. Iga CD-seade kasutab CIRC (*Cross Interleaved Reed Solomin Code*) veatuvastussüsteemi ning peale selle kasutatakse veel teise taseme LECC (*Layered Error Correction Code*) veaparandusalgoritmi.

3.3 Digitaalne heli

Helikassettide ja vinüülplaatide puhul salvestatakse heli analoogsignaalina. Heli kvaliteet halveneb mahamängimisel kuna kuuldavale tulevad kõik võimalikud andmekandja füüsilised vead (kriimustused, täkked jne.). CD-standardi puhul kasutatakse digitaalset helisalvestust., mis tähendab, et helisignaali ennast ja tema parameetreid kirjeldatakse numbrite abil. Salvestamisel jagatakse analoogsignaali iga sekundi kohta teatud arvukudeks lõikudeks. Iga lõigu heli võnkeamplituud mõõdetakse ära ja ümardatakse. Mida enam lõike on sekundi kohta (diskreetimissagedus), ja mida vähem on võnkeamplituudi vähendatud (dünaamiline ulatus), seda ligilähedasem on salvestatud heli originaalile.

CD digitaalse heli diskreetimissagedus (*sampling rate*) on 44,1 kHz ja dünaamiline ulatus on 16 bitti. Stereohelina heli salvestamiseks kasutatakse kahte rada.

3.4 CLV

Esimesed ühekordse kiirusega CD-ROM seadmed kasutasid kettaste pöörlema panemiseks CLV (*Constant linear velocity*) tehnoloogiat, mis koos veaparandusega võimaldas kuni 150 KB/s andmevahetuskiirust.

Konstantse andmeedastuskiiruse tagamiseks kasutab CLV plaadi välimiste radade kohal, seadme võlli kiiruse vähendamiseks, servomootorit, kuna CD plaadi välimine serv sisaldab rohkem sektoreid kui sisemine. Seadme sisemine mälupuhver kasutab andmeedastuskiiruse kontrollimiseks kvarts-kristall generaatorit, mis hoiab andmete lugemisel puhvri pooltäis (50% puhvri mahust). Kui andmevahetuskiirus on liiga suur ja 50% puhvri täituvuse piir ületatakse, siis aeglustatakse seadme võlli pöörlemiskiirust.

Tehnoloogia arenedes kasvas ka CD-ROM seadmete kiirus.

3.5 CAV

CLV oli juhtiv CD-ROM tehnoloogia kuni Pioneer lasi välja esimese neljakordse CD-ROM seadme. See seade kasutas peale CLV tehnoloogia ka CAV (*Constant angular velocity*) tehnoloogiat, mis võimaldas sarnaselt kõvakettale seadme võlli konstantsel pöörlemisel erinevat andmevahetuskiirust.

CLV tehnoloogia puhul langeb seadme kiiruse tõustes pöördusaeg. Võlli muutumatu pöörlemiskiirus võimaldab CAV tehnoloogia puhul suuremat andmevahetuskiirust ja kiiremat rajaotsiaega (*seek time*).

Pioneerii uuendatud disain võimaldas kasutada CLV ja CAV tehnoloogiat kas eraldi või koos ühendatult. Kaht tehnoloogiat ühendades kasutati CAV režiimi plaadil ketta südamikku poole jäävate andmete lugemiseks ning CLV režiimi plaadi väliserva lähedale jäävate andmete lugemiseks.

Uus CD-ROM-ide põlvkond DSP (*Digital signal processing*) kasutas Full CAV tehnoloogiat ning võimaldas kuni 16-kordset andmevahetuskiirust. Selle tehnoloogia puhul oli üle saadud mitmetest eelnevatest CAV puudustest nagu näiteks pea asendi jälgimise vajadus. Full CAV tehnoloogia puhul kasutatav andmevahetuskiirus oli 1999 a. suveks tõusnud 48-kordseks (7,2 MB/s) ning seadme võllikiirus oli 12000 pööret minutis. Seoses pöörete arvu tõstmisega

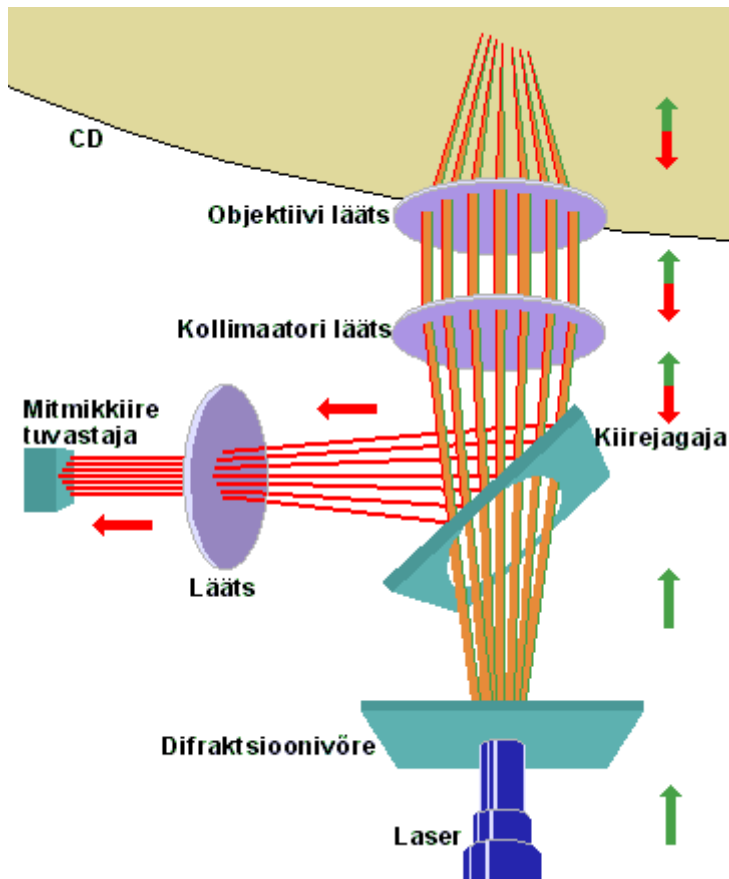
kaasneb vibratsiooni ja müra taseme tõus. Eriti on see täheldatav juhul kui laserpea loeb informatsiooni plaadi välisserva poolt.

3.6 TrueX tehnoloogia

TrueX tehnoloogia on loodud firma Zen Research poolt ning selle eesmärgiks on salvestatud andmete otse plaadilt lugemine, ilma andmeid eelnevalt kõvaketta vahemällu salvestamata. Erinevalt tavalistest CD-ROM seadmetest, mis kasutavad andmete lugemiseks radadelt koondunud laserkiirt, kasutab TrueX mitme rada üheaegselt tuvastamiseks ja lugemiseks eriintegraallülitusi (*ASIC*). Eriintegraallülitus koosneb digitaalsest faasilukustusahelast (*Digital phase-locked loop*), digitaalsignaali tötlusest (*DSP*), servomootorkontrollerist, paralleelsest-järjestikuseks andmete muundurist, dekodeerimis- ning veatuvastussüsteemist ja parandussüsteemist ning ATAPI liidesest.

Tehnoloogia järgi on painutatud laserkiir ühendatud mitmikkiire tuvastusahelasse (*Multiple beam detector array*), mis on võimeline tuvastama ja lugema mitut rada korraga. Korrapärane laserkiir suunatakse läbi difraktsioonivõre, mis jaotab kiire seitsmeks pidevusetuks (diskreetseks) laserkiireks. Kiirte vahekaugus on jagatud võrdselt nii, et oleks võimalik lugeda seitset erinevat rada. Seejärel juhitakse seitse kiirt läbi kiirejaotuspeegli (*Beam splitting mirror*) objektiivi läätsele ning sealt ketta pinnale. Fokuseerimine ja kalkeerimine saavutatakse keskmise kiire abil. Senikaua kui keskmine kiir on fokuseeritud rajale, on mitmikkiire tuvastusahel võimeline lugema kolme kiirt, mis jäävad kummalegi poole keskmist kiirt. Plaadi pinnalt peegeldunud kiired suunduvad sama teed pidi tagasi ning need suunatakse kiirejaotuspeegli poolt mitmikkiire tuvastusahelasse. Mitmikkiire tuvastusahelas on detektorid, mis tegelevad peegeldunud kiirte joondamisega. Peale selle tegelevad lisadetektorid fokuseerimise ja kalkeerimisega.

TrueX tehnoloogias võimalik kasutada nii CLV kui CAV tehnoloogiat.



Joonis 6. TrueX tehnoloogia

3.7 Mini andmekandja

Mini andmekandjaks (*Mini media*) on 8 cm diameetriga CD-standardiga ühilduv andmekandja, mis mahutab kuni 185 MB informatsiooni. Enamus sahtel-tüüpi (*tray-loading*) CD-mängijad ning samuti arvutite vertikaalselt asetsevad CD-ROM seadmed on kohandatud 8 cm ketaste kasutamiseks.

Andmekandjat kasutatakse digitaalse heli ja piltide salvestamiseks, mõnes MP3 mängijas ja digikaamerates.

Mini andmekandjat kasutatakse ka veel nn. “visiitkaart CD” variandina, mis on mõeldud asendada visiitkaarte. Õige kuju saavutamiseks on võimalik ära lõigata CD-plaadi kaks serva või kõiki nelja serva nii, et lõpptulemuseks oleks ristkülikukujuline andmekandja. Selliste lõigatud plaatide mahutavus jääb 20 MB ja 60 MB vahele, oleneb sellest kui palju ära lõigati.

Mõnikord nimetatakse Mini andmekandjat ka PCD-ks (*Personal Compact Disk*), mida on võimalik kasutada turvalise ligipääsu tagamiseks *on-line* liikmeskonnale (*membership*) või e-kaubandusteenustele.

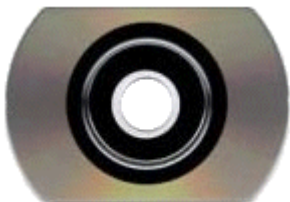


Foto 3. Mini andmekandja

3.8 Topelttihedusega andmekandja

Topelttihedusega (*Double density*) korduvkirjutatavad CD andmekandjaid katsetati juba 1990-ndate aastate alguses, kuid ühtset standardit siis kasutusele ei võetud. DVD standardi kasutuselevõtmisega näis vajadus topelttihedusega CD andmekandjate järele kaduvat. Mitmed kettaseadmete tootjad püüdsid siiski CD standardit edasi arendada. Sony eesmärgiks on suurendada CD-plaadi mahutavust 1,3 GB-ni, kusjuures eesmärgiga, et sellisele andmekandjale oleks võimalik salvestada ainult andmeid.

Uue standardi järgi saavutatakse suurem mahutavus mõningate muudatuste tegemisega olemasolevasse CD standardisse. Rajasammu vähendati seniselt 1,6 mikronilt 1,1 mikronini, peale selle muudeti CIRC veatuvastussüsteemi. Uude standardisse on veel sisse viidud koopiakaitse süsteem plaadil olevate andmete kaitseks. Sarnaselt andmekandjale ei ole vaja ka kettaseadmetes suuri muudatusi sisse viia. Uutes seadmetes kasutatakse sama lainepikkusega laserit, kuid laine faasikiirust (*velocity*) on suurema tihedusega ketaste lugemiseks alandatud.

Eelmisel aastal jõudis turule esimene *Sony* DD-R ja DD-RW kettaseade, mis võimaldas kasutada 1,3 GB mahutavusega andmekandjat. Kahjuks ei võimalda tavalised CD-ROM ja CD-RW seadmed lugeda DD-R ja DD-RW plaate, kuid DD seadmed võimaldavad kirjutada ja lugeda CD-plaate.

4. DVD (Digital Versatile Disk)

DVD algselt nimetatuna *Digital Video Disk* lõpuks tuntud kui *Digital Versatile Disk* sünniaastaks on 1995.

Filmitööstus nägi DVD kui suuremahulist CD standardit videoturu haaramiseks. DVD võimaldas paremat pildi ja hääle kvaliteeti ning ketta tootmine maksis oluliselt vähem kui tavalise VHS kassetti tootmine. MPEG-2 tihendus-standardit kasutades on võimalik ühele kettale ära mahutada täispikk film ning pildi kvaliteet on samaväärne digitaalse TV-pildi kvaliteediga. DVD videostandardi veel üheks heaks omaduseks on see, et see võimaldab salvestada mitme-kanalilist digitaalset heli.

Arvutikasutajatele tähendas DVD ilmumine palju rohkemat kui lihtsalt suurt andmekandjat filmide jaoks.

Siiski põhiliseks DVD standardi kasutusala jääb tulevikus arvatavasti filmitööstus, kuna arvutimaailmas rahuldab CD standard praegu veel enamuse kettasalvestusruumiga seonduvad vajadused. Kuid kui peaks vaja minema suuremat salvestusruumi, siis on võimalik kasutada DVD andmekandjat, mis võimaldab mahutada mitmeid kordi rohkem informatsiooni, kui seda mahub CD plaadi peale.

4.1 Ajalugu

Kogu asi sai alguse mitme suurfirma konkurentsitüli tulemusena muuta kaht erinevat kettaseadmestandardit üldkasutatavaks. SD (*Super Disk*) ja MMCD (*Multimedia CD*) olid teineteisega täielikult mitteühilduvad. Arvutitööstuse poolt avaldatud pinget tõttu sõlmisid suuremad firmad liidu, mille järgi asuti välja töötama ühtset DVD standardit. Standard sai valmis 1995.a lõpus ja pidanuks olema kahe tehnoloogia ühendamine. Siiski toetus see peamised SD tehnoloogiale.

Hollywood kartis kaotada piraatlusele oma videomaterjali ja nõudis omaltpoolt koopiakindlat süsteemi, midagi taolist nagu SCMS süsteem DAT lintidel. See nõudmine jäeti kõrvale ning mõni aeg hiljem selgus, et suhteliselt lihtsalt on võimalik kopeerida andmeid DVD plaadilt mõnele teisele andmekandjale. Filmitööstuse esimesed katsed sundida USA valitsust DVD standardi koopiakaitseadust vastu võtma ebaõnnestusid. Saavutati vaid DVD-video standardi suurem koopiakaitse nõue ja väljatöötatud CSS (*Content Scrambling System*) süsteem, mis valmis lõplikult 1996.a.

Erinevaid DVD füüsilisi formaate on viis:

- DVD-ROM on suuremahutavusega andmekandja
- DVD-Video on täispikkade filmide jaoks mõeldud andmekandja
- DVD-Audio on ainult helile mõeldud andmekandja formaat, mis on sarnane CD-audio formaadile.
- DVD-R on ühekordse kirjutusega WORM (*Write Ounce/Read Many*) formaat, mis on sarnane CD-R formaadile
- DVD-RAM oli esimene korduvkirjutatav DVD andmekandja, mis turule toodi. Edaspidi hakkasid sellele konkurentsi pakkuma DVD-RW ja DVD+RW formaadid.

DVD plaatide diameeter on 120 mm ja paksus 1,2 mm ning nende andmekandja võimaldab mahutada kuni 17 GB informatsiooni. DVD erinevaid versioone on kokku neli.

- DVD-5 on ühepoolne, ühekihiline ketas, mille mahutavus 4,7 GB
- DVD-9 on ühepoolne, kahekihiline ketas, mis mahutab 8,5 GB informatsiooni
- DVD-10 on kahepoolne, ühekihiline ketas, mis mahutab 9,4 GB infot
- DVD-18 on kahepoolne, kahekihiline ketas, mis võimaldab 17 GB salvestusruumi

Esimene kommertseesmärgil toodetud DVD-18 ketas lasti müüki 1999. a. Oluline on teada, et peale DVD viie füüsilise formaadi, on sellel veel mitu rakenduslikku formaati. Sony PlayStation2 on üks näide eriotstarbelisest rakenduslikust formaadist.

4.2 Tehnoloogia

Esmapilguliselt on võimalik DVD ketas segamini ajada CD plaadiga, kuna mõlemad on valmistatud plastmassist ning on samade mõõtmetega. Mõlema standardi puhul salvestatakse andmed kettale lohukestena (*pit*), mis moodustavad spiraalikujujulised rajad. Informatsiooni lugemine toimub samuti mõlema ketta pealt laseri abil.

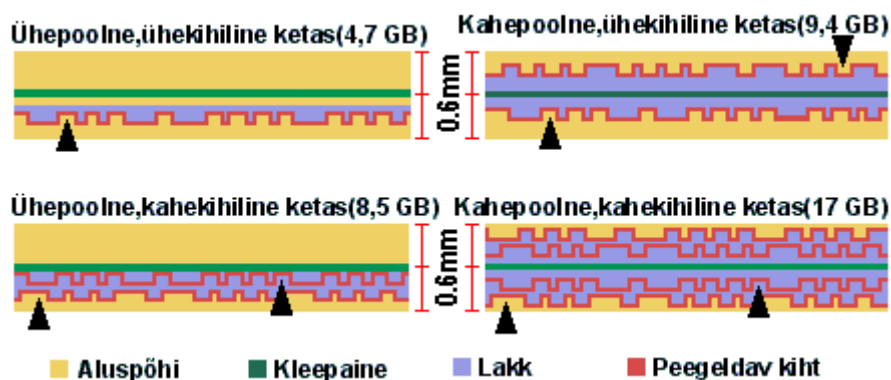
DVD standardi puhul on aga rajad paigutatud teineteisele lähemale, mis võimaldab plaadile mahutada rohkem radasid. DVD raja sammu (radade vaheline kaugus) on vähendatud 0,74 mikronini, CD plaadil on see 1,6 mikronit. Lohukesed, millena andmed on salvestatud, on samuti palju väiksemad, mis omakorda võimaldab salvestada ühele rajale rohkem lohukesti.

DVD tehnoloogia läbimurde omapära on mahutada võimalikult palju lohukesi ühele plaadile. Väiksemad andmelohukesed nõuavad laserilt suuremat täpsust. DVD puhul on see saavutatud laseri lainepikkuse vähendamisega 635 või 650 millimikronini, mis jääb punase valguse spektrialasse.

DVD standard võimaldab informatsiooni lugeda mitmelt kihilt ning see saavutatakse punase laseri fookust muutes. Andmesalvestusruumi on võimalik suurendada kasutades poolläbipaistvat kihti, mille all on läbipaistmatu peegeldav kiht. Kuna teise kihi tihedus ei ole sama suur kui esimesel kihil, siis see tehnoloogia ei kahekordista salvestusmahtu. Siiski võimaldab see mahutada ühele ühepoolsele kettale 8,5 GB andmeid. CD plaatide puhul alustatakse salvestamist alati ketta keskpunkti lähendalt ning liigutakse salvestusprotsessi käigus väljapoole. Samamoodi toimub salvestamine ühe- ja kahekihilise DVD andmekandja puhul, kuid iga ketta teisele kihile võib andmeid salvestada vastassuunalise spiraalse rajana. Selle eripära tõttu võtab ainult aega hetk, et fokuseerida lääts ühelt kihilt teisele.

DVD standard võimaldab kasutada mitmepoolseid kettaid. Tootjad võtsid kasutusele õhemast plastmassist põhja kui seda on kasutatud CD puhul, et muuta kergemaks laserkiire fookuseerimist väiksematele punktidele. Tulemusena toodeti kettad, mille paksus oli 0,6 mm. Kahjuks olid need kettad liiga õhukesed ja nad ei suutnud oma füüsilist kuju hoida. Sellepärast paigutasid tootjad kaks ketast pealmist poolt pidi kokku, mille tulemusena valmisid kettad, mis olid 1,2 mm paksud. Ketaste kokkupaigutamise tulemusena saavutati kahekordne salvestusruum.

DVD puhul on andmed kettale efektiivsemalt paigutatud. CD standardi puhul kasutab veaparanduskood kettale salvestatud andmehulkasid, ning neid ei kasutata muude andmete salvestamiseks. DVD tõhusam ja vähem ruumivõttev veaparanduskood jätab rohkem ruumi andmete salvestamiseks.



Joonis 7. DVD erinevate versioonide võrdlus

4.3 Failisüsteemid

DVD standardi puhul on ühendatud andmed, heli ja video ühise UDF (*Universal Disc Format*) failistruktuuri alla. UDF failistruktuur tagab failile juurdepääsu ükskõik millise kettaseadme poolt. See on ühilduv standartsete operatsioonisüsteemidega, kuna vastab ISO 9660 standardile. UDF puhul on kõrvaldatud ühilduvuse probleemid, mille all CD standard kannatas. CD puhul oli vaja uue multimeedia- või videorakenduse loomisel standard ümber kirjutada.

DVD jaoks valitud UDF versioon M-UDF (*Micro-UDF*) sobib nii kirjutuskaitstud (*read-only*) kui ka korduv-kirjutus versioonide jaoks.

Kuna MS Windows 95 vanemad versioonid ei toetanud UDF standardit, olid DVD tootjad olid sunnitud välja töötama vahepealse versiooni ISO 9660 ja UDF standardi vahel, mida nimetati UDF sillaks (*UDF Bridge*). Samas pidid nad varustama oma riistvaratooted UDF silla toetusega, et riistvara töötaks Windows 95 vanemate versioonidega.

DVD-ROM-id kasutavad UDF silda, kuid DVD-Video standardi puhul on kasutatud ainult UDF formaati, kusjuures ISO 9660 standardit ei kasutata üldse

4.4 Ühilduvus

DVD formaadil on algusest peale olnud ühilduvuse probleeme. Mitteühilduvus mõnede CD-R ja CD-RW ketastega oli üks esimesi probleeme, millega loojad silmitsi seisid. Probleem seisnes selles, et need kettad ei peegelda sobivalt DVD-ROM seadmetele valgust, mistõttu seadmed ei tule info lugemisega toime. CD-RW formaadi puhul lahendati probleem

MultiRead standardi kasutuselevõtmise abil, kus DVD-ROM seadmed varustati kahel lainepikkusel töötava laseriga. CD-R formaadiga see nii lihtne ei olnud.

DVD-R video kettaid on võimalik mängida DVD-Video mängijaga ning arvutis, mis on varustatud DVD-ROM seadmega. DVD filmi esitamiseks arvutis on veel vaja DVD-ühilduvat MPEG dekodeerkaarti või dekodeertarkvara ning rakendustarkvara, mille ülesandeks oleks pildi näitamine.

Algselt ei olnud DVD-ROM seadmed võimelised lugema DVD korduvkirjutatavaid kettaid. Probleem lahendati nn. kolmanda põlvkonna seadmete abil, mis võeti kasutusele 1999. a keskel. Nende seadmete puhul kasutati LSI modifikatsioone, mis tegid võimalikuks erineva füüsilise andmepaigutusega DVD-RAM-i lugemise ning DVD+RW andmevoos esinevate lisa päistega toimetuleku.

Esimestel DVD-ROM seadmed kasutasid CLV süsteemi ning neil oli probleeme andmevahetuskiirusega. Seadme võlli maksimaalselt 9-kordne pöörlemiskiirus tekitas andmevahetuskiiruse probleeme, kuna DVD-ROM seadmeid kasutati ka CD plaatide lugemiseks. Suure andmetiheduse tõttu DVD plaatide puhul probleem puudus.

1998.a toodi turule nn. teise põlvkonna seadmed, mis võimaldasid lugeda CD-R ja CD-RW plaate ning võimaldasid CD standardile vastavalt kuni 20-kordset võlli pöörlemiskiirust.

Tabel 3. DVD erinevate lugemis-kirjutus formaatide ühilduvus, kus punkt lahtris tähendab ühilduvust ning tühi lahter tähendab mitteühilduvust.

DVD ketta formaat	DVD seadme tüüp											
	DVD Mängija		DVD-R(G)		DVD-R(A)		DVD-RAM		DVD-RW		DVD+RW	
	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K
DVD-ROM	•		•		•		•		•		•	
DVD-R(G)	•		•	•	•		•		•	•	•	
DVD-R(A)	•		•		•	•	•		•		•	
DVD-RAM							•	•				
DVD-RW	•		•	•	•		•		•	•	•	
DVD+RW	•		•	•	•		?		•		•	•
CD-R							•		•	•	•	•
CD-RW							•		•	•	•	•

4.5 Kodeerimine

Kasutades suuremat pildi kvaliteeti võimaldab muutuv bitikiiruse (*VBR*) kodeerimine madalamat keskmist bitikiirust. Sel viisil kasutatakse keerukamate ja halvasti tihendatavate osade kodeerimiseks rohkem andmemahtu. Kontstantse bitikiiruse (*CBR*) kasutamisel peab video andmekiirus olema piisavalt suur kogu video kodeerimiseks sama bitikiirusega.

DVD seadmete puhul kasutatakse MPEG-2 video esitamiseks kahte erinevat tehnoloogiat, mis mõlemad võimaldavad videot näidata nii aknas kui ka täisekraaniresiimis (*full screen*).

VGA inkrustatsioon (*VGA-Inlay*) tehnoloogia kasutab videotöötlemiseks ja signaali saatmiseks monitorile ainult arvuti graafikakaarti. Suure bitikiirusega salvestatud suurtemahuliste videote esitamine võib valmistada jõudluse probleeme. Esiteks on PCI siini koormatus videote esitamisel suur ning teiseks ei tule vanemad videokaardid esitamisega toime.

Video ülekate (*video overlay*) tehnoloogia puhul tegeleb dekooderkaart ise videotöötluste ja signaali edastamisega monitorile. Tavaliselt on sellisel puhul arvuti graafikakaart ja dekooderkaart omavahel kaabliga ühendatud. Tehnoloogia eeliseks väiksem nõudlus arvuti süsteemi ressurssidele ning suurem riistvaraline ühilduvus. Video ülekatte tehnoloogia on võimeline töötama igasuguse videokaardiga. Video ülekate ei võimalda nii head pildi kvaliteeti, võrreldes VGA inkruatsioon tehnoloogiaga,

DVD audio kodeerimisformaadina on kasutusel kaks formaati. Euroopas kasutatakse enamjaolt MPEG-2 Surround Sound-i. Ülejäänud maailmas on kasutatusele Dolby Digital AC3.

Tabel 4. DVD-Video kodeerimine

	MPEG-2	MPEG-1
PAL/SECAM eraldusvõime	720 x 576 704 x 576 352 x 576 352 x 288	352 x 576 352 x 288
NTSC eraldusvõime	720 x 480 704 x 480 352 x 480 352 x 240	352 x 480 351 x 240
Muutuv bitikiirus (<i>VBR</i>), Konstantne bitikiirus (<i>CBR</i>)	VBR või CBR	CBR
PAL/SECAM kaadrisagedus	25 kaadrit sekundis	
NTSC kaadrisagedus	24 või 30 kaadrit sekundis	

4.6 Andmekaitse

Üle-eelmise aasta lõpuks oli maailmas vähemal või suuremal määral kasutusel kuus erinevat DVD koopiakaitse süsteemi.

- Analoog CPS (*Copying Protection System*)- Süsteem loodi firma Macrovision poolt eelkõige DVD plaadilt videokassetile kopeerimise takistamiseks.
- CGMS (*Copy Generation Management System*)- Süsteem töötati välja, et takistada seeriakoopiate tegemist. Video väljundsignaalile on lisatud CGMS kood

- CSS (*Content Scrambling System*)- Andmete krüpteerimissüsteem loodi meediafailide otse kettalt lugemise takistamiseks. Vajalik on video dekodeeri riist- või tarkvaraline ühildumine krüpteerimisahelaga, mis dekodeerib andmed enne näitamist.
- CPPM (*Content Protection for Pre-Recorded Media*)- Süsteem asendab CSS süsteemi DVD-Audio puhul. Kodeerimisvõtmed on salvestatud plaadi *lead-in* alale.
- CPRM (*Content Protection for Recordable Media*)- Süsteemi toetavad kõik uuemad DVD-salvestusseadmed. Krüpteeritav kood varustatakse unikaalse 64-bitise ketta ID numbriga, mis on graveeritud tühjale salvestatavale DVD plaadile kaitstava andmehulga kettale salvestatamisel.
- DTCP (*Digital Transmission Content Protection*)- Süsteem on mitmete digitaalsete koopiakaitsesüsteemide liider. Andmed on märgistatud tavaliste CGMS lippudega (*flag*) ühekordse kopeerimise (*copy ounce*) või kopeerimise keelamise (*copy never*) kohta.

Filmide kopeerimise puhul kasutatakse peale üldise kodeerimise veel regionaalset kodeerimist. See on vajalik, et takistada kinode sissetulekute langust seoses mujal maailmas juba kinos jooksnud filmidest DVD versioonide enneaegset levimist. Seetõttu nõudsid filmikompaniid DVD standardisse vastavate geograafiliste koodide sisseviimist nii, et teatud DVD plaate on võimalik mängida ainult kindlas geograafilises piirkonnas.

4.7 DVD-ROM

Sarnaselt DVD plaatidele on DVD-ROM seadmeid suhteliselt raske eristada tavalistest CD-ROM seadmetest. Isegi ehituselt on seadmed suhteliselt sarnased, mõlemad kasutavad ATAPI või kallimate seadmete puhul SCSI liidest. CD-ROM-i puhul salvestatakse andmed plaadi pealmise pinna lähedale, DVD puhul on andmekiht plaadi keskel. DVD-ROM laseri süsteem on palju keerulisem kui CD-ROM-il, et oleks võimalik lugeda nii DVD kui ka CD plaate. Esimestel DVD-ROM-idel oli kaks pööratavat läätset, millest ühte kasutati DVD ning teist CD-ROM andmekandjate lugemiseks. Tehnoloogia arenedes kadus vajadus pööratavate läätsede järele, kasutades mõnede seadmete puhul holograafilist-optilist elementi.

DVD-ROM-i võlli pöörlemiskiirus jääb alla CD-ROM-i pöörlemiskiirusele. Sama pöörlemiskiirusega DVD-ROM-ide andmevahetuskiirus on üle 8 korra suurem, kuna andmed on salvestatud andmekandjale suurema tihedusega.

DVD-ROM seadmed võeti kasutusele 1997. a alguses. Esimesed DVD standardi 1x (ühekordsed) (DVD I) seadmed võimaldasid lugeda CD-ROM plaate 12x kiirusega, mis oli piisavalt kiire video täisekraaniresiimis esitamiseks. Mõne aja pärast ilmusid 2x DVD ROM-id (DVD II), mille andmevahetuskiirus oli 2700 KB/s ja mis võimaldas lugeda CD plaate 24x kiirusega. 1999. a ilmusid kasutusele 5x DVD-ROM (DVD III) seadmed, mille andmevahetuskiirus oli 8100 KB/s ja millest mõned seadmed olid võimelised lugema DVD-RAM andmekandjaid.

4.8 DVD-Video

DVD-Video on tavaliselt salvestatud digitaalsetelt stuudio originaallintide pealt ja kodeeritud MPEG-2 formaati. MPEG-2 formaadi eraldusvõime on tavaliselt 720x480 pikselit ning ta võimaldab suuremat tihendust (*compression*) ja paremat pildi kvaliteeti kui MPEG-1.

Ühepoolne DVD-Video (*DVD-5*) plaat loodi nii, et ta oleks võimeline mahutama täispikka filmi. MPEG-2 formaat kasutab kadudega tihendust, mis eemaldab tihendamisel inimese silmale tajumatu, üleliigse informatsiooni. Sedaviisi on võimalik suurendada andmeruumi kokkuhoidu, kuid sõltuvalt tihendusastmest on ka suurem või väiksem pildi kvaliteedi langus. Minimaalne video andmevahetuskiirus peaks täispikka filmi MPEG-2 kompressiooni puhul olema 3500 Kbit/s. Digitaalne ruumilise (*surround*) heli andmevahetuskiiruseks on 384 Kbit/s. Peale selle kulub andmekandja ruumi veel subtiitrite ja keelevahendite jaoks. Keskmiselt kulub 133 minutit kestva DVD filmi jaoks 4,86 GB andmekandja ruumi.

DVD-Video filmi pildi kvaliteet on parem kui videomaki pildi kvaliteet. Lisaks võimaldab DVD-Video standard valida erinevates keeltes ilmuvate subtiitrite vahel ning erinevate pildi mõõtmete suhet nt. 16:9, 4:3, täisekraanresiimis pilt.

Kahekihiliste (*DVD-9*) DVD ketaste mahutavus on 240 min, samas kahepoolsed (*DVD-10*) DVD kettad mahutavad natuke üle 266 min filmi. Kahepoolsete DVD plaatide puhul kasutatakse palju võimalust salvestada plaadi ühele poolele film suhtega 4:3 ning teisele ketta poolele laiekraan versioon suhtega 16:9.

DVD andmekihtidele on võimalik kirjutada kahte erinevat meetodit kasutades. Paralleelse raja (*Parallel Track Path*) meetodi puhul loetakse mõlemaid ketta kihte seestpoolt väljapoole.

Vastasraja (*Oposite Track Path*) meetodi puhul alustatakse lugemist välimisel kihil seespoolt väljapoole ning seejärel loetakse seesmisel kihil väljapoole sissepoole. Viimane meetod võimaldab lugeda ketta kihte ilma, et ketta kihti vahetades suuremat ajalist vahet tekiks.

4.9 DIVX

DIVX on enamjaolt piiratud kasutusega *pay-per-view* tehnoloogia. Tehnoloogiat teatakse kui rohkem taskukohast DVD formaati, mis lubab kasutajatel soodsa hinna eest osta DIVX ketta ja 48 tunni jooksul vaadata kettal olevaid filme piiramatult arv kordi. Aja lõppedes nõutakse kasutajalt iga kasutamise korra eest lisatasu. DIVX seadmetel on sisseehitatud modem, mis võtab kaks korda kuus ühendust keskmaksekeskusega ja edastab DIVX mängija kasutamise statistika. Kasutajatel on võimalus kasutamisaja ületanud plaate osta DVD-Video plaatide hinnaga piiramatuks kasutusajaks. DVD mängija ei võimalda DIVX plaate mängida.

DIVX mängijatel on lisaks modemile sisse ehitatud dekrüpteerimisahel, mida kasutatakse DIVX ketaste lugemiseks, mis on krüpteeritud kolmekordse DES algoritmiga. Mängija on võimeline lugema unikaalset seerianumbrit, mis on salvestatud ketta BCA (*Burst Cutting Area*) alale.

DIVX osa renditava videoturu loomise osas on suur, mis annab kõik eeldused DVD-Video populaarsuse tõstmiseks. Tarkvara piraatluse vähendamiseks on võimalik salvestada toote seerianumbrit BCA- d kasutades.

Enamusele inimestele seostub aga terminiga DIVX eelkõige suure tihedusastmega kõrgekvaliteetse pildiga video kodeerimistehnoloogia. Tegemist on DivX kaubamärgiga, mis on loodud firma DivX Networks poolt. DivX on MPEG-4 standardiga ühilduv kodeerimistehnoloogia, mis võimaldab MPEG-2 videot kokku suruda (tihendada) umbes kaheksa korda võrreldes esialgse failisuurusega . Eriti just viimastel aastatel on DivX kodeerimistehnoloogia hakanud kuulsust võitma.

4.10 DVD-Audio

Ajapikku on selgeks saanud, et CD plaat on kõige sobivam andmekandja muusika salvestamiseks ja selle taasesitamiseks, eriti just pärast CD-ROM-ide sisseviimist arvutistandardisse. Digitaalse heli salvestamiseks ja taasesitamiseks otsitakse aga siiski

suurema kvaliteedi huvides uusi standardeid. DVD-Audio, SACD (*Super Audio CD*) ja DAD (*Digital Audio Disk*) kõik võistlevad ühe üldise audiostandardi maine saavutamise nimel.

DVD-Audio versioon 1.0 lasti välja 1999. a. DVD-Audio sisaldab endas PCM (*Pulse Code Modulation*) digitaalset audiot, mis tähendab Audio CD standardist suuremaid diskreetimissuuruseid (*sampling size*) ja diskreetimiskiiruseid (*sampling rates*). Enamike filmide puhul on heli salvestatud pideva, mitmekanalilise ruumilise helina Dolby Digital DTS (*Digital Theatre Systems Digital Surround*) heli tihendust kasutades. DTS heli kodeerimisformaad on suhteliselt sarnane Dolby Digital formaadile. DTS vajab dekodeerit, mis võib olla sisse ehitatud DVD mängijasse või välisesse vastuvõtjasse. DTS sisaldab endas võimalust ühendada DVD mängija külge subwoofer ja viis kõlarit. DVD-Video hääle kvaliteet sõltub peamiselt kui väikeste kadudega heli tihendati. Hoolimata tihendusest on Dolby Digital ja DTS helikvaliteet CD helikvaliteedist paremad.

DVD-Audio ketastele on võimalik salvestada peale heli ka video ekraani menüüsid, mis muudavad keskkonna interaktiivseks. Kahekihiline DVD-Audio plaat võimaldab salvestada vähemalt kaks tundi ruumilist heli ning 4 tundi tavalist stereo heli. Ühekihilise DVD plaadi puhul on need suurused umbes poole väiksemad.

Mõningaid DVD-Audio kettaid on võimalik mängida DVD-Video mängijates, see oleneb ketastest ja mängijatest. DVD-Audio sisaldab endas uusi formaate ja funktsioone, millega mõned DVD-Video mängijad toime ei tule.

4.11 DVD salvestatavad formaadid

Erinevaid DVD-ROM salvestatavaid formaate on viis: DVD-R üldiselt, DVD-R loometööks, DVD-RAM, DVD-RW ja DVD+RW.

Kõikidel salvestataval DVD formaatidel on neile omased tehnilised tunnusjooned nende andmekandjate füüsiliste tunnuste ja omaduste kohta. DVD mängija võime erinevaid andmekandjaid mängida sõltub just sellest kas andmekandja on ühilduv vastava mängijaga ning vastavast informatsioonist, mis on andmekandjale salvestatud.

DVD-Video andmekandja on enamjaolt DVD kommertsformaad, mis on mõeldud ühekordseks salvestamiseks. DVD video salvestusseadmete puhul on siiski võimalik kasutada salvestusformaati, mis võimaldab, sarnaselt videomakile, salvestada andmekandjale enda äranägemise järgi videolõike.

Kõik salvestavad seadmed on võimelised lugema kõiki DVD-ROM plaate, kuid igäüks neist kasutab salvestamiseks erinevat andmekandjat.

DVD-R sünniaastaks võib lugeda 1997.a. DVD-R-ile on võimalik salvestada andmeid ainult üks kord. Andmekandja võib sisaldada videot, heli, pilte, andmefaile, programme jne. Vastavalt salvestatud info sisule on võimalik DVD-R andmekandjat kasutada ükskõik millises DVD mängijas. Algselt oli võimalik DVD andmekandjale salvestada 3,96 GB informatsiooni. Hiljem kahepoolse andmekandja kasutuselevõtmisega tõusis salvestusmaht 9,4 GB-ni. DVD-R kasutab CLV (*Constant Linear Velocity*) pöörlemistehnoloogiat andmemahu maksimumini tõstmiseks. Selle tulemusena teeb seadme völl lugemis-kirjutus protsessi ajal ühest plaadi otsast teise liikudes muutuva arvu pöördeid.

DVD-RAM oli esimene korduvkirjutatav DVD formaat, mis võeti kasutusele 1998.a. Kõige paremini sobib see DVD formaat arvutis kasutamiseks. DVD-RAM ei ole ühilduv enamike DVD seadmetega oma suurte erinevuste tõttu andmekandja formaadis ja erineva peegelduvusomaduste tõttu. Esimene põlvkond DVD-RAM tooteid saabus turule 1998.a. Esimesed andmekandjad võimaldasid kirjutada ketta mõlemale poolele kokku kuni 2,6 GB informatsiooni. Hilisemad DVD-RAM andmekandjate mahutavus oli 4,7 GB. Ühepoolsed andmekandjaid toodeti nii kassetitesse paigutatuna kui ka ilma. Kettale on võimalik salvestada ainult siis kui ketas on kassetti paigutatud.

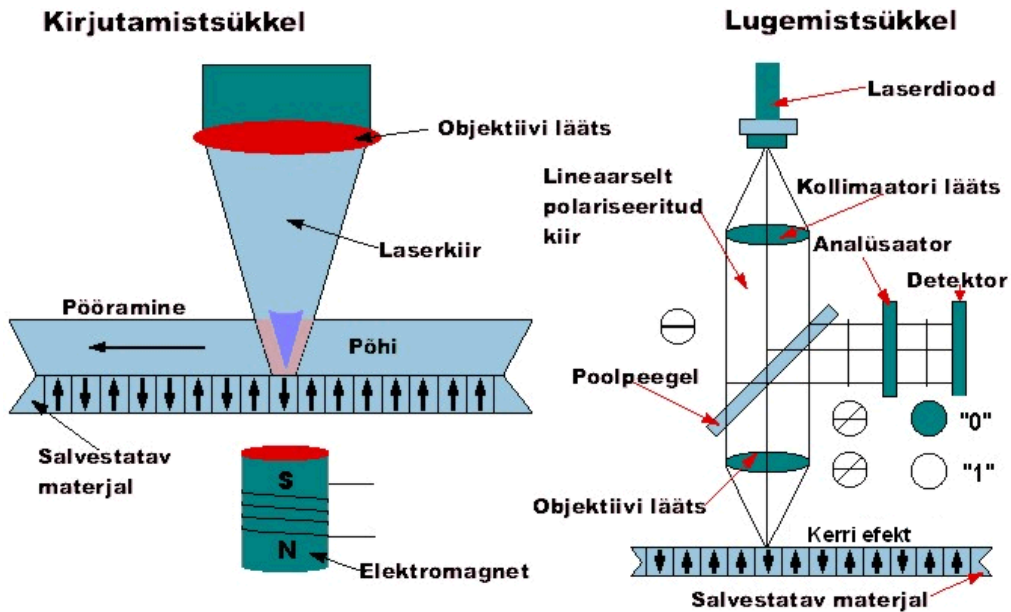
DVD-RW ja DVD+RW formaadid on sarnased, kuna mõlemad on CD-R ja CD-RW edasiarendused. Seetõttu on tagatud suurem ühilduvus ülejäänud DVD toodetega. **DVD-RW** võeti esimesena kasutusele Jaapanis 1999.a. Andmekandja muudetud disaini eesmärk oli sobida olemasolevasse DVD keskkonda. DVD-RW kettad ei kasuta ketast kaitsvaid kassette, mis teeb selle kasutamise võimalikuks kõikides ketas-laetavates DVD seadmetes. DVD-RW ketaste puhul kasutatakse lugemiseks, kirjutamiseks ja kustutamiseks faasimuutmistehnoloogiat (*phase-change technology*). Laserkiir lainepikkusega 650 millimikronit kuumutab faasimuutmistulamit kas kristallseks (peegeldavaks) või amorfseks (tumedaks mittepeegeldavaks) vastavalt kuumuse tasemele ja edaspidisele kuumutamisele. Salvestatud tumedate punktide ja kustutatud peegeldavate punktide erinevuse tõttu eristab ja taasesitab DVD mängija salvestatud informatsiooni.

DVD+RW formaat ühendab endas DVD ja CD-RW tehnoloogiat ja on mitteühilduv DVD-RAM standardiga. DVD+RW tehnoloogial on palju ühist DVD-RW tehnoloogiaga, kuna mõlemad kasutavad faasimuutmistehnoloogiat. Kasutajatel on võimalik salvestada tavalisele kettale või kasutada ketast paigaldatuna kassetti. See erineb DVD-RAM seadmetest, mis võimaldavad ketast kasutada ainult kassetti sees. DVD+RW formaadis plaate on võimalik salvestada CLV või CAV tehnoloogiat kasutades. Lossless linking tehnoloogia loodi spetsiaalselt DVD+RW jaoks. See võimaldab kasutada muutuvat bittikiirust, mis omakorda võimaldab video rakenduste salvestamist peatada ja jätkata ilma sellele järgneva linkimiskaota (*linking loss*). Selleks on vaja kirjutada suure täpsusega kõik andmeblokid õigele kohale. Sellisel juhul on ketta vagu (*disc's groove*) märgistatud kõrge võnkesagedusega, mis võimaldab kirjutamist alustada ja lõpetada täpselt määratud kohas.

5. Optilised seadmed (Optical drives)

Vaatamata 'floptical' seadmete ebaõnnestumisele välja vahetada traditsionaalne disketiseade paistis, et optilised seadmed, on loodud asendamaks magnetketta tehnoloogiat. Kuna nad kirjutavad ja loevad andmeid laserkiire abil on nad palju täpsemad kui kõvakettaseadmed. WORM (Write Ounce/Read Many) salvestussüsteem loodi 1980.a lõpus ning saavutas populaarsuse võimaldades salvestada suuremahulist ja tundliku andmekogumit. Andmete salvestamisel WORM kettaga kantakse ketta pinnale jäävad füüsilised jäljed nõrga laseri abil, ning neid jälgi ei ole võimalik hiljem kustutada.

Peagi ilmusid kasutusele korduvkirjutavad või kustutavad kettaseadmed, mis olid pakkusid samasugust suurt mahutusvõimet nagu WORM seadmed. Vaatamata suurtele edusammudele optiliste seadmete tehnoloogias, jäävad optilised seadmed siiski maha mitteoptilistest seadmetest. Samas pakuvad optilised seadmed mitmeid eeliseid mitteoptiliste seadmete ees. Nende salvestuskandja (*storage medium*) on suure mahutavusega, nad on kergelt transporditavad, kaitstud pea poolt põhjustatavate kriimustuste eest, andmekadu põhjustavad vaid ebasoodsad keskkonnatingimused. Tulemuseks muudavad kahe erineva süsteemi sarnased eelised nad pigem üksteist täiendavaks kui konkureerivaks. CD/DVD tehnoloogia väljatöötamine, mis ühendab salvestatavat ja korduvsalvestatavat formaati on põhjustanud dramaatilise nähtuse irdketaste (*removable storage*) maailmas, kus ühilduvus on tootesarja juures tähtis ja ainulaadne nähtus.



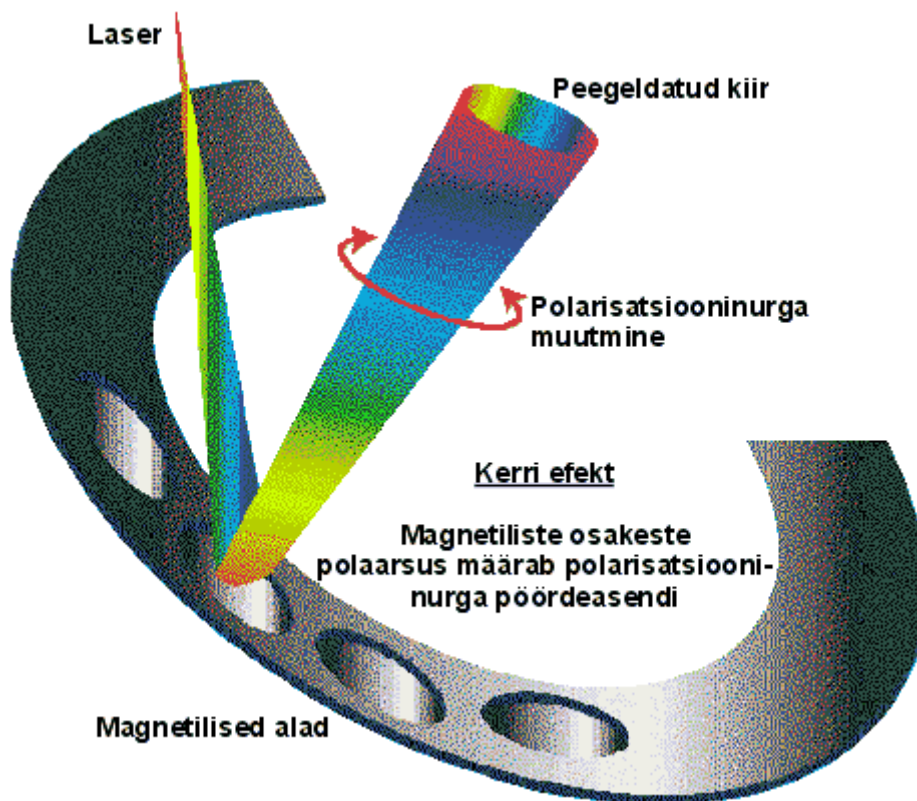
Joonis 8. Magnet-optiliste seadmete kirjutamis- ja lugemis-tsükklite illustatsioon

5.1 Magnet-optiline tehnoloogia

Nagu nimest lähtub kasutavad sellised seadmed kombinatsiooni magnet ja optilisest tehnoloogiast. Sellises seadmes on laseri ülesandeks andmete lugemine kettalt, samal ajal vajatakse magnetvälja, et andmeid kirjutada. Magnet-optiline (MO) seade on valmistatud selliselt, et sisestatud ketas paljastatakse laserkiirele kirjutatava poolega ja magnetile teiselt poolt (*label side*). Kettad, mis jagunevad $3\frac{1}{2}$ ja 5,25 tollisteks, on varustatud spetsiaalse sulamikihiga, millel on omadus peegeldada laserkiirt erineva polarisatsiooninurga alt vastavalt sellele, kumba pidi see on magnetiseeritud. Andmeid saab salvestada sellele põhjalõuna suunaliste magnetiliste punktidenä, nagu kõvaketta puhulgi.

Kui kõvaketast saab magnetiseerida igal temperatuuril, siis on MO seadme kettas kasutatav magnetiline kate on valmistatud kasutamiseks stabiilses toatemperatuuris. Toatemperatuuril ei ole MO seadme andmekandja tundlik magnetväljade suhtes. Ketta kuumutamine üle teatud temperatuuri, mida nimetatakse Curie punktiks (antud materjalil umbes 200 kraadi Celsiuse järgi), muudab andmed muudetavaks. MO tehnoloogia kasutab kindlate piirkondade kuumutamiseks magnetilistes osakestes laserkiirt. Selline täpne tehnoloogia võimaldab MO kettale talletada palju rohkem informatsiooni, kui teiste magnetiliste seadmete puhul. Lugemis-kirjutuspea poolt tekitatud magnetvälja abil on võimalik muuta kord kuumutatud magnetiliste osakeste suund.

Info lugemine toimub nõrgema laseri abil, kasutades Kerri efekti, kus peegelduva valguse polarisatsiooninurk muutub vastavalt magnetiliste osakeste suunale.



Joonis 9. Kerri efekt

5.2 Limdow

Magnet-optilises tehnoloogias toimus suur tõuge 1997. a kevadel kui lasti välja Plasmon'i DW260 kettaseade, mis kasutas *Limdow* tehnoloogiat ja oli palju jõudsam võrreldes eelmiste MO seadmetega. LIMDOW (*Light Modulated Direct OverWrite technology*) kasutab võrreldes eelnevate MO seadmetega erinevat kirjutamistehnoloogiat, mis parandab märgatavalt jõudlust ja pakub kaudselt alternatiivi kõvakettaseadmetele jõudluse ja hinna kaudu.

Limdow kettaseadmed töötavad samal põhimõttel nagu tavaline MO seade: kirjutatavat pinda kuumutatakse, mille järel rakendatakse väljaspoolt magnetilist jõudu. Vahe on selles, et muudatuste tegemiseks kasutatakse magnetpea asemel ketta sisse ehitatud magneteid.

Limdow kettal on kirjutatava peegelpinna sees kaks magnetkihti. Kirjutatav pind on võimeline magneetuma kasutades esimest neist magnetkihtidest, juhul kui see on kuumutatud

kindlale temperatuurile. Kui pind on kuumutatud rohkem, saab pind oma polaarsuse teiselt magnetkihilt. Andmete kirjutamiseks kettale pulsseerub MO seadme laser kahe võimsuse vahel.

Kõrgel võimsusel kuumutatakse pinda rohkem, mistõttu pind saab oma laengu põhjapooluseliselt magnetkihilt. Väiksemal võimsusel kuumutatakse pinda vähem ning pind saab oma magnetilise laengu lõunapooluseliselt magnetkihilt.

Oma kiiruse tõttu sobib LIMDOW kasutamiseks audiovisuaalsete ja multimeedia rakendustes. Samas on andmesalvestuskiirus on küllalt hea, et talletada isegi MPEG videoformaati. Andmeid kirjutada palju suurema tihedusega, kuna magnetpind on kirjutatava pinna kõrval (mitte väljaspool ketast ning tihedus on võrdne laserkiire punkti poolt rakendatava kuumusega. Tulevikus võib MO ketta maht tõusta kuni neli korda 2,6 GB-ni või isegi rohkem seoses punkti mõõtmete vähenemisega ja väiksema lainepikkusega punaste ja siniste laserite kasutamiselevõtmisega.

5.3 Magnet-optiline ketas

MO ketta valmistamisel on paigutatud teatud hulk filmimaterjali ülimalt kõvasse vaigust alusesse (sama materjali kasutatakse kuulikindla klaasi valmistamisel). Seejärel kaetakse terve ketas kaitsva vaiguga, mis on ultra-violett kiirguse abil kõvendatud. Salvestatav filmimaterjal on tehtud erinevate metallühendite sulamist, nagu näiteks terbium (Tb), raud (Fe) ja koobalt (Co). Filmimaterjal on paigutatud kaitsvate dielektriliste filmide vahele, mis pakuvad soojusisolatsiooni ja suurendavad polarisatsiooni muutmisnurka, kuna sensor on võimeline paremini tuvastama Kerri efekti. Allpool ketta kaitsvat vaiku, ketta ülemisel poolel on peegeldav filmimaterjal, mille ülesanne on parandada lugemisvõimet. Just see materjal annab MO-le kettale "vikerkaare välimuse".

Läbipaistev alus on salvestatava kihi peal, kus laserkiir tungib läbi läbipaistva põhja ja jõuab salvestatavale kihile. Põhi kaitseb efektiivselt salvestatavat kihti reostuse ja oksüdeerumise eest.

MO kettad on saadaval mitme erineva suuruse ja mahutavusega ning erinevalt kõvaketastest ei tooda MO kettaid paljud erinevad tootjad. Tänapäeval toodetud enamasti 3½ tollised MO kettakassetid mahutavad 640 MB. 1999.a alguses tutvustas Fujitsu 1,3 GB-st 3½kettakassette. Standardse 5,25 tollise kahepoolse ketta mahutavus on 2,6 GB. Saadaval on ka suuremaformaadilisi kettaid.

Enamus MO ketaste tootjaid on leppinud kokku uuemate kettaseadmete, vanemate ketaste toetuse, vähemalt kahe eelmise põlvkonna piires. See tähendab, et 3½ tolline 640 MB MO seade toetab ka vanemaid 530 MB, 230 MB ja 128 MB kettaid. Enamus firmade poolt toodetud ketaste mahutavustasemed jälgivad ISO failiformaadi standardeid, mis võimaldab ketaste kasutamist erinevate firmade poolt toodetud kettaseadmetes.

MO kettad on äärmiselt vastupidavad. Kuna andmed sellele kirjutatakse ja kustutatakse magnetiliselt kõrgel temperatuuril, ei ole MO kettad toatemperatuuril tundlikud magnetväljade suhtes. Andmekadu pea kriimutuste tõttu ei ole võimalik kuna puudub füüsilise kontakt ketta pinna ja kettaseadme pea vahel. MO ketaste loojad väidavad, et andmeid saab MO ketastele kirjutada vähemalt miljon korda ja sealt lugeda vähemalt 10 miljonit korda. Kuna kettad on paigutatud alaliselt kõvasse pörotuskindlasse kassettkarpi, on väidetav ketaste peal talletatud andmete eluiga 30 aastat. Mõned tootjad lubavad andmete elueaks isegi 50 kuni 100 aastat.

5.4 OSD tehnoloogia

OSD (*Optical Super Density*) tehnoloogia eesmärgiks oli luua kõrge mahutavusega (40 GB või isegi rohkem) eemaldatav MO kettaseade, mis säilitaks oma kindluse ja usaldatavuse vastavalt tänapäeva ISO standardi järgi loodavatele MO seadmetele. Samas oleks võimeline saavutama andmevahetuskiirust võrdväärselt kõvaketastele ja lindiseadmetele (30MB/s) ning mis oleks märgatavalt odavam kui teised optilised- ja kõvakettaseadmed. 1999. a kevadel demonstreeris Maxoptix Corporation edukalt OSD tehnoloogiat pärast 18 kuust arendust.

- **Tausta ülekatmistehnoloogia salvestamisel**

OCIR (*OverCoat Incident Recording*) tehnoloogia loodi, et üle saada põhja tausta salvestamise tehnoloogia kitsendustest (*substrate incident recording technique*), mida kasutati MO seadmetes ISO standardi järgi. OCIR struktuuril on salvestatav kiht põhja peal, nagu kõvakettalgi, samas on tal ka paks läbipaistev, kaitsev pealiskate, mis on sarnane CD ja DVD plaatidele. OSD kattekiht on rohkem kui 1000 korda paksem kui see on kõvakettal ja lindiseadmetel, kuid siiski palju õhukesem kui tänapäeva ISO standardi MO ketastel. OSD tehnoloogias kasutatakse suurema avaga läätsi, kuna see võimaldab läätsel paiknemist salvestatavale pinnale palju lähemale, mille tulemuseks on suurem andmetihedus. OCIR andmekandja on vastupidav ja väga pika eluajaga. OSD

salvestuskeskkond peab vastu miljonitele lugemis- ja kirjutamisoperatsioonidele ning andmete püsivust hinnatakse üle 50.a. OSD kettad on asetatud kassetti sarnaselt tavalistele MO ketastele ja on ühilduvad eksisteeriva ISO standardile vastavate MO kettaseadmetega, ilma, et seadmete mehhaanikas oleks vaja teha muudatusi.

Mõningaid OSD tehnoloogiat iseloomustavaid uuendusi MO seadmete tehnoloogias.

- **Pinna jadasalvestus**

OSD toodetes on iseseisvad lugemis-kirjutuspead mõlemal pool ketast. Kasutatakse SAR (*Surface Array Recording*) tehnoloogiat, mis võimaldab samaaegset ligipääsu mõlemale ketta poolele. SAR on erinev tavalisest MO seadmest, kus selleks, et lugeda andmeid teiselt ketta poolelt on vaja keerata kettal käsitsi teine pool. SAR muudab andmekiirused võrreldavaks kõvakettaseadmetega võimaldades kasutada ketta mõlemat poolt lugemiseks ja kirjutamiseks.

- **Pidev objektiiv läätis**

ROL (*Recessed Objective Lens*) on loodud pea ja ketta reostusevastase kaitstuse suurendamiseks ning, et võimaldada läätse pidevat fookust. Kuna objektiiv läätis on paigutatud magnetilise pea kohale, siis ei puutu see kokku võimaliku mustusega andmekandja sisestamise ajal. Edaspidi kaitseb mustuse eest *Maxopix* õhupuhastussüsteem, mis tekitab õhuvoolu läbi magnetilise pea ja peab mustuse kinni. Objektiiv läätse vertikaalsuunas lahtisidestamine (*decoupling*) magnetilisest peast võimaldab OSD seadmetel hoida pidevat fookust ja kalkeerimist (*tracking*) kontrollides objektiiv läätse täpset kõrgust andmekandjast. See parandab kettaseadme töökindlust erinevates keskkonnatingimustes.

- **Magnetvälja modulatsioon**

MFM (*Magnetic Field Modulation*) kõrvaldab tavaliste MO seadmete, päringu piirangud (*the limitations inherent*). Magnetvälja polaarsust on võimalik tõsta väga kõrge sageduseni kuna väike magnetiline pea on paigutatud hästi kettale lähedale. Kiired muutused polaarsuses tekitavad kettale jäljed, mis on kitsad ja sügavad ning mida nimetatakse ka poolkaarteks (*crescents*). Poolkaarekujulised (*crescent shaped*) jäljed tõstavad tunduvalt salvestustihedust (*bit density*), kusjuures salvestustihedus ei ole enam piiratud laseri lainepikkusega. Kettale on võimalik kirjutada ühe jutiga (*single pass*), kuna välja polaarsust saab muuta kiiresti.

- **Magnetiline superresolutsioon**

MSR (*Magnetic Superreolutsioon*) on märgimuster tehnoloogia, mis isoleerib üksiku loetava andmeühiku ning võimaldab lugeda väga suure andmetihedusega infot. MSR kasutamine eemaldab laseri lainepikkuselt andmetihedust piirava faktori. Lugemisprotsessi ajal eraldatakse kettale eelkuumutamiseks rohkem energiat, mis on suunatud loetavale kihile (*read-out layer*) ning mis asub salvestatava kihi peal. Pakkudes suuremat resolutsiooni suureneb tunduvalt loetava kihi andmeala väiksemate andmeühikute näol, mis omakorda suurendab mahutavust ja töökindlust.

OSD tehnoloogia on ettenähtud MO tehnoloogia täiendamiseks. Lisaks suurele mahutavusele pakuvad OSD seadmed sarnaselt MO seadmetele suurt töökindlust ja usaldatavust, muutes seadmed sobivaks karmidele keskkonnatingimustele. Eemaldatav OSD andmekandja on eeldatavasti samuti töökindel, mida saab üle kirjutata 10 miljonit korda ilma andmeid kahjustamata (degradeerumata) ning mille eluiga hinnatakse 50. aastale. OSD andmekandja töökindlus ja usaldatavus on sobivad masssalvestuseks, varundamiseks, võrguteel varundamiseks, multimeedia rakenduste kaasaarvatud audio/video redigeerimiseks ja taasesitamiseks jne.

5.5 Fluorestsents-ketta tehnoloogia

C3D on uuenduslik optiline salvestustehnoloogia, mis suudab mahutada 140 GB või veelgi rohkem informatsiooni ühe mitmekihilise ketta peal. Optiliste seadmete signaali kvaliteet väheneb tavaliselt vastavalt salvestatavate kihtide arvule. See on peamiselt põhjustatud optilistest häiretest nagu nt. müra, signaali hajumine ja ülekoste, mille tulemusena laserkiir ja peegeldatud signaal on sama lainepikkusega ja kasutatud kõrge koherentsusega peegeldatud signaali omadustega. Ei ole võimalik kasutada rohkem kui kahte salvestatavat kihti kuna signaali kvaliteedi alanemine ületab lubatud piirid. Fluorestsents-lugemissüsteemi puhul alaneb kvaliteet palju vähem ning C3D puhul on eeldatavasti võimalik kasutada 100 mälukihti tavasuurusega CD plaadi puhul.

C3D ketaste ehitus põhineb nn. stabiilsel fotokroomil (*stable photochrome*), mis avastati vene füüsikute poolt. Stabiilne fotokroom on läbipaistev orgaaniline aine, mille fluorestsentsi saab käivitada laserkiire abil piisavalt pikaks ajaks, et seda saaks tuvastada tavalise fotodetektoriga (*photoreceiver*) abil. See omadus teeb võimalikuks asetada läbipaistvad kihid teineteise peale

ja kirjutada informatsiooni igale kihile. Kui kord fluorestsents on laserkiire poolt esile kutsutud, kiiratakse välja nii koherentsed, kui ka mittekoherentsed valguskiired. Laserkiirte lained on veidi teineteise suhtes sünkroonist väljas (*out of step*) ning selle omaduse kasutamine on C3D tehnoloogia alus. Sünkroniseerimata fluorestsentsvalguskiired võimaldavad lugeda andmeid läbi erinevate teineteise peale laotud läbipaistvate kihtide. Üks kiir loeb andmeid pealmiselt kihil ning samal ajal tungivad teised kiired läbi pealmise kihi ja loevad alumistelt kihtidelt. Selle tulemusena kasvab mahutavus ning andmeedastuskiirused. Ainulaadne fluorestsents-tehnoloogia võimaldab kasutada mitmekihilist optilist kaarti ka mujal, näiteks krediitkaartides jne. Selliste kaartide mahutavus ja lugemiskiirus on suur. Esimest korda esitleti C3D seadmeid 1999. a Iisraelis, 2002. a loodetakse turule tuua rida erinevaid tooteid.

C3D tehnoloogia ei ole ühilduv tänapäevaste CD ja DVD kettaseadmetega, mis tulevikus võib muutuda seoses vajalike minimaalsete tehniliste muudatuste tegemisega kasutuselolevate seadmete ehituses.

5.6 Sinine laser

Sinine lasertehnoloogia pakub kõige suuremat võimalust andmekandja mahu suurendamiseks. Laseri lainepikkus piirab ära kettale salvestatavate punktide suuruse. Sinise laseri lainepikkus on väiksem, mistõttu on võimalik lugeda ketta pinnalt peenema kiire abil väiksemaid punkte. Probleeme tekitab asjaolu, et tehnoloogia vajab ideaalselt puhast ja vibratsioonivaba keskkonda ning suurt toitevõimsust. Tulevikus üritatakse sellest probleemist üle saada. Tulevikueesmärgiks on tehnoloogia sisse viia personaalarvuti keskkonda, kuni seniajani kasutati sinist lasertehnoloogiat enamjaolt suurte süsteemide puhul.

6. Lindiseade (Tape backup device)

Arvestades hinna ja mahutavuse suhet, on kõvaketastest varukoopiade tegemiseks traditsionaalne varundustehnoloogia parim. Tänapäeva kõvaketaste suuruse juures on lint ainuke andmekandja, mis võimaldab täielikult kõvaketast varundada, ilma vahepeal andmekandjat vahetamata. Seda enam, et muude irdsalvestusseadmete (*removable storage*) andmekandjad on lindiseadmetega võrreldes umbes kümme korda kallimad.

Minevikus pakkus helikoidlint tehnoloogia vastuvõetava varundamislahenduse. Helikoidlint tehnoloogia suudab oma suure mahutavuse tõttu rahuldada keskmise suurusega lihtsama süsteemi vajadused, olles algselt kohandatud 8mm koduvideolindi tehnoloogiast. Kõige enamlevinud lahenduseks lihtsamate süsteemide, madalamate nõuetega varundamiseks on 4mm helikoid digitaalset audiolinti (*DAT*) ja veerandtollist kasseti (*QIC*) lineaarlinti kasutades.

Helikoid süsteemis jookseb lint kassetis kahe pooli peal. Linti veetakse poolviltu asuva silindrikujulise trumli vastas, millel on kaks lugemispead ning kaks kirjutuspead paigutatud vaheldumisi. Lugemispea tuvastab kirjutuspea poolt kirjutatud andmed. Trummel on kerges kokkupuutes lindiga, pööreldes 2000 pööret minutis. Lint liigub natuke vähem kui üks toll sekundis trumli pöörlemise suunale vastassuunas. Kuna salvestatakse rohkem kui üks rida korraga on efektiivne kiirus 150 tolli sekundis. Üks rada sisaldab endas 128 KB infot ja veaparanduskoodi.

Nõudmised varundamisele tõusevad kiiresti seoses üha suureneva hulga eluliselt tähtsa informatsiooni usaldamisega masinatele. Seoses sellega tekkis lindiseadmete tehnoloogias uus põlvkond. Näitena võib tuua DLT ja uuemad 8mm formaadid nagu Mammoth ja AIT. Need uued 'robot' lindiseadmete rakendused on võimelised töötama suure töökindlusega ilma inimese vahelesegamiseta.

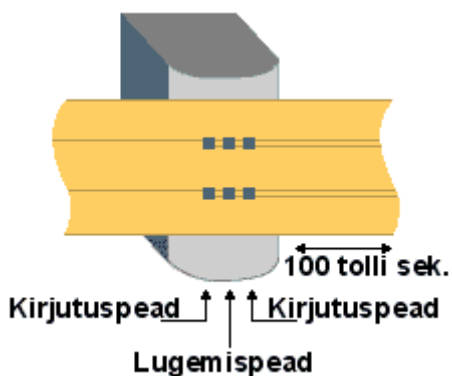
6.1 QIC

3M tutvustas esimest korda QIC (*quarter-inch-tape cartige*) seadet 1972. a. Sellajal kasutati seada peamiselt telekommunikatsioonis andmete salvestamiseks. Aja möödudes muutus suhteliselt kallis QIC seade levinuks andmesalvestussüsteemiks peamiselt personaalarvutites.

QIC kassetid on suhteliselt sarnased tavaliste audiokassetidega- kahe rulliga, millest üks on mahakeriv ja teine pealekeriv. Rulle pööratakse ringi kasseti sisse ehitatud rihma abil. QIC kasutab kepseldisaini. Metallvarb, mida teatakse ka kepslina, ulatub seadme mootorist välja ning surub lindi vastu kummist ratast.

QIC puhul on kasutusel lineaarne (pikki-) salvestamistehnoloogiat, kus andmed kirjutatakse piki linti jooksvate paralleelsete radadena. Radade arv määrab lindi mahutavuse. Kasette on kahte tüüpi, DC600 ning DC2000 minikassett, mis on populaarsem. QIC juures kasutatakse MFM (*Modified Frequency Modulation*) või RLL (*Run Length Limited*) salvestusmeetodit või. RLL meetod on sarnane kõvaketta salvestusmeetodile.

Varundamisprotsessi käigus laetakse kataloogiinformatsioon koos valitud failidega failipaigutustabelist (*FAT*) mälu puhvrise süsteemi muutmällu (*RAM*) ning need andmed saadetakse lindiseadme kontrollerisse. Kui kontrolleril on sisseehitatud veaparandus, siis lisatakse kontrolleris sisalduvale infole veaparanduskood (*ECC*). Kontrolleril on oma puhver ning kui varundatavad andmed koos veaparanduskoodiga on puhvril, on varundamistarkvara võimeline laadima uued andmed süsteemi muutmällu. Seejärel saadab seadme kontroller andmed lindiseadme salvestusmehhanismi.



Joonis 10. QIC seadme salvestamisfaas

QIC lint kasutab sarnaselt kodustele helimagnetofonidele lineaarset lugemis-kirjutuspead. Tavaliselt tähendab see ühte kirjutavat pead ümbritsetuna mõlemalt poolt lugevast peast. See võimaldab seadmel kirjutatud andmeid tuvastada lindi jooksmisel ükskõik kummas suunas. Lugemispea poolt salvestatud andmete tuvastamisel tühjendatakse puhver ja uued andmed saadetakse puhvrise süsteemi muutmällust. Kui lugemisprotsessi käigus avastatakse viga, siis kirjutatakse see lõik (segment) uuesti järgmisele lindi jupile.

QIC-3220 seadme puhul liigub lint kirjutamisprotsessi käigus paigalolevast lugemis-kirjutuspeast mööda vastavalt andmeedastuskiirusele 45, 9, 70, 5 või 94 tolli sekundis. Tavalise lindiseadme ja lindiformaadi puhul loeb-kirjutab pea andmed sirgete radadena, ühe raja korraga. Jõudluse suurendamiseks on võimalik lisada lisa lugemis-kirjutuspäid. Salvestuskeskkondades kus on vajalik suur jõudlus ja salvestusmaht, on võimalik ühendada kokku kuni 36 lugemis-kirjutuspead.

Kui lint saab ühe pooli pealt otsa, siis lindi liikumissuund muutub ja pea liigub järgmisele välimisele rajale. Iga rada koosneb 512 või 1024 baidistest plokkidest, mida on igal lindi segmendil 32. Üheksa plokki 32-st sisaldavad veaparanduskoodi ning iga plokk sisaldab ploki lõpus edasiseks veaparanduseks tsüklilist liiasuskontrolli (CRC). Tavaliselt sisaldab spetsiaalne kataloogi rada või rea 0 (null) algus täielikku kataloogiinfot varundatud failide kohta.

6.1.1 QIC standardid

QIC kassett on teinud läbi arengu, mille käigus on tõusnud mahutavus lindi laiendamise ja pikendamise arvelt.

Tabel 5. Enimkasutatavate QIC andmekandjate mahutavused

	Radasiid	0.25 tolli lai	Pikem lint	0.315 tolli lai
QIC-80	28/36	alates 80 MB	kuni 400 MB	kuni 500 MB
QIC-3010	40/50	340 MB	-	420 MB
QIC-3020	40/50	670 MB	-	840 MB
QIC-3080	60/72	1.2GB	1.6GB	2GB
QIC-3095	72	-	4GB	2GB

Üks QIC puudusi on mitteühilduvus. QIC formaat on kannatanud aastaid standardite ülekülluse all. Tänapäeval on üle 120 standardi, kusjuures kõik QIC seadmed ei ole ühilduvad kõikide standarditega. Esimestel QIC formaatidel oli 20-50 paralleelset rada. Uuemad formaadid nagu QIC-wide ja Travan kasutavad 72 või enam rada, kusjuures maksimaalne radade arv võib olla 144. Tandberg on uus kõrgetasemeline mitmekanaliline linearsalvestusformaad, mahutavusega 13 GB. Tandberg lisab lindile servo-rajad, mis

tagavad suurema salvestustundlikkuse ja kiirema lindi kiiruse, mille tagajärjel suureneb mahutavus ning andmete ülekandekiirused lähenevad kõvaketastele kiirustele. Servot kasutatakse mitmete radade samaaegsel salvestamisel pea hoidmiseks lindiga täpselt samal joonel.

6.2 Travan standardid

QIC/Travan kassetide ehituskvaliteet on suurepärane, mis teeb nad sobivaks pikaajaliseks salvestamiseks, mistõttu nad on kallimad DAT andmekandjatest. TR-4 formaadi mahutavust suurendati radade arvu tõstmisega 72-st 108-ni. 1998. aasta lõpuks oli olemas TR-5 formaat mahutavusega 10 GB või 20 GB. Esimene Travan NS (võrguseeria), NS8, on samaväärne TR-4 formaadiga. TR-5 on samaväärne NS20, mis on servo kirjutatud ja eelvormindatud vastavalt QIC-3220 standardile. Servo informatsiooni ei saa kassetil asendada, mille tõttu on seda võimatu taasvormindada. Masskustutamine muudab kassetti kasutuskõlbmatuks.

Tabel 6. Peamised Travan formaadi füüsilised parameetrid tänapäeval

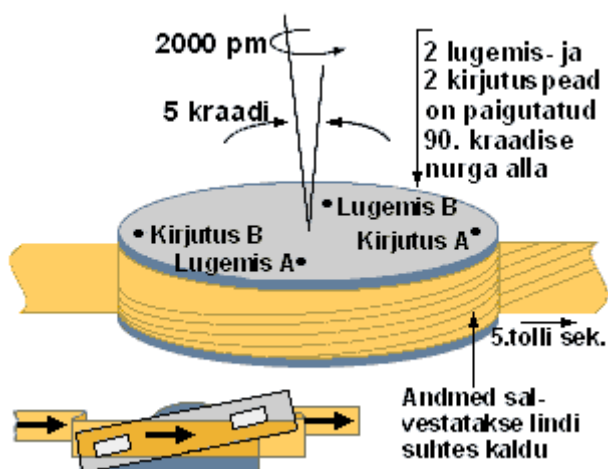
	TR-1	TR-2	TR-3	TR-4	TR-5
Mahutavus: Tavaline Tihendatud	400 MB 800 MB	800 MB 1.6 GB	1.6 GB 3.2 GB	4 GB 8 GB	10 GB 20GB
Edastuskiirus: Miinimum Maksimum	62.5 KBs 125 KBs	62.5 KBs 125 KBs	125 KBs 250 KBs	60 MB/min 70 MB/min	60 MB/min 110 MB/min
Radasid	36	50	50	72	108
Andmetihedus	14,700 ftpi (flux transactions per inch)	22,125 ftpi	44,250 ftpi	50,800 ftpi	50,800 ftpi
Ühilduvus	QIC 80 (lugemis- kirjutus) QIC 40 (ainult lugemis)	QIC 3010 (lugemis- kirjutus) QIC 80 (ainult lugemis)	QIC 3010/ QIC 3020 (lugemis- kirjutus) QIC 80 (ainult lugemis)	QIC 3080/ QIC 3095 (lugemis- kirjutus) QIC 3020 (ainult lugemis)	QIC 3220 (lugemis- kirjutus) TR-4 QIC 3095 (ainult lugemis)

TR-6 formaadi puhul kasutatakse *Overland Data* poolt loodud VR² (muutuva väärtuse paisksalvestus¹) tehnoloogiat ning see on kättesaadav alates 2001.a algusest. VR² -te kasutatakse peamiselt lineaarsetes lindiseadmetes PRML kanalikodeeringus, mis on kasutusel ka kõvakettatehnoloogias. Eeldatavasti annab see ilma suuremate muutuste tegemiseta lindiseadmete mehhaanikas või andmekandja juures 1,5 kuni 2 korda suuremat mahutavust.

6.3 DAT

DAT (*Digital Audio Tape*) oli algselt mõeldud CD-kvaliteediga audioformaadina. 1998.a võtsid Sony ja HP kasutusele DDS (*Digital Data Storage*) standardi, teisaldades DAT formaadi kujule, et seda oleks võimalik kasutada arvuti andmete talletamiseks.

DAT tehnoloogia kasutab 4mm helikoid salvestamistehnoloogial põhinevat linti. Sama salvestamistehnoloogiat kasutatakse videomakkides. DAT on aeglasem kui linearsalvestamistehnoloogia, mistõttu seda kasutatakse keskkondades, kus nõutakse eelkõige suurt mahutavust.



Joonis 11. DAT seadme salvestamisfaas

DAT seadme korral tuvastab lugemispea kirjutatud andmed, kui esineb vigasid, siis kirjutatakse andmed uuesti. Vastasel korral kontrolleri puhver tühjendatakse ja ollakse valmis kirjutama järgmist lõiku (segmenti). Teine kirjutuspea kirjutab andmeid olles esimese peaga

¹ paigutusmeetod, mis võimaldab andmeid leida väärtuse järgi

40 kraadise nurga all. Esimese ja teise pea poolt kirjutatu ulatuvad üksteisest üle, kuid on nad kirjutavad magnetiliselt erineva polaarsusega. Nii saab neid lugeda ainult õige lugemispeaga. Risti-rästi muster tihendab andmeid, võimaldades saavutada suurt andmetihedust. Failitabel on salvestatud lindi alguses asuvasse sektsiooni, või kõvakettal asuvasse faili.

Jõudlust oleks võimalik tõsta, paigaldades lisa lugemis-kirjutuspead, kuid see on helikoid lint tehnoloogia puhul raske, kuna kasutatakse pöörlevat pead. Asjaolu, et päid on võimalik lisada ainult paarikaupa muudab raskeks juhtmestiku mahutamise ühe silindri sisse, ning see piirab oluliselt helikoid lint seadmete jõudlust.

Varukoopest andmeid taastades loeb varundamistarkvara esmalt terve tabeli lindi sisust. Seejärel ta kerib lindi õigesse kohta ning loeb andmed kontrolleri puhvrise. Kontrolleri kasutab tsükelkoodkontrolli (*CRC*) informatsiooni õigsuse kontrollimiseks. Kui avastatakse viga kasutatakse veaparanduskoodi (*ECC*) selle parandamiseks. Lõpuks kui on veendunud andmete õigsuses, liigutatakse puhvri sisu arvuti süsteemi mällu ning seejärel kirjutatakse kõvakettale.

6.3.1 DAT standardid

DAT lindid on saadaval kahes formaadis: DDS ja DataDAT. DDS protokoll on enimlevinud ja mitmete standarditele vastav, mis on tagasiühilduvad.

Tabel 7. DAT standardite füüsilised parameetrid

Standard	Mahutavus	Maksimaalne edastuskiirus
DDS	2 GB	55 KB/s
DDS-1	2/4 GB	0.55/1.1 MB/s
DDS-2	4/8 GB	0.55/1.1 MB/s
DDS-3	12/24 GB	1.1/2.2 MB/s
DDS-4	20/40 GB	2.4/4.8 MB/s

DDS-3 kasutab samuti helikoid lint pead, kuid on lisatud PRML (Partial Response Maximum Likelihood), mida kasutatakse andmete eraldamiseks elektroonilisest müra.

DAT-4 on tagantjärele ühilduv nagu eelmised DAT standardid.

Hinnavahe põhjuseks on suurem mahutavus, mida DAT pakub võrreldes QIC-i/Travan-iga on, kus DAT seadmete hind on kaks korda suurem võrreldes QIC seadmetega. Hindasid suurendab veel seegi, et DAT seadmed töötavad ainult SCSI keskkonnas.

6.4 8mm

8mm lindi tehnoloogiat kasutati algselt videotööstuses. Selle algne eesmärk oli kõrgekvaliteetsete piltide salvestamine lindile. Tänapäeval kasutatakse 8mm tehnoloogiat arvutitööstuses suurte andmehulkade usaldusväärseks salvestamiseks. Sarnaselt DAT-ile kasutavad 8mm seadmed helikoid lint tehnoloogiat. Helikoidlint süsteemi puuduseks on lindile mõjuv suur pinge, kuna lint tõmmatakse kassetist välja ja mähitakse tihedalt ümber pöörleva lugemis-kirjutuspea.

6.4.1. 8mm standardid

Tabel 8. 8mm tehnoloogia standardite füüsilised parameetrid

Standard	Mahutavus	Maksimaalne edastuskiirus
DDS	2 GB	55 KBs
DDS-1	2/4 GB	0.55/1.1 MBs
DDS-2	4/8 GB	0.55/1.1 MBs
DDS-3	12/24 GB	1.1/2.2 MBs
DDS-4	20/40 GB	2.4/4.8 MBs

6.5 Mammoth

Exabyte on aastaid olnud lindsalvestuseadmete juhtiv tootja, olles 8mm varundusseadmete kasutamise esirinnas, ühendades Sony videokaamera tehnoloogia lindsiseadmega. Kuna videokaamera mehhanism on sobiv madala koormusega rakenduste jaoks, siis ei sobi see tänapäeva nõudlustele vastavate serveri baasil töötavate lindsiseadmete jaoks. Mammoth lasti

välja 1996. a. See on sobiv tänapäeva keskmise võimusega serveritele, kuna on arenenud ja usaldusväärne tehnoloogia.

Mammoth seadmete omapäraks on 40% võrra vähem osasid kui eelnevatel 8mm seadmetel. Mammoth on võrreldes 8mm seadmetega töökindlam, kuna on vähendatud lindi kulumist ja pinget lindile. Võimalike keskkonnatingimustest lähtuvate kahjustustega toimetulekuks annab kindel alumiiniumist korpus jäikuse ja tugevuse. Korpus kaitseb sisemisi osasid tolmu ja muu reostuse eest ning juhib pea eemale lingi teelt. Kolmepunktiline põrutuskaitse (*shock-mount*) süsteem eraldab korpuse metallplaadist kaitseümbrisest, kaitstes seadet väliste jõudude eest. Mammoth kalibreerib end pidevalt ja otsib ning teatab vigadest.

Kepseldisaini puudumine eemaldab selle osa lindiseadmest, mis kulutab ja osutab kõige rohkem pinget lindile. Selle puudumine takistab lindi serva kahjustamist pea positsioneerimise käigus. Õrn linditee toetab erilist metall-kulumiskindel (*metal evaporated*) - AME linti, mis on õhem ja tundlikum. Metall-kulumiskindel lint on andmeklassi lint, mis on võimeline salvestama rohkem, kuna selle antisöövivad omadused tõstavad lindi vastupidavust ja vähendavad lindi kulumist ning tõstavad lindi arhiveerimiskindlust 30. aastale. Mammoth-i pea sile pind on põhjuseks, miks see peab eeldavasti vastu 35000 töötundi.

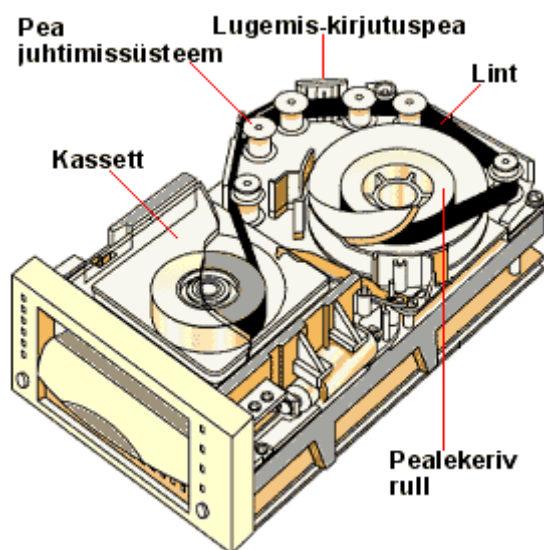
Mammoth toetab 64 erineva pikkusega sektsiooni (partitsiooni). Andmeid eelmääratletud sektsiooni sees saab kustutada ja kirjutada üle uute andmetega. See omadus on tähtis andmehulga jätkuval kasvamisel, muutes Mammoth-i kasutamise sobivaks multimeedia- ja videoserverite rakendustes.

Andmete säilitamine on lindiseadme juures ülitähtis. Mammoth kasutab Reed-Saalomon veaparanduskoodi, mis parandab vead käigu pealt, kirjutades andmeplokid sama raja piires üle.

Mammoth 2 seade lasti välja 2000. aasta lõpus ning see loob lindiseadmete turul tõenäoliselt uued kiiruse ja mahutavuse standardid. Seadme algne edastuskiirus on 720 MB/s. Ultra 2/LVD SCSI keskkond ja suur 32 MB puhvriga seade, kasutab mitmekanalilist helikoidlint pead. Viimase ECC-3 veaparandusalgoritmi ja ALDC (*Adaptive Lossless Data Compression*) pakkimisalgoritmiga pakub 2,5:1 tihedussuhet ning maksimum salvestusmahtu kuni 150 GB lindi kohta.

6.6 DLT

DLT (*Digital Linear Tape*) tehnoloogia põhineb pooletollisel magnetlint tehnoloogial ning see arendati välja 1980-ndate keskel. DLT on rullilt-rullile magnet-salvestustehnoloogia uuendus, kus üks rull on mahakeriv ja teine pealekeriv. DLT tehnoloogia kasutab poeletollist magnetlinti, millele salvestatakse andmed lookleva muustrina, paralleelsete radadena ning rajad on omakorda jagatud paarideks. Iga rada on sama pikk kui lint. Andmete salvestamisel salvestatakse esimesed rajad kogu lindi pikkuse ulatuses. Salvestamisega lindi lõppu jõudes, pööratakse magnetpea ringi ning lindi liikumise suund muudetakse ja hakatakse salvestama uusi andmeradasid. Salvestamisprotsess jätkub niikaua kuni lint on täis. Lindile mahub 128 või 208 rada. Suurem andmetihedus saavutatakse SPR (*Symmetric Phase Recording*) tehnoloogiat kasutades.



Joonis 12. DLT seadme ehitus

DLT seadme muudab omapäraseks pea juhtimissüsteem, mis koosneb bumerangikujulisest alumiiniumist plaadist, mille külge on paigaldatud kuus pööratavat rulli. DLT juhtimissüsteem haagib end kassetis oleva lingi otsa külge ja tõmbab selle kassetist välja. Seejärel juhib ta lindi ümber pea juhtimissüsteemi ning seejärel mähib lingi õrnalt ümber pealekeriva rulli. Rullid mille ümber lint jookseb juhivad, kuid ei tõmba seda. Lindi salvestatav külge ei puuduta kunagi rulle, mistõttu puudub füüsiline kontakti rullide ja salvestatava pinna vahel, mis omakorda vähendab lindi kulumist.

DLT seadmed kasutavad arvuti poolt juhitud kahemootorilist süsteemi, mis kontrollib lindi kiirendust, aeglustust ja lugemis-kirjutuskiirust. Seadmesse on sisse ehitatud isepuhastussüsteem, mis pidevalt puhastab linti ja tagab lugemis-kirjutuspea ja lingi paraja kokkupuute ning vähendab andmekao võimalikkust.

DLT tehnoloogia puhul jaotatakse lint paralleelseteks horisontaalseteks radadeks, mis salvestatakse liikuvale lindile paigalseisva pea poolt. Andmed salvestatakse lindile mitut kanalit korraga kasutades, mistõttu on paigaldatud lugemis-kirjutuspeasse mitu lugemis-kirjutuselementi. Kõik see tagab suurema lugemis- ja kirjutuskiiruse ning suurema andmetiheduse.

Andmetervikluse tagamiseks kasutab DLT tehnoloogia Reed Solomon veaparanduskoodi (*ECC*), lisaks veel 64-bitist tsükkelkoodkontrolli (*CRC*) ning 16-bitist veatuvastuskoodi (*EDC*). Lisaks proovitakse pärast iga kirjutustsükli andmeid lugeda ning kui avastatakse viga, siis kirjutatakse vigased andmed uuesti.

DLT peamiseks eeliseks teiste lindiseadmete ees on suurem andmekandja maht, suurem andmeedastuskiirus ning suurem töökindlus.

Tabel 9. DLT seadmete füüsilised parameetrid

Standard	Mahutavus (n/c)	Liides	Maksimaalne andmeedastuskiirus
DLT2000	15/30 GB	SCSI	2.5 MB/s
DLT4000	20/40 GB	SCSI	3 MB/s
DLT7000	35/70 GB	SCSI	20 MB/s

6.7 Super DLT

Uutest lindiseadmetest kõige väljapaistvam on Super DLT, mis on DLT edasiarendus. Super DLT kasutab LGMR (*Laser Guided Magnetic Recording*) tehnoloogiat. LGMR ühendab endas nii optilist kui magnet-salvestustehnoloogiat. Super DLT kasutab salvestuspeade täpsemaks joondamiseks laserit. LGMR koosneb optilisest POS (*Pivoting Optical Servo*) servomehhanismist, mis võimaldab andmete suure tihedusega magnetilist lugemist ja kirjutamist. POS on loodud suurema töökindluse tagamiseks, mistõttu on ta väliste mõjude

suhtes vähetundlikum ning võimaldab 10-20% suuremat andmemahtu, kuna see kasutab salvestamiseks ära kogu andmekandja pinda.

Lindi liikumisel läbi POS süsteemi liigub optiline kalkeerimislaser (*tracking laser*) mööda lindi tagakülge ja jälgib sinna lisatud optilisi märke. POS süsteem pöörleb ümber ühe ühenduspunkti, et hoida magnetilisi lugemis-kirjutuspäid optiliste andmeradadega ühel joonel. Peale selle kasutab Super DLT PRML (*Partial Response Maximum Likelihood*) tehnoloogiat, mida kuni seniajani kasutati rohkem kõvaketaste puhul. Nende kahe tehnoloogia ühendamine tagab Super DLT andmekandja suure mahutavuse ning suure andmevahetuskiiruse.

Tehnoloogia arendajate eesmärgiks on 2006.a saavutada tihendamist kasutamata Super DLT andmekandja mahutavuseks 1,2 TB

Tabel 10. SuperDLT prognoositavad füüsilised parameetrid

	SDLT 220	SDLT 320	SDLT 640	SDLT 1280	SDLT 2400
Algne mahutavus	110 GB	160 GB	320 GB	640 GB	1.2 TB
Tihendatud mahutavus (tihendusaste 2:1)	220 GB	320 GB	640 GB	1.28 TB	2.4 TB
Andmekandja	SDLT I	SDLT I	SDLT II	SDLT III	SDLT IV
Liides(ed)	Ultra2 SCSI LVD HVD	Ultra2 SCSI Ultra160 SCSI	Ultra 320 SCSI Fibre Channel	TBD	TBD
Väljalaskeaeg	2001	2002	2003	2005	2006

6.8 ADR tehnoloogia

ADR (*Advanced Digital Recording*) loojaks on Philips ning esimesed ADR tooted ilmusid turule 1999. a. Esimeste ADR seadmete andmekandjad mahutasid 15 GB tihendamata ja 30 GB tihendatud informatsiooni.

Tehnoloogias kasutatav täisservomehhanism jälgib pidevalt lindi asendit ja lindi võimalikul nihkumisel üles või alla liigutab ta lindi õigesse kohta tagasi. Selle tulemusena saavutatakse 8 mm linti kasutades suurem andmetihedus.

ADR võimaldab lugeda kõiki kaheksat andmerada korraga, mis tõstab suuresti andmevahetuskiirust isegi seadme võlli väikse pööremiskiiruse korral. Seetõttu on lindi kulumine väiksem ning on võimalik rakendada veaparanduskoodi nii horisontaalselt kui vertikaalselt. Tavaliselt kasutatakse ainult lindiga samasuunalist (horisontaalset) veaparanduskoodi. ADR veaparanduskood on nii võimas, et isegi siis kui lindil paiknevast 192-st rajast on 24 rada kogu pikkuses vigastatud, on võimalik andmed kogu ulatuses taastada.

ADR kasutab progressiivset andmekandja andmejaotustehnoloogiat (*Advanced media detect mapping*), mis võimaldab andmeid salvestada poole efektiivsemalt võrreldes tavalise lindiseadmega. Seda tehnoloogiat kasutatakse lindiseadmetes tavaliselt vigaste kohtade märgistamiseks lindil nii, et hiljem sinna enam andmeid ei kirjutataks. Tavaliste lindiseadmete puhul on vaja vigaste kohta märkimiseks lindil läbida kaks etappi. Esiteks on vaja vältida andmete kirjutamist vigasele kohale, teiseks on vaja tuvastada kirjutamata jäänud andmed ja kirjutada need kusagile mujale. ADR tehnoloogia puhul tuvastatakse andmekandja vead ühekorraga. Salvestamisel liigub lugemis-kirjutuspea mööda linti samaaegselt lugedes lindi mõlemale poolele lisatud servoinformatsiooni. Kui lugemis-kirjutuspea ei tuvasta enam servosignaale, siis on tegu andmekandja vigase kohaga ning koht märgitakse ära ning kirjutusprotsess seiskub. Siis kui signaal taastub, siis on tegu korraliku kohaga andmekandjal ning kirjutamine jätkub.

Tulevikus prognoositakse veelgi ADR seadmete andmekandja mahu ja andmeedastuskiiruse suurenemist.

Lõppsõna

Statistika kohaselt tõuseb maailmas nõudlus andmemahule umbes 25% aastas. See omakorda tähendab vajadust uute paremate füüsiliste näitajatega salvestustehnoloogiate järele. Selleks, et uus tehnoloogia oleks seinistest tehnoloogiatest parem, peab ta ületama seniste tehnoloogiate mõningaid füüsilisi parameetreid. Nendeks parameetriteks on peamiselt seadme kiirus ja andmekandja mahu suurus ning andmekandjate vastupidavus. See kuidas nõudmiste täitmine uute tehnoloogiate puhul täidetakse sõltub peamiselt uute lahenduste ja senikasutamata meetodite avastamisest. Andmekandja mahu suurendamiseks tuleks kasutada täpsemaid tehnoloogiaid ja seadmeid nii, et oleks võimalik andmeid tihedamalt salvestada ning ideaallahendus oleks andmete salvestamiseks ära kasutada kogu andmekandja füüsiline pind. Seda ideed arendades arvestatakse andmekao võimalust ning püütakse viia see miinimumini. Ideaalset ja universaalset salvestusseadet püüda luua on liialt utoopiline, kuid iga uus tehnoloogia vähemalt püüdleb selle poole. Üldiselt on salvestusseadmete puhul suhteliselt piiritletult ära määratud tema kitsam kasutusvaldkond, nii sobivad varundamiseks rohkem lüüsiadmed ning nad ei ole multimeedia rakendustes kasutamiseks ette nähtud.

Oma töö kirjutamisel proovisin sihtgrupina silmas pidada mitte ainult professionaalseid arvutikasutajaid, vaid ka inimesi, kes eelnevalt salvestusseadmetest eriti ei tea.

Töö on kirjutatud enamjaolt internetis leiduvat inglisekeelset informatsiooni kasutades.

Kasutatud kirjandus:

1. **Hanson, V., Tavast, A**, Arvutikasutaja sõnastik, Tallinn, AS Kirjastus Ilo, 2000, 290lk.
2. **Anderson, D**, PC Tech Guide, <http://www.pctechguide.com>
3. **Byard, L.F**, <http://duxcw.com/digest/guides/hd/>
4. **Brain, M**, How Hard Disk Work, <http://www.howstuffworks.com/hard-disk.htm>
5. **Brown G**, How Floppy Disk Work, <http://www.howstuffworks.com/floppy-disk-drive.htm>

Summary

Diploma paper “Storage Devices E-tutorial” is about mass storage devices and it will be available for public use on the Internet web page <http://www.andras.ee/mass-salvestus/>

The main aim of the work is to ease deficiency of computer-based literature written in Estonian. Part of the work was done during seminar work and that covered partially Hard Disk, Floppy Disk, Optical Devices and Tape Backup Devices. To diploma paper is added CD-ROM, DVD and supplemented all other previously mentioned storage subjects.

According to statistics, need for extra storage space is increasing about 25 % in a year, owing to the fact developers have to find better new technologies and methods to increase storage medium capacity and fault tolerance and to decrease storage medium size. Diploma paper is meant to help people who are interested in new storage technologies and to give them a chance to read about it in Estonian using the web.

To give a brief review about storage devices we should start with Hard Disk.

HDD history begins in 1950 when Engineering Research Associates of Minneapolis built the first magnetic drum storage unit for U.S Navy. Its storage capacity was one million bits. Today hard disks are capable to store about 100 gigabytes of information and even more. Hard Disks use magnetic storage technology. Magnetic read/write heads read and write information on and of magnetic sensitive platters. Platters are stacked on the top of each other with a common spindle that turns whole assembly at several thousand revolutions per minute. There is a space between the platters, making room for magnetic read/write head. There are read/write heads for each platter. During the read/write process there is no physical contact between heads and platters.

IBM invented Floppy Disk Drive in 1967. FDD uses also magnetic storage technology, but there is physical contact between drive read/write head and storage medium. FDD storage medium has also only one data platter that can hold information up to 1,44 MB.

Optical Devices use optical laser technology for reading and writing information. Using laser gives bigger chances to store more data on a storage medium because laser technology is more precise than magnetic technology.

CD technology uses also laser to read and write information on a disk but its storage medium capacity is limited. CD disk can hold information up to 700 MB.

DVD uses optical technology for read/write process but difference between DVD and CD is that DVD uses more precise laser technology. There is possibility to use both sides of a disk to store data and several data layers inside a disk.

Tape Backup Devices use magnetic storage technology to store and read information and magnetic tape as a storage medium. Backup devices are mainly used for making a back up from information stored on hard disks. Technology used in older backup devices is similar to technology used in home video players.

Each storage device has its own certain area, where it is used. For example, tape backup devices are not determined to be used in multimedia applications.