

MAGNEETTINAUHASTA  
405 NANOMETRIIN

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikan koulutusohjelma

Tietokone-elektroniikka

Opinnäytetyö

Kevät 2007

Juha Nisunen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma

NISUNEN, JUHA: Magneettinauhasta 405 nanometriin

Tietokone-elektroniikan opinnäytetyö, 46 sivua, 13 liitesivua

Kevät 2007

---

## TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee yleisellä tasolla musiikki- ja videoformaattien kehitystä magneettinauhatekniikasta nykytilanteeseen.

Työn pääasiallinen paino tulee olemaan uusien, Blu-Ray ja HD-DVD formaattien tutkimisessa, niiden uudessa tekniikassa ja niiden mukanaan tuomissa parannuksissa ja hyödyissä vanhempiin formaatteihin verrattuna. Työssä myös vertaillaan Blu-Ray ja HD-DVD formaatteja keskenään, selvitetään niiden eroja, niin ominaisuuksien, kuin myös mahdollisen teknisen toteutuksen osalta.

Pääasiassa uusilla formaateilla on vain yksi ero verrattuna tämän hetken ykkösformaattiin, DVD:hen. Erona on formaattien käyttämä eri aallonpituus. DVD:n aallonpituus on noin 605 nm, kun taas uusilla Blu-Ray:lla ja HD-DVD:llä aallonpituus on noin 405 nm. Tämä mahdollistaa datan tehokkaamman tallentamisen levyille.

Myös Blu-Ray ja HD-DVD poikkeaa toisistaan huolimatta niiden hyödyntämisestä samasta aallonpituudesta. Levyjen rakenne on erilainen, mikä vaikuttaa laserin käyttäytymiseen levyn pinnalla. Myös niiden käyttämä numeerinen aukko poikkeaa toisistaan, mikä vaikuttaa myös laserin käyttäytymiseen ja tämän takia myös levyn kapasiteettiin.

Asiasanat: Blu-Ray, HD-DVD, videoformaatit

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of Technology

NISUNEN, JUHA: From magnetic tape to 405 nanometres

Bachelor's thesis in Computer Electronics, 46 pages, 13 appendices

Spring 2007

---

## ABSTRACT

This study gives a general survey of the history of music and video formats and their development from magnetic tape technology to this moment.

The main emphasis is on examining the new BLU-RAY and HD-DVD formats, the new technology and the improvement and benefits that those formats can offer compared to older formats. BLU-RAY and HD-DVD formats are also compared to each other and the differences in their properties and technical implementation are discussed.

There is only one major improvement between the new formats and today's leading format, DVD. The difference is the wave length of the laser that the new optic formats use. DVD uses laser that has the wave length of about 650 nanometres. New formats, Blu-Ray and HD-DVD use wave length that is about 405 nanometres. That allows saving data more efficiently than a longer wave length.

Blu-Ray and HD-DVD also have differences although they have the same wave length. Their disc structures are a little different, which affects the way how the laser behaves on the disc surface. They also use different numerical apertures, which also affects the behaviour of the laser and thus the capacity of discs.

Key words: Blu-Ray, HD-DVD, video formats

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	1
2 VIDEON LÄHIHISTORIA.....	2
2.1 Ensimmäisiä videoformaatteja.....	2
2.1.1 VERA .....	2
2.1.2 Ampex .....	2
2.1.3 VCR .....	3
2.1.4 Betamax .....	4
2.1.5 VHS .....	5
2.2 VHS & Betamax .....	6
2.2.1 Viistopyyhkäisytekniikka .....	6
2.2.2 VHS- vs. Betamax-formaatti .....	9
2.2.3 PAL vs. NTSC .....	10
2.3 Ensimmäiset optiset tallenteet .....	11
2.3.1 LaserDisc .....	11
2.3.2 CD-levy .....	12
3 DVD-FORMAATTI.....	15
3.1 Yleisesti DVD:stä .....	15
3.2 DVD-levy .....	16
3.2.1 Historiaa.....	16
3.2.2 DVD-tekniikka .....	18
3.2.3 EFMPPlus .....	20
3.2.4 DVD-video .....	23
3.2.5 DVD-audio .....	23
4 HD-DVD.....	26
4.1 HD-DVD:n kehitys.....	26
4.1.1 Alustusta .....	26
4.1.2 HD-DVD historiaa.....	26
4.2 HD-DVD:n toiminta .....	27

4.2.1 Tekniikka .....	27
4.2.2 HD-DVD:n laser .....	29
5. BLU-RAY.....	32
5.1 BLU-RAY:n kehitys.....	32
5.1.1 BLU-RAY alustus .....	32
5.1.2 BLU-RAY:n historiaa.....	33
5.2 Blu-Ray:n toiminta .....	33
5.2.1 Blu-Ray:n tekniikka.....	33
5.2.2 Blu-Ray-levyn rakenne.....	34
5.2.3 Blu-Ray:n laser .....	35
6 Blu-Ray vai HD-DVD .....	37
6.1 Hankinta.....	37
6.2 Formaattien ero .....	39
6.3 Tulevaisuus .....	40
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	42
LIITTEET.....	47

## LYHENNELUETTELO

AACS = Advanced Access Content System

AOD = Advanced Optical Disc

BDA = Blu-ray Disc Association

DTS = Digital Theater System

DVD = Digital Versatile Video / Digital Video Disc

HD = High Definition

HD-DVD = High Definition DVD

JVC = Institute of Electrical and Electronics Engineers

LP = Long Play

LPCM = Linear Pulse Code Modulation

MCA = Music Corporation of America

MLP = Meridian Lossless Packing

NRZ = Non-Return-to-Zero

NRZI = Non-Return-to-Zero Inverted

NTSC = National Television Standards Committee

PAL = Phase Alternating Line

RIAA = Recording Industry Association of America

ROM = Read Only Memory

SP = Slow Play

VCR = Video Cassette Recording

VERA = Vision Electronic Recording Apparatus

VHS = Vertical Helical Scan / Video Home System

## 1. JOHDANTO

Videotallenneformaateissa on tällä hetkellä tapahtumassa suurin muutos sitten DVD-formaatin yleistymisen. Uuden sukupolven formaatteja kehitetään, ja niitä on jo julkaistu kaksi, jotka kilpailevat siitä, kummasta tulee seuraava standardi eli kumpaa formaattia uudet elokuvat ja konsolipelit tulevat olemaan. Uusien formaattien yleistyminen vaatii jälleen uudenlaisia laitteistoja, mikä on keskivertokuluttajalle näkyvin muutos.

Uusien formaattien edut ovat kyllä huomattavia, jos verrataan nykypäivän formaatteihin. Uudet formaatit mahdollistavat nykyistä huomattavasti suuremman kapasiteetin tallentaa tietoa, mikä on olennaisin asia uusien formaattien kehityksessä. Uusien formaattien paremmuus perustuu juuri tähän kapasiteetin kasvuun ja sen mahdollistamaan teknologian kehitykseen.

Markkinoille on jo ilmaantunut uusia formaatteja tukevia soittimia ja asemia, myös muutamia elokuvia ja uuden sukupolven pelikonsolien pelejä on julkaistu uusissa formaateissa. Yksi tärkeimmistä uusien pelikonsolien ominaisuuksista ovat juuri uusia formaatteja tukevat levyasemat, jotka auttavat kehittämään pelien laatua ja mahdollistavat konsolin käytön elokuvien katselussa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on käydä läpi uusien formaattien ominaisuuksia ja selvittää niiden teknistä toteutusta sekä vertailla niitä keskenään. Myös laitteiden uusintaan ja mahdollisiin formaattien standardointiin vaikuttaviin tekijöihin otetaan kantaa sekä pohditaan mahdollisia muutoksia ja uudistuksia, joita kyseinen ala mahdollisesti kokee tulevaisuudessa.

## 2 VIDEON LÄHIHISTORIA

### 2.1 Ensimmäisiä videoformaatteja

#### 2.1.1 VERA

Vuoden 1952 alussa julkaistiin yksi ensimmäisiä videonauhaformaatteja, VERA, joka oli BBC:n kehittämä. Sen käyttökelpoisuus ei kuitenkaan ollut välttämättä aivan huippuluokkaa. Nauhoitettaessa korkeita taajuuksia täytyi nauhan liikkua nopeasti varoen samalla nauhoitus- ja toistopäätä. Videoissa käytettäviä korkeita taajuuksia nauhoitettaessa nauhan/pään nopeus nousi useisiin metreihin sekunnissa, vertailuna ääninauhuri, jonka nopeus on 38- tai 75 cm/sekunti. BBC ratkaisi ongelman käyttämällä 20.5 tuumaisia keloja, jotka kuljetettiin staattisten päiden läpi nopeudella 200 tuumaa sekunnissa ja tuloksena oli noin 15 minuuttia musta-valkokuva, jossa oli 25 kehystä sekunnissa. (VERA videotape format 2007.)

#### 2.1.2 Ampex

Vuonna 1956 esiteltiin Ampex, joka oli ensimmäinen, käyttökelpoinen videonauhoitin. Tätä ennen TV-ohjelmien nauhoitus oli ollut mahdollista pelkästään filmille. Videonauhoittimen periaatteena on tallentaa videosignaalia magneettinauhalle siten, että nauhan liikkeessä nauhoituspään ohi, nauhoituspää magnetoi nauhaa sen saaman signaalin mukaisesti. Toisto tapahtuu päinvastoin, eli nauha kulkee toistopään ohi, jolloin nauhalle tallentuneet magneettiset vaihtelut indusoivat toistopään signaalia vastaavan jännitteen. (Haikonen 1993, 86.)



### 2.1.3 VCR

Vuonna 1972 onnistui Philips kehittämään ensimmäisen videonauhurin kotikäyttöön. VCR oli Philipsin kehittämä formaatti koteihin. Philipsin VCR-formaatti esiteltiin vuonna 1972, heti Sonyn vuonna 1971 esittelemän U-matic-formaatin perään. Aluksi saattoi näyttää näiden kahden olevan kilpailevia formaatteja, olivat ne kuitenkin tarkoitettu eri markkinoille. Sonyn U-matic oli esitelty ammattilaisten formaattina, kun taas VCR oli suunnattu erityisesti koti- ja opetuskäyttöön. (Video Cassette Recording 2007.)

Tähän asti tarjolla olleet kotivideosysteemit olivat avokelasysteemejä ja ne olivat myös kalliita hankkia ja käyttää. Niiden toimintavarmuus oli myös heikko, ja käytännössä niillä sai nauhoitettua vain musta-valkoista. VCR-systeemi taas oli helppokäyttöinen ja sillä sai nauhoitettua väreissä, mutta hinta oli edelleen kova. Vuonna 1972, jolloin VCR esiteltiin, maksoi N1500-malli lähes 600 £, jonka vastaava arvo on tänä päivänä noin 4500 £ eli noin 6566 €. (Video Cassette Recording 2007.)

VCR-formaatti käytti isoja neliön muotoisia kasetteja, joissa oli kaksi kelaä päällekkäin ja keloissa oli puoli tuumaa leveää kromidioksidimagneettinauhaa. Kasettien aikavaihtoehtoina oli 30, 45 ja 60 minuuttia. 60 minuutin nauhat todettiin erittäin epäluotettaviksi erittäin ohuen nauhan vuoksi, joka johti usein nauhan katkeamisiin. Myös mekaanisesti erittäin monimutkaiset nauhurit olivat melko epäluotettavia, ja erityisesti yksi, huonosta suunnittelusta johtunut vika oli yleinen. Kasetin ylemmän rullan nauha saattoi roikkua alemman rullan tiellä ja taaksepäin kelatessa nauha sotkeentuu, jolloin laite menee täysin jumiin. Korjaaminen vaatii laitteen purkamisen, ja rypistynyt nauha oli vahingoittunut. Rajoituksista ja ongelmista huolimatta Philipsin VCR oli läpimurto, joka yhdisti monia nauhoitustekniikoita ja oli ensimmäinen erittäin käytännöllinen videonauhuri kotikäyttöön. (Video Cassette Recording 2007.)

#### 2.1.4 Betamax

Vuonna 1975 julkaistiin Sonyn toimesta Betamax-formaatti, joka tunnetaan myös nimellä Beta. Tämä nauhurijärjestelmä oli suunnattu kuluttajamarkkinoille, ja se oli kehitetty Sonyn vuonna 1971 julkaistusta, ammattilaisille tarkoitettusta U-matic-formaatista. Myös Betamax-formaatin videokaseteissa käytettiin useimpien muiden analogisten formaattien tavoin magneettinauhaa, joka oli Betamax-formaatissa puoli tuumaa leveä. Betamax-kasetit olivat pienikokoisia, mutta silti niihin oli mahdollista maahduttaa jopa kolme ja puoli tuntia tallennetta, koska nauhan kulkunopeus oli 18,7 mm/s. Toisaalta nauhan pieni kulkunopeus vaikutti äänen laatuun negatiivisesti, koska ääniraidat jouduttiin käyttämään pitkittäisinä. (Betamax 2007.)

Myöhemmin otettiin käyttöön Hifi-ääniraidat, jotka poistivat ääniongelman. Kuvarumpuun asetettiin erilliset äänipäät, jotka tallensivat ja toistivat Hifi-ääniraidat syvyysmultipleksoinnin avulla. Betamax-formaattia pidettiin yleisesti VHS:ää, joka julkaistiin vuonna 1976, kehittyneempänä. Betamax tarjosi VHS:ään verrattuna pienemmän kasetin koon, kuvanlaatu oli VHS-kuvaa parempi, nauhan toistamisen aloittaminen nopeampaa ja Betamax-nauhaa voitiin käyttää myös pelkän äänen nauhoittamiseen, joka takasi äänen erittäin korkean laadun. Betamax-nauha kuitenkin kului nopeammin kuin VHS-nauha suuren kelaus määrän vuoksi. Betamax-kaseteissa nauhan pituus ilmoitetaan kasetissa olevalla L-merkinnällä. Pisimmät nauhat oli L-750-kaseteissa, joiden nauhan pituus oli 750 jalkaa eli noin 228,6 metriä. Vuonna 1993 julkaistiin viimeinen Betamax-malli Amerikassa, ja vuonna 1998 valmistus loppui Japania lukuunottamatta kokonaan. Betamaxin levittäminen loppui Japanissa ja samalla koko maailmassa vuonna 2002. (Betamax 2007.)

### 2.1.5 VHS

VHS julkaistiin vuonna 1976 JVC:n toimesta. Myös VHS-kaseteissa käytettiin magneettinauhaa, joka oli puoli tuumaa leveä. Nauha on kierretty kahden kelan ympärille sallien nauhan hitaan liikkeen videonauhurin eri toisto- ja tallennuspäiden ohi. Nauhan nopeus on 3,335 cm/s NTSC-formaatilla ja 2,339 cm/s PAL-formaatilla. Nauhan nopeuden vuoksi myös NTSC- ja PAL-formaattien tallennusajan kapasiteetti poikkesi toisistaan. Normaalilla kuvanlaadulla (SP) ja pienimmällä hyväksyttävällä nauhan paksuudella PAL-formaatille pystyi nauhoittamaan noin viisi tuntia ja NTSC-formaatille noin kolme ja puoli tuntia. Useimmissa kaseteissa käytettiin kuitenkin paksumpaa nauhaa ja vältettiin näin turhia ongelmia. (VHS 2007.)

Viimeisimmissä videoissa on mahdollisuus valita pidempi nauhoitusaika kaseteille, LP-tekniikan avulla. Tekniikka perustui nauhan nopeuden vähentämiseen. Nauhan nopeutta pudotettiin puolella ja näin saatiin tuplattua nauhoitusaika. Tämä muutos vaikutti tietenkin myös kuvanlaatuun, huonontaan sitä. Nauhat, jotka oli nauhoitettu hitaammalla nopeudella, saattoivat myös toimia huonommin normaaleissa laitteissa ja tästä johtuen kaupalliset, valmiiksi nauhoitetut nauhat olivat lähes aina nauhoitettu SP-nopeudella, joitain poikkeuksia, kuten lasten piirrettyjä tai joitain vanhempia ohjelmia lukuun ottamatta. (Goldwasser 1994 – 2006.)

VHS- ja Betamax-nauhoituksessa käytetään viistopyyhkäisyä, jonka avulla magneettinauhalle on mahdollista nauhoittaa suurempaa taajuusalueetta kuin muuten olisi mahdollista. Viistopyyhkäisy tarjoaa myös muita etuja ja mahdollisuuksia videonauhoituksessa.

## 2.2 VHS & BETAMAX

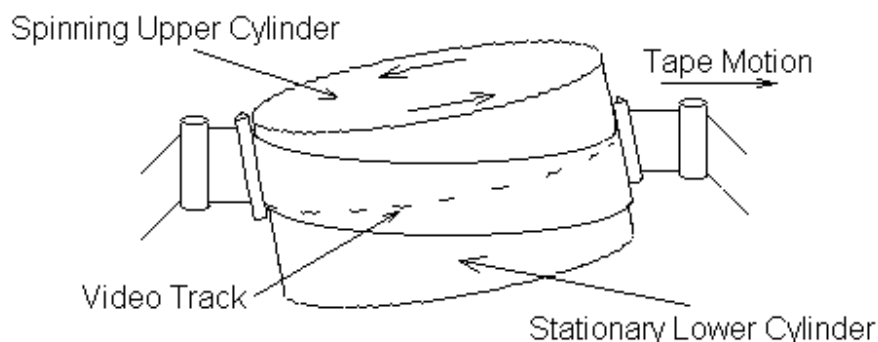
### 2.2.1 Viistopyyhkäisytekniikka

Suurin haaste ensimmäisten videoiden kehittäjillä oli, kuinka saavuttaa riittävä kaistanleveys, useita megahertsejä, jolla saadaan luotettavasti kaapattua korkeataajuisia videosignaalia. Ensimmäiset laitteet, joilla ongelmaa yritettiin ratkaista, hyödynsivät normaalia ääninauhaa. Nauha kulki nauhoituspäiden läpi erittäin suurella nopeudella, useita metrejä sekunnissa, ja oli selvää, että mekanismi ei ollut käytännöllinen. Rajallinen nauhan pituus merkitsi, ettei videota pystynyt nauhoittamaan kasetille muutamaa minuuttia pidempää, nauhoituspäät eivät myöskään kestäneet, joten vaihtoehtoinen tekniikka tarvittiin. (Goldwasser 1994 – 2006.)

Aiemmin ainoa tapa säilyttää televisio-ohjelma oli käyttää siihen erikoislaitteita, joiden nauhoitteen laatu oli huono, editoiminen oli vaikeaa, filmi täytyi kehittää, eikä filmiä voinut tietenkään tyhjentää. Kuluttajakäytössä menestyvän videonauhurin ominaisuuksissa oli muutama selkeä päätavoite, jotta laite olisi onnistunut:

- Nauhan käyttö pitäisi olla yksinkertaista, varmatoiminen ja olla kasettimuodossa eikä avonaisilla keloilla.
- Kasetille pitää mahtua vähintään tunti värillistävideota
- Kustannusten täytyy pysyä hallinnassa, laitteen hinta alle 1000\$ (vuoden 1970 rahan arvolla) ja kasetit noin 20 \$/tunti. (Goldwasser 1994 – 2006.)

Viistopyyhkäisyllä pystyttiin saavuttamaan nämä tavoitteet. Viistopyyhkäisyssä nauhan poikittain skannaamisen sijaan oli nauha kiedottu hieman yli 180 astetta kuvarummun ympärille loivassa kulmassa. Näin peräkkäiset raidat saatiin nauhoitettua viistosti nauhalle ja raidat saatiin pitemmiksi kuin poikittain nauhoittamalla. (Goldwasser 1994-2006.)



### Helical Scan Video Head Assembly

KUVIO 1. Viistopyyhkäisykuvapään kokoonpano (Goldwasser 1994 - 2006)

Kuviossa 1 esitetystä viistopyyhkäisyssä käytetään suhteellisen pientä nauhanopeutta, joka alentaa nauhoituskustannuksia. Tämä taas johtaa suhteellisen pieneen FM-kanta-aallon taajuuteen, joka on noin 4 MHz ja huipusta huippuun derivaatio noin 1 MHz. Kyseessä on siis kapeakaistainen FM, jossa ylempi ja alempi sivukaista ovat leveydeltään samaa luokkaa moduloivan signaalin kaistanleveyden kanssa, jolloin alempi sivukaista ei voi sisältää täyttä 5 MHz:n videosignaalia. Kuvapään alhainen pyyhkäisynopeus estää myös ylempää sivukaistaa sisältämästä täyttä videokaistaa. Tämä rajoittaa toistettavan videon kaistanleveyden vastaamaan sivukaistojen kaistaleveyttä. PAL- ja NTSC-koodatussa videosignaalin, jossa väri-informaatio siirretään apukanta-aallon avulla videosignaalin yläpähän, tallentaminen ei tule kyseeseen sellaisenaan. (Haikonen 1993, 94.)

Tällaisissa videonauhureissa väri-TV-signaalin tallennukseen käytetään tallennusmenetelmää, jossa luminanssisignaali tallennetaan taajuusmodulaatiolla ja väri-informaatio, joka on väriapukanta-aallon ympärillä, kaista rajoitetaan ja siirretään sekoituksella noin 600 kHz:n taajuuden ympärille. Samalla taajuusmoduloidun luminanssin alemmaa sivukaistaa rajoitetaan siten, ettei se yletä noin 1 MHz:ä alemmille taajuuksille, jotka jätetään vapaiksi amplitudimoduloidulle väri-informaatiolle. Toistossa toimitaan päinvastoin eli

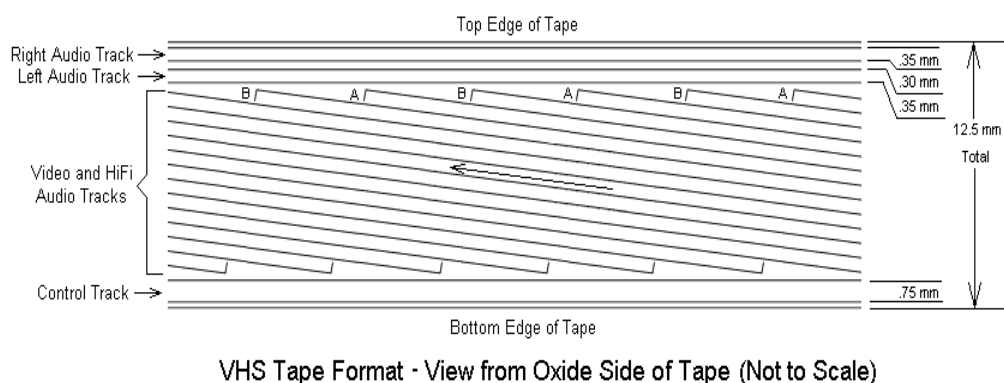
väri-informaatio siirretään sekoituksella omalle paikalleen ja summataan demoduloituun luminanssisignaaliin. Tätä menetelmää kutsutaan nimellä ”Color Under”. (Haikonen 1993, 94)

Nauhoituksessa siis luminanssi ja krominanssi nauhoitetaan erikseen, luminanssi taajuusmodulaatiolla ja krominanssi Color Under-tekniikalla. Kuvarummun pyörimisnopeus lukitaan kenttätaajuuteen siten, että jokainen kenttä aloittaa uuden pyyhkäisyn. Pyyhkäisyraidat nauhoitetaan ilman suojaväliä ja vierekkäisten pyyhkäisyraitojen ylikuuluminen vaimennetaan kallistamalla kuvapäät vastakkaisiin suuntiin. Kuvapäiden kallistaminen vastakkain toimii hyvin luminanssisignaaliin, koska se vaimentaa tehokkaasti vain korkeita taajuuksia. Värisignaalin ylikuuluminen vaimennetaan nauhoitusvaiheessa siirtämällä värisignaalin 670 kHz:n apukanta-aallon vaihetta 90 astetta joka toisella kentällä. Toistossa ylikuuluminen kumotaan laskemalla värisignaali nykyisen juovan ja edellistä edellisen juovan keskiarvona. (Haikonen 1993, 96.)

VHS-nauhalla olevat ääniraidat on tarkoitettu normaaleille ääniraidoille, mutta pieni nauhanopeus ja ääniraitojen kapeus rajoittavat selvästi äänenlaatua. Tämän vuoksi on kehitetty Hifi-äänimenetelmä. Tässä menetelmässä stereoääni nauhoitetaan videoraidalle käyttäen hyväksi kuvarummulle sijoitettuja äänipäitä. Nauhoitusmenetelmänä käytetään taajuusmodulaatiota. Vasemman kanavan FM-kanta-aaltotaajuus on 1,3 MHz, oikean puolestaan 1,7 MHz ja maksimiderivaatio 150 kHz. Tämä tarkoittaa sitä, että molemmat FM-kanta-aaltotaajuudet ovat alemmalla FM-videosivukaistalla. Äänipään rakoa on käännetty 30 astetta kuvapään rakoon nähden, ettei FM-ääni aiheuttaisi kuvaan häiriöitä. Ääni myös nauhoitetaan ennen videota, jolloin videosignaali pyyhkii äänisignaalin pois nauhan pinnasta ja jättää sitä vain syvempään nauhaan. (Haikonen 1993, 97.)

Nauhoitettaessa nauhanopeus määrää pyyhkäisyraitojen tiheyden nauhalla. Nauhanopeuden ollessa toiston aikana väärä lukevat kuvapäät pyyhkäisyraitoja satunnaisesti ja toistettuun kuvaan tulee pahoja häiriöitä. Häiriöiden välttämiseksi

ja nauhanopeuden pitämiseksi oikeana käytetään pitkittäis-suuntaista synkronointiraitaa, jolle tallennusvaiheessa nauhoitetaan synkronointisignaali. Synkronointiraidalta saadaan toiston aikana signaali, jonka taajuus vaihelukitaan tarkkaan referenssitaajuuteen säätämällä nauhan vetoakselin pyörimisnopeutta, jolloin nauhanopeus asettuu oikeaksi. (Haikonen 1993, 90.)



KUVIO 2. VHS-nauhan pyyhkäisykuviokuva (Goldwasser 1994 – 2006.)

### 2.2.2 VHS- vs. Betamax-formaatti

Monet varmasti tietävät, että 80-luvun alkupuolella käydyssä taistelussa VHS vs. Betamax voittajaksi selviytyi VHS. Betamax oli kuitenkin siihen aikaan laajalti parempana pidetty formaatti ja usein on mainittu, että lopulta VHS:n voitto oli todiste siitä, että markkinointi voi voittaa paremman teknologian. Vastaus ei kuitenkaan ole näin yksinkertainen. Betamax piti taistelussa johtoa aluksi tarjoten joitain teknisiä etuja. Vuonna 1980 VHS nosti markkinaosuuttaan pidemmällä nauhoitusajalla, joka oli kolme tuntia ja siis kolme kertaa enemmän kuin Betamaxin tarjoama tunti. Aika nousi lopulta ilmeisesti tärkeimmäksi asiaksi taistelussa formaattien välillä ja lopulta ratkaisi kilvan. (VHS 2007.)

Kuluttajan näkökulmasta pienet tekniset edut ja mahdollisesti hieman parempi laatu eivät ole lopulta olennaisia, jos aika, joka on tarjolla, ei riitä nauhoittamaan elokuvaa kokonaan yhdelle kasetille, saati sitten amerikkalaisille tärkeää jalkapallo-ottelua. Tämä asia on kuitenkin normaalikuluttajalle tärkeämpi kuin pieni tekninen paremmuus tai mahdollisesti hieman laadukkaampi kuva.



KUVIO 3. Betamax- ja VHS-kasetti (VHS 2007)

### 2.2.3 PAL vs. NTSC

Videokaseteissa oli tietenkin myös eri tekniikalla toimivat järjestelmät Eurooppaan ja Yhdysvaltoihin. Euroopassa käytetään tänäkin päivänä mm. DVD-elokuvissa ja konsolipeleissä PAL-järjestelmää, ja Yhdysvalloissa vastaava järjestelmä on NTSC.

Järjestelmien ero on kuitenkin videonauhoissa kohtuullisen pieni, mutta kuitenkin järjestelmien suora ristiinkäyttö ei onnistu. Videoissa ero oli pääasiassa kasettien pyörimisnopeus, NTSC 3,335 ja PAL 2,339 cm/s. Tämä vaikuttaa suoraan nauhoituskapasiteetteihin, joita vertaillaan taulukossa 1. (VHS 2007.)



TAULUKKO 1. Yleiset VHS-nauhan pituudet (VHS 2007)

Tape Label	Tape Length	Rec. Time (NTSC)		Rec. Time (PAL)	
		SP	EP/SLP	SP	LP
T-120	812 ft (247.5 m)	2 h	6 h	2 h 49 min	5 h 38 min
T-160	1075 ft (327.7 m)	2 h 40 min	8 h	3 h 43 min	7 h 26 min
T-180	1210 ft (368.8 m)	3 h	9 h	4 h 13 min	8 h 27 min
Tape Label	Tape Length	Rec. Time (PAL)		Rec. Time (NTSC)	
		SP	LP	SP	EP/SLP
E-120	570 ft (173.7 m)	2 h	4 h	1 h 26 min	4 h 18 min
E-180	851 ft (259.4 m)	3 h	6 h	2 h 9 min	6 h 27 min
E-240	1142 ft (348.1 m)	4 h	8 h	2 h 53 min	8 h 39 min

## 2.3 Ensimmäiset optiset tallenteet

### 2.3.1 LaserDisc

Magneettinauhatekniikan korvaajaksi ovat tulleet optiset tallenteet. Ensimmäinen kaupallinen, optinen tallennusmuoto oli laserdisc, jonka teknologian David Paul Gregg keksi alun perin vuonna 1958 ja joka patentoitiin vuosina 1961 ja 1969. Kehitystyön aikana formaattia kutsuttiin nimellä Reflective Optical Videodisc System. Patentin omistanut MCA uudelleen nimesi formaatin vuonna 1969 nimellä Disco-Vision. Vuonna 1969 Philips kehitti levyn, joka heijasti eikä ollut läpinäkyvä, kuten Greggin alun perin kehittämä versio. Se antoi suuria etuja läpinäkyvään levyyn nähden, ja MCA sekä Philips päättivät yhdistää saavutuksensa. Vuonna 1972 oli ensimmäisen videolevy demonstraation aika ja vuonna 1978 ensimmäiset laserlevyt tulivat markkinoille MCA DiscoVision -nimen alla, vain kaksi vuotta VHS:n jälkeen. MCA:n ja Philipsin yhteistyö ei kuitenkaan ollut kannattavaa, ja se lakkautettiin muutaman vuoden jälkeen. Lähes samanaikaisesti, kun DiscoVision tuotteet olivat menossa markkinoille, sinne tuli

Myös Pioneer Electronics, ja he alkoivat valmistaa soittimia ja levyjä Laser Videodisc -nimen alla. Vuoteen 1981 mennessä DiscoVison -nimi oli hävinnyt käytöstä ja formaatin nimeksi oli yleistynyt LaserDisc. (Laserdisc 2007.)

LaserDisc eroaa luonnollisesti VHS-formaatista ja sillä on muutamia etuja VHS-formaattiin nähden. LaserDisc mahdollistaa huomattavasti terävämmän kuvan, koska sillä pystytään toteuttamaan huomattavasti suurempi resoluutio. LaserDisc mahdollistaa PAL-levyillä 440 vaakariviä, kun VHS taas mahdollistaa vain 240 vaakariviä. (Laserdisc 2007.)

LaserDisc-soittimia on Yhdysvalloissa reilu miljoona, ja Japanissa soittimia on yli neljä miljoonaa. Tänä päivänä LaserDisc on korvattu kuluttajakäytössä täysin DVD-formaatilla lähes koko maailmassa. LaserDisc on säilyttänyt hieman suosiota pääasiassa amerikkalaisten keräilijöiden piireissä ja suuremmin Japanissa, jossa formaatti oli aikanaan hyvin tuettu ja yleisessä käytössä. (Laserdisc 2007.)

### 2.3.2 CD-levy

CD-levy on erittäin yleinen optinen tallennusmuoto vielä tänäkin päivänä. CD-levyjä käytetään nykyään pääasiassa audion ja datan tallennukseen, mutta vanhemmissa pelikonsoleissa pelit olivat CD-levyllä ja VideoCD -levyt olivat myös perinteisiä CD-levyjä. Tietokoneiden ohjelmistoja ostettaessa ovat ohjelmistot myös usein CD-levyllä, riippuen ohjelmistojen koosta.

CD-levyn suosio tallennusformaattina on ollut suuri pitkään. Suosioon on vaikuttaneet muutamat pääasiat. Levyt ovat erittäin edullisia hankkia, koska niiden valmistus on helppoa ja halpaa. Niille on tänä päivänä erittäin helppo tallentaa dataa, musiikkia ja ohjelmistoja. Levyille on mahdollista tallentaa kohtuullisen suuri määrä tietoa luotettavasti. CD-levylle pystytään tallentamaan 74 minuuttia

musiikkia, josta voidaan laskea levyille mahtuvan digitaalisen datan määrä kaavalla 1. (Marshall 2007.)

$$44100 \frac{\text{näytettä}}{\text{kanavaa}} * 2 \frac{\text{tavua}}{\text{näytettä}} * 2 \text{kanavaa} * 74 \text{ min} * 60 \frac{\text{sekuntia}}{\text{min}} = 783216000 \text{tavua}$$

KAAVA 1 CD-levyn kapasiteetti tavuina (Marshall 2007.)

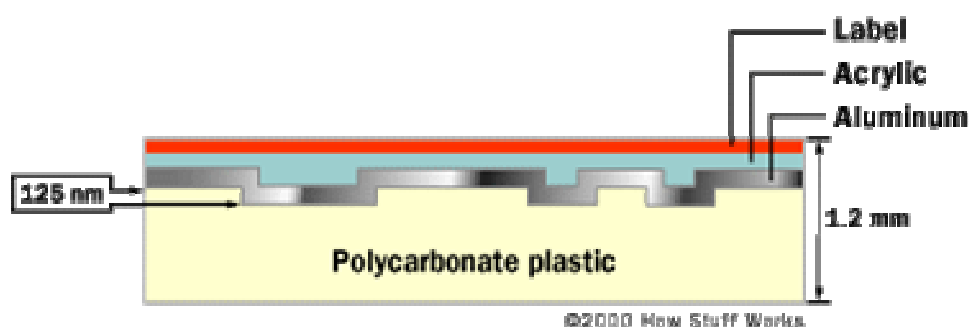
Kaavassa 2 on johdettu yksikkö kapasiteetille, joka voidaan tallentaa CD-levylle.

$$\begin{aligned} & \frac{\text{näytettä}}{\text{kanavaa}} * \frac{\text{tavua}}{\text{näytettä}} * \text{kanavaa} * \text{min} * \frac{\text{sekuntia}}{\text{min}} \Rightarrow \\ & \frac{\text{näytettä}}{\text{kanavaa}} * \frac{1}{\text{sekuntia}} * \frac{\text{tavua}}{\text{näytettä}} * \frac{\text{kanavaa}}{1} * \frac{\text{min}}{1} * \frac{\text{sekuntia}}{\text{min}} \Rightarrow \\ & \frac{\text{tavua}}{1} = \text{tavua} \end{aligned}$$

KAAVA 2 CD-levyn kapasiteetin yksikkö johdettuna

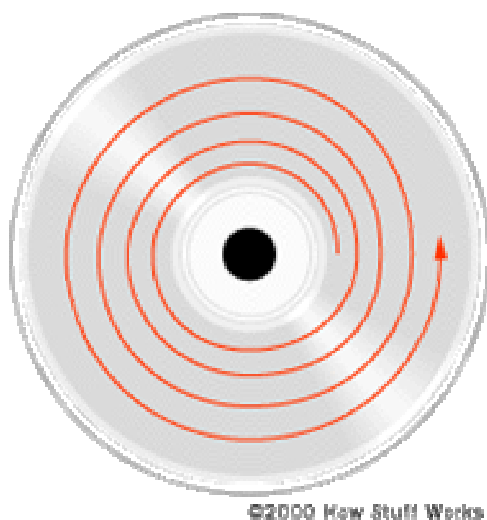
CD-levylle mahtuu siis noin 783 Mt dataa. Tämä tarkoittaa sitä, että yksittäisen tavun on oltava pieni, jotta tuollainen määrä tietoa mahtuisi levyille, jonka halkaisija on vain 12 cm. Tutkimalla tarkemmin CD-levyn fyysistä rakennetta selviää paremmin, mitä tavun pienuus tarkoittaa. (Marshall 2007.)

CD-levy on pelkästään pala muovia, jonka paksuus on ainoastaan 1,2 mm. Suurin osa levyistä koostuu ruiskuvaletusta, kirkaasta Polycarbonaattimuovista. Valmistuksen yhteydessä levyille painetaan mikroskooppisen pieniä kohoumia, jotka muodostavat yhden erittäin pitkän spiraalin muotoisen dataraidan. Kun Polycarbonaatti on muovattu, sen päälle lisätään ohut ja heijastava alumiinikerros kohoumien päällysteeksi. Alumiinin päälle ruiskutetaan vielä Akryylikerros suojaaksi, jonka jälkeen päällimmäiseksi voidaan tulostaa ”kansi”. Kuviossa 4 on esitetty läpileikkaus CD-levystä. (Marshall 2007.)



KUVIO 4. CD-levyn läpileikkaus (Marshall 2007.)

Kuten aiemmin mainittiin, sisältää CD-levy yhden erittäin pitkän spiraalin muotoisen raidan, esitetty kuviossa 5, joka kulkee levyn sisäreunasta ulkoreunaan päin. Tällä perusteella toimiva spiraalin muotoinen raita tarkoittaa myös sitä, ettei levyn halkaisijan tarvitse välttämättä olla 12 cm:ä eikä muodonkaan tarvitse olla pyöreä. Nämä tietysti rajoittavat datan määrää, mutta tänä päivänä on mm. muovisia Baseball- ja käyntikortteja, jotka voidaan laittaa CD-soittimeen. Tällainen CD-käyntikortti sisältää noin 2 Mt dataa, koska kortin koko ja muoto katkaisevat spiraalin. (Marshall 2007.)



KUVIO 5. CD-levyn spiraalimuoto (Marshall 2007.)

CD-levyllä oleva spiraalinmuotoinen dataraita on erittäin pienikokoinen. Kuviossa 6 on esitetty tarkemmin raita, joka koostuu pitkänomaisista kohoumista, jotka ovat 0,5 mikrometriä leveitä ja vähintään 0,83 mikrometriä pitkiä ja 125 nanometriä korkeita ja 1,6 mikrometriä erottaa raidat toisistaan. (Marshall 2007.)



KUVIO 6 CD-levyn spiraalin tarkastelu (Marshall 2007.)

### 3 DVD-FORMAATTI

#### 3.1 Yleisesti DVD:stä

DVD-levy on nykypäivänä ylivoimaisesti suosituin ja käytetyin formaatti varsinkin elokuvien ja konsolipelien tallennusmuotona. DVD-levy on korvannut lähes täysin VHS-nauhat, joita on nykyään melko vaikea löytää kuluttajien käytöstä. Nykypäivänä DVD-levyjen polttaminen kotona on erittäin helppoa ja edullista, minkä ansiosta ihmiset voivat tallentaa varmuuskopioita mm. elokuvista ja konsolipeleistä erittäin pienellä vaivalla ja rahalla. Tyhjiä DVD-levyjen hinnat ovat tänä päivänä todella alhaiset ja myös asemien hinnat ovat todella alhaiset.

Vuosia sitten ensimmäisten polttavien CD-asemien tullessa markkinoille, niiden hinnat olivat useamman tuhat markkaa ja polttonopeus 1x, mikä tarkoitti sitä, että esimerkiksi tunnin musiikkilevyn kopiointi kesti tunnin. Tänä päivänä polttavat

CD-aset maksavat alle 20 € ja ne polttavat nopeudella 52x, mikä tarkoittaa muutamaa minuuttia poltettaessa CD-levyllinen musiikkia.

DVD-levyillä ja polttavilla DVD-asetilla on kehitys ollut samantapaista. Ensin tuli hitaasti polttavia asemia, jotka polttivat vain yksi-kerroslevyjä ja nykyään halvimmat asemat maksavat 30 - 40 € ovat 16x, Dual-Layer-asetia, jotka voivat siis polttaa myös kaksikerroslevyjä. Myös DVD-levyjien hinnat ovat pudonneet huomasti

## 3.2 DVD-levy

### 3.2.1 Historiaa

Kuten tiedetään, DVD-levy on optinen tallenne, jolle voidaan tallentaa dataa mukaan lukien elokuvat, joissa on korkealaatuinen ääni ja kuva. DVD-levy muistuttaa CD-levyä, sillä ne ovat samankokoisia, mutta ne on koodattu eri formaattiin ja DVD-levy paljon tiheämmäksi. Kaikki read-only, DVD-levyt ovat tyypistä huolimatta DVD-ROM-levyjä. DVD-ROM-levyt sisältävät tehdasvalmisteiset, poltetut, video-, audio- ja data-DVD:t. DVD:t, joissa on kunnolla jäsennetty ja rakennettu videosisältö ovat DVD-video-levyjä, ja vastaavasti toteutetun audiosisällön omaavat levyt ovat DVD-audio-levyjä, joihin molempiin palataan myöhemmin. Kaikki muut mukaan lukien erityyppiset DVD-levyt, jotka sisältävät videota, mainitaan DVD-data-levyinä. Monet käyttävät DVD-ROM-nimitystä pelkästään tehdasvalmisteisista levyistä, mutta tämä on teknisesti ottaen väärin. (DVD 2007.)

90-luvun alussa kehitettiin kaksi suuritiheyksistä optistaetallennusstandardia, jotka olivat MultiMedia Compact Disc tukijoina Philips ja Sony. Toinen oli Super Density disc, jota tukivat mm. Toshiba, Time-Warner, Pioneer ja JVC. Lou

Gerstner IBM:ltä toimi puhemiehenä johtaen yritystä yhdistää nämä kaksi leiriä yhden standardin taakse ennakkoiden toistoa kalliille formaattisodalle, joka käytiin VHS:n ja Betamaxin välillä. (DVD 2007)

Philips ja Sony hylkäsivät oman MultiMedia Compact Disc -formaattinsa ja lähtivät mukaan Toshiba SuperDensity Disc -formaattiin yhdellä muutoksella, joka oli EFMPPlus, johon palataan hieman myöhemmin. EFMPPlus valittiin sen etujen vuoksi, joita se tarjosi naarmuja ja sormenjälkiä vastaan. Toshiba koodi olisi kuitenkin 6 % tehokkaampaa, joten alun perin suunnitellusta 5 Gt:n kapasiteetista jouduttiin luopumaan ja tyydyttiin 4.7 Gt:n kapasiteettiin. (DVD 2007.)

TAULUKKO 2. DVD-levyjen kapasiteetit (DVD 2007)

Physical size	Single layer capacity		Dual/Double layer capacity	
	GB	GiB	GB	GiB
12 cm, single sided	4.7	4.38	8.5	7.92
12 cm, double sided	9.4	8.75	17.1	15.93
8 cm, single sided	1.4	1.30	2.6	2.42
8 cm, double sided	2.8	2.61	5.2	4.84

Kuten taulukosta 2 näkyy, DVD-levyjen kapasiteetti vaihtelee ilmoitustavasta ja levystä riippuen 4.38 GiB:n ja 17.1 GB:n välillä. Käytännössä 4.7 GB ja 4.38 GiB voivat sisältää aivan saman määrän dataa, kapasiteetin ero syntyy ilmoitustavasta. 4.7 GB ilmoitetaan SI-järjestelmän, eli kymmenkantaisenjärjestelmän mukaan, mikä tarkoittaa, että  $1 \text{ GB} = 10^9 = 1000\,000\,000$ . Binäärijärjestelmässä, eli kaksikantaisessa järjestelmässä  $1 \text{ GB} = 2^{30} = 1\,073\,741\,824$ . Tästä voidaan taas todeta, että  $4.7 * 1000000000 \approx 4.38 * 1073741824$ , mistä nähdään, että 4.7 GB ja 4.38 GB ovat yhtä suuret kapasiteetit ja niiden ero syntyy laskettaessa niiden kapasiteettia kahdella eri järjestelmällä. Tästä sama asia selittää myös sen, miksi tietokoneiden kovalevyiltä on aina hävinnyt tilaa, kun se laitetaan koneeseen, ja

mitä suuremmasta kapasiteetista on kyse, sitä suurempi on hukka ilmoitettuun nähden.

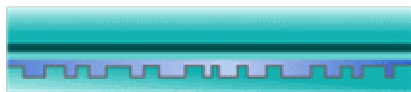
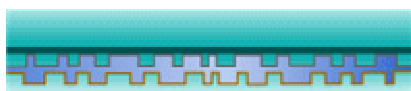
### 3.2.2 DVD-tekniikka

DVD-levyjen tekniikka perustuu hyvin pitkälle samaan kuin CD-levyissä. Molemmissa on sama periaate, ja molempien formaattien soittimet ovat hyvin samankaltaisia, mistä kertoo sekin, että DVD-soittimilla kuunnellaan nykyään myös CD-levyjä eikä pelkkiä CD-soittimia ole enää juuri tarjolla.

DVD-levyn valmistus tapahtuu erittäin pitkälle samalla tavalla kuin CD-levyn. Normaali yksikerroslevy valmistetaan täysin samalla periaatteella kuin CD-levykin. Polycarbonaatin muovaamisen jälkeen levyille laitetaan ohut, heijastava kerros suojaamaan kohoumia. Erittäin olennainen ero tulee valmistuksessa, kun valmistetaan kaksikerroslevyjä. Kaksikerroslevyjen toiminta perustuu heijastavaan alumiinikerrokseen sisemmässä kerroksessa, mutta ulompaan kerrokseen laitetaan puoli-heijastava kultainen kerros, joka mahdollistaa laserin lukevan kerroksen läpi ja mahdollistaa näin datan tallentamisen ja lukemisen kahdesta kerroksesta. Kaikkien kerrosten ollessa valmiita ne päällystetään lakalla, puristetaan yhteen ja viimeistellään infrapunavalon alla. (Alleman 2007.)

Kaksikerroslevyillä ei kuitenkaan saavuteta aivan tuplkapasiteettia yksikerroslevyyn nähden. Tämä johtuu siitä, että kaksikerroslevyillä täytyy käyttää hieman yksikerroslevyjä pitempiä kohoumia, mikä auttaa välttämään kerrosten välisiä häiriöitä. DVD-levyjä on myös kaksipuoleisia, ja näin levy, joka on kaksipuoleinen ja kaksikerroksinen molemmilta puolilta, mahdollistaa yli 15 Gt:n kapasiteetin. Eri levyjen läpileikkaukset on esitetty kuviossa 7. (Alleman 2007.)

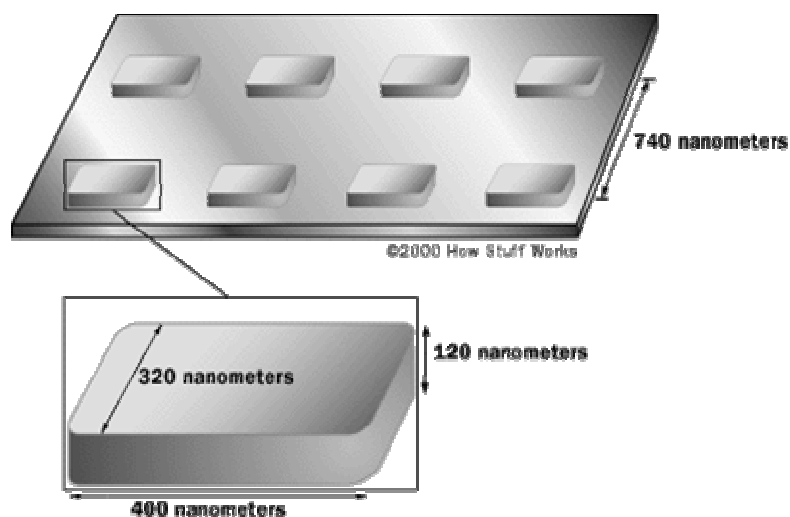


**Single-sided, single layer (4.7GB)****Single-sided, double layer (8.5GB)****Double-sided, double layer (17GB)**

©2000 How Stuff Works

KUVIO 7 DVD-levyjen kerrokset (Alleman 2007.)

DVD- ja CD-levyjen kapasiteetti eroaa huomattavasti vaikka verrattaisiin yksikerroksista DVD-levy ja CD-levyä. Tämä johtuu muutamasta asiasta. Kuten aikaisemmin mainittu levyjen toimintaperiaate on hyvin samanlainen, yksi spiraalin muotoinen pitkä raita kiertää levyä sisältä ulospäin. Yksi tekijä levyjen kapasiteetin suuressa erossa on kohoumien koko ja niiden tiheys levyllä, joka on esitetty kuviossa 8.



Kuvio 8 DVD-levyn Spiraalin tarkastelu (Alleman 2007.)

Kuten kuvioista 8 voidaan nähdä, verratessa sitä aiemmin esitettyyn vastaavaan kuvaan CD-levystä, on kohoumien koko pienentynyt huomattavasti ja ne ovat myös tiheämmin levyllä. CD-levyyn verratessa on raitojen väli kaventunut 860 nm (1600 nm - 740 nm) ja kohoumien vähimmäispituus vähentynyt 430nm (830 nm - 400 nm). (Alleman 2007.)

Kaavassa 3 lasketaan, että pelkästään näiden parannusten avulla DVD-levyn kapasiteetti on kasvanut 4,5 kertaiseksi.

$$\left(\frac{1600nm}{740nm}\right) * \left(\frac{830nm}{400nm}\right) \approx 4.5$$

kaava 3 DVD-levyn kapasiteetin kasvu CD-levyyn nähden

Tämä kasvu ei vielä kuitenkaan riitä kattamaan kokonaismäärää siitä, minkä verran DVD-levyn kapasiteetti on CD-levyn kapasiteettia suurempi. Toinen syy, joka vaikuttaa tähän kapasiteettieroon, on CD-levyissä käytetty vanha tekniikka, jossa levyille laitetaan dataa virheenkorjausta varten, joka vie levyiltä turhaa tallennustilaa. DVD:n tekniikka on huomattavasti kehittyneempää, joten se ei käytä levytilaa turhaan virheentarkastukseen. (Alleman 2007.)

### 3.2.3 EFMPlus

EFMPlus-tekniikka perustuu äärelliseen lineaariseen tilakoneeseen, jossa on neljä tilaa. Näin pystytään kääntämään 8-bittiset sisääntulot 16-bittisiksi koodisanoiksi. Binäärijärjestys luodaan sellaiseksi, että kahden peräkkäisen ykkösen välissä on vähintään kaksi ja korkeintaan kymmenen peräkkäistä nollaa. (Eight-to-Fourteen Modulation 2007.)

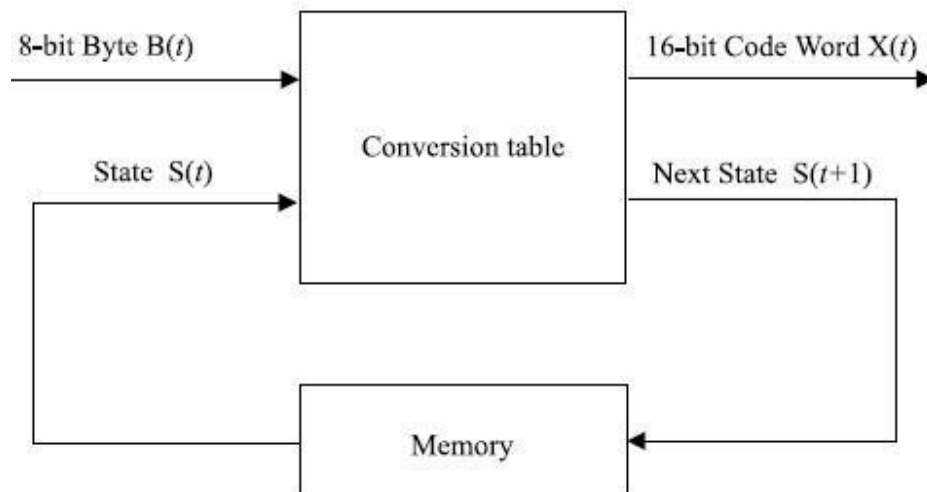
Jokaisessa tallennetussa kehyksessä oleva 8-bittinen tavu tullaan muuttamaan 16-bittiseksi koodisanaksi, jonka rajoitukset ovat siis vähintään kaksi ja enintään

kymmenen nollaa peräkkäisten ykkösten välissä. Liitteessä 1 on määritelty sovellettu muuntotaulukko. Muuntotaulukko määrittelee jokaiselle 8-bittiselle tavulle neljä eri tilaa sisältävän 16-bittisen koodisanan. Taulukko osoittaa vastaavat koodisanat sekä seuraavan muutettavan tavun tilan, ennen kuin se muunnetaan. (Standard ECMA-267 120 mm DVD – Read-Only Disc.)

Liitteessä 1 olevasta taulukosta nähdään 8-bittisistä tavuista muodostetut 16-bittiset koodisanat. Kuviosta 9, jossa

- $X(t) = H\{B(t), S(t)\}$
- $S(t+1) = G\{B(t), S(t)\}$
- H on ulostulo funktio
- G on seuraavan tilan funktio
- $X_{15}(t) = msb$
- $X_0(t) = lsb$

nähdään kaavion avulla, miten 16-bittiset koodisanat muodostuvat (Standard ECMA-267 120 mm DVD – Read-Only Disc.)



KUVIO 9. Koodisanojen muodostaminen (Standard ECMA-267 120 mm DVD – Read-Only Disc.)

Lähtevän tilan koodisanan tulee olla valittu siten, että edellisen ja seuraavan tilan koodisanojen ketju säilyttää vaatimukset, joissa kahden peräkkäisen ykkösen välissä tulee 2 - 10 nollaa. Lisävaatimuksina:

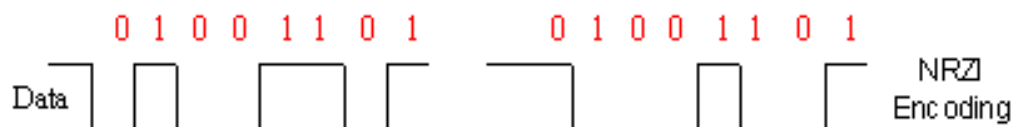
- Tilasta kaksi lähtevien koodisanojen bitit 3 ja 15 tulee asettaa nolliksi.
- Vastaavasti tilasta kolme lähtevien koodisanojen bitit 3 ja 15 tulee asettaa ykkösiksi. (Standard ECMA-267 120 mm DVD – Read-Only Disc.)

Liitteen 1 taulukosta nähdään, että jotkin 8-bittiset tavut, esimerkiksi tavut viisi ja kuusi, tiloissa yksi ja kaksi tuottavat samat 16-bittiset koodisanat. Taulukon rakenne kuitenkin mahdollistaa tämän epäselvyyden ratkaisun. Kahden identtisen koodisanan lähtiessä jostain tilasta on toisen tilan uusi tila kaksi ja toisen kolme. Yllä mainittujen lisävaatimusten ansiosta tilojen kaksi ja kolme, bitit kolme viisitoista ovat aina eri, voidaan kaikki koodisanat dekodata yksilöllisesti. Taulukosta 3 nähdään tilojen määrittelyt. (Standard ECMA-267 120 mm DVD – Read-Only Disc.)

TAULUKKO 3. Tilojen määrittelyt (Standard ECMA-267 120 mm DVD – Read-Only Disc)

Code Word $X(t)$	Next State $S(t+1)$	Code Word $X(t+1)$
Ends with 1 or no trailing ZERO	State 1	Starts with 2 or up to 9 leading ZEROS
Ends with 2 or up to 5 trailing ZEROS	State 2	Starts with 1 or up to 5 leading ZEROS, and $X_{15}(t+1), X_3(t+1) = 0,0$
Ends with 2 or up to 5 trailing ZEROS	State 3	Starts with none or up to 5 leading ZEROS, and $X_{15}(t+1), X_3(t+1) \neq 0,0$
Ends with 6 or up to 9 trailing ZEROS	State 4	Starts with 1 or no leading ZERO

16-bittiset koodisanat NRZI-konvertoidaan vielä ennen niiden tallentamista. NRZI-enkoodaus on digitaalisen signaalin enkoodausta ja variaatio NRZ:sta. NRZI-enkoodauksessa signaalin tila pysyy pulssin kestoajan samana ja signaalin muutos tapahtuu ykkösellä ja nolalla tila pysyy samana. (TIETOVERKOT ITK115 Datan koodaaminen signaaleiksi, modulointi ja kanavointi.)



KUVIO 10 NRZI-Encoding (Davis 2007.)

### 3.2.4 DVD-video

DVD-video on formaatti, jota käytetään DVD-elokuvissa, ja se on nykypäivän yleisin videoformaatti ainakin Yhdysvalloissa, Euroopassa ja Australiassa. DVD-video-formaattia käyttävät levyt vaativat näin ollen DVD-aseman ja MPEG-2-dekooderin, toisin sanoen DVD-soittimen tai tietokoneen DVD-aseman ja soitinohjelman. Kaupalliset DVD-elokuvat on yleensä pakattu MPEG-2 muotoon. (DVD 2007.)

Tyypillinen resoluutio PAL-järjestelmän levyillä on  $720 * 576$  ja bittivirta korkeintaan 9.8 Mbit/s MPEG-2-videolla. Tyypillisesti DVD-elokuvien bittivirta on välillä 3 Mbit/s–10 Mbit/s. NTSC-järjestelmän käyttämä maksimiresoluutio on puolestaan hieman PAL-järjestelmän käyttämää pienempi eli  $720 * 480$ . DVD-elokuvissa audio tallennetaan yleensä joko Dolby Digital- tai DTS-formaatilla tai jopa molemmilla. (DVD-Video 2007.)

### 3.2.5 DVD-audio

DVD-audio on normaali DVD-levy, mutta sisältönä pelkästään audiota, jonka tarkoitus vastata vaativien musiikin ystävien tarpeita, sen suuritarkkuuksisen audiosisällön takia. Ensimmäiset levyt tulivat myyntiin vuonna 2000, mutta formaatti ei ole juurikaan onnistunut ottamaan markkina-asemaa itselleen. DVD-audio on formaattisodassa Super Audio CD:n kanssa, joka tarjoaa myös

korkealaatuista audiotallennetta. Todennäköisesti sodassa käy samoin, kuten kävi DVD+R- ja DVD-R-formaattien sodassa, eli tulee soittimia, jotka tukevat useita formaatteja molemmat säilyvät. (DVD-audio 2007.)

DVD-audio mahdollistaa suuren valikoiman mahdollisuuksia tallentaa ääntä aina mono-äänestä 5.1-kanavaiseen surround-ääneseen, useilla eri näytteenottotaajuuksilla. Normaali CD-levyyn verrattuna DVD:n tarjoama suurempi kapasiteetti mahdollistaa, joko

- huomattavasti suuremman määrän musiikkia levyllä
- huomattavasti laadukkaamman äänen
- mahdollisuuden monikanavaisen audio kuunteluun. (DVD-audio 2007.)

DVD-audio-levylle tallennettava musiikki voidaan tallentaa monella erilaatuisella audiolla, kuten kuviosta 11 nähdään. Suurin mahdollinen bittivirta on 9,6 Mbps, joka rajoittaa monikanava-äänien näytteenottotaajuuden maksimissaan 96 kHz:iin. (DVD-audio 2007.)

	16-, 20- or 24-bit					
	44.1 kHz	48 kHz	88.2 kHz	96 kHz	176.4 kHz	192 kHz
<b>Mono (1.0)</b>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<b>Stereo (2.0)</b>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<b>Stereo (2.1)</b>	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
<b>Stereo + mono surround (3.0 or 3.1)</b>	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
<b>Quad (4.0 or 4.1)</b>	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
<b>3-stereo (3.0 or 3.1)</b>	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
<b>3-stereo + mono surround (4.0 or 4.1)</b>	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
<b>Full surround (5.0 or 5.1)</b>	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No

KUVIO 11 DVD-audion tallennusmahdollisuudet (DVD-audio 2007)

Sama levy voi kuitenkin sisältää esimerkiksi 24-bit/96 kHz 5.1 full surround -raidan sekä 24-bit/176.4 kHz 2.0 stereoraidan. Myös raidalla olevat kanavat

voidaan jakaa kahteen osaan ja tallentaa eri resoluutioilla, jolloin esimerkiksi etukaiuttimet voivat olla 96/24 ja surround 48/20. (DVD-audio 2007)

DVD-audiossa käytetään LPCM mm. stereo- ja monikanava audiosignaaleille sekä alasmiksatuille signaaleille. Monikanavasignaalin alasmiksaukseen stereoksi käytetään muuntokertoimia, jotka ovat 0 ja 60 dB:n välillä. DVD-audio-levy voi sisältää pulssikoodimoduloidun sisällön lisäksi mm. seuraavia signaaleja:

- Dolby Digital 5.1, jota käytetään DVD-audio-levyn mahdollisen videosisällön audiosignaalin koodauksena
- MPEG-1 stereo tai MPEG-2-monikanava audio
- muita esim. DTS. (Mattila 1999.)

Yllä mainitut signaalit eivät siis ole pulssikoodimoduloitua sisältöä, vaan häviöllisesti pakattuja signaaleja. Elokuussa vuonna 1998 DVD-audion sisällön pakkaustavaksi hyväksyttiin MLP, joka on häviötön menetelmä. Menetelmän pakkaussuhde on 2:1, ja dekodauksen jälkeen signaali vastaa bittitasolla alkuperäistä. (Mattila 1999.)

DVD-audiolevyillä voi mahdollisesti olla myös vastaavia bonuksia, kuten DVD-videolevyillä, mm. valikkoja, kuvia, tekstiä ja videokuvaa. Kuvien tallennuksessa käytetään MPEG-2-pakkausta, jolla pakataan myös DVD-videolevyjen elokuvat. Kuvia voi katsoa esimerkiksi Power Point -ohjelmasta tutulla slide show esityksellä, jolloin kuvat pyörivät näyttölaitteessa samalla, kun levyn musiikki soi taustalla. (Mattila 1999.)

## 4 HD-DVD

### 4.1 HD-DVD:n kehitys

#### 4.1.1 Alustusta

HD-DVD perustuu optisena tallenteena samoihin perusasioihin, kuten CD- ja DVD-levyt. HD-DVD tarjoaa huomattavia parannuksia verrattaessa DVD-levyyn, joka on tänä päivänä ylivoimaisesti suosituin ja käytetyin formaatti niin peliteollisuudessa kuin elokuvateollisuudessaakin. DVD rupeaa tosin jäämään vanhaksi uusien parempien formaattien tullessa markkinoille. HD-DVD on yksi näistä uusista formaateista, jotka tulevat olemaan lähitulevaisuudessa suosituimmat ja käytetyimmät formaatit.

HD-DVD ei ole vielä kovinkaan yleisessä käytössä, mutta joitain elokuvia on jo julkaistu uudessa HD-DVD-formaatissa, mutta koko ajan enemmän julkaistaan elokuvia ja pelejä tässä uudessa formaatissa. Oman aikansa tulee kuitenkin kestämään, ennen kuin DVD onnistutaan syrjäyttämään, jos onnistutaan, selkeältä ykköspaikalta, ja kuka sen sitten tekeekään, on toinen kysymys, johon otetaan kantaa myöhemmin.

#### 4.1.2 HD-DVD historiaa

HD-DVD on, kuten mainittua optinen tallenne, joka perustuu samanlaiseen teknologiaan kuin CD- ja DVD-levyt. Vaikka teknologian periaate on pysynyt samana, on se käyttö kehittynyt olennaisesti, mikä tarjoaa huomattavasti enemmän mahdollisuuksia toteuttaa uusia ja teknisesti parempia ratkaisuja.



DVD-levyn seuraajaksi suunnitellun uuden formaatin ovat kehittäneet yhteistyössä elektroniikka- ja tietotekniikkayritykset, Toshiba johdolla. Vuonna 2003 DVD Forum äänesti tukevansa HD-DVD-formaattia DVD:n seuraajaksi ja uudeksi DVD-standardiksi. Samassa kokouksessa formaatti nimettiin HD-DVD:ksi, entisen AOD:n sijaan. Vuonna 2006 Microsoft ilmoitti julkaisevansa viimeisimpään pelikonsoliinsa, XBOX 360:n, ulkoisen HD-DVD-aseman. Tämä tarkoitti sitä, että Microsoft antoi tukensa HD-DVD-formaatille. Myös vuonna 2006 HD-DVD:tä tukevat yritykset ilmoittivat, että vuoden 2006 lopussa olisi saatavilla lähes kaksisataa uutta tuotetta HD-DVD-formaatille. Ensimmäinen soitin julkaistiin Japanissa, maaliskuun viimeisenä päivänä vuonna 2006. (HD-DVD 2007.)

## 4.2 HD-DVD:n toiminta

### 4.2.1 Tekniikka

HD-DVD-levy on fyysisesti samankokoinen, kuin DVD-levy, mutta pystyy silti tarjoamaan huomattavasti suuremman tallenuskapasiteetin. Parannettu interaktiivisuus, multimediatoinnot, turvallinen AACS-sisällön suojaus ja suuri tallenuskapasiteetti, johon voi tallentaa noin 10 000 normaali MP3-kappaletta, ovat siltäkin, mitä kuluttajamarkkinat oikeasti tarvitsevat. (HD-DVD - A Technical Introduction in English.)

Olenaisiin muutokset nykyisen DVD:n ja uuden HD-DVD:n välillä on siirtyminen DVD:ssä käytetystä punaisesta laservalosta, jonka aallonpituus on 650 nm, siniviolettiin laservaloon, jonka aallonpituus 405 nm ja joka on toisesta ääripäästä näkyvänvalon spektriä. Vertailuna voidaan mainita ihmisen hiukset, joka on keskimäärin 100 000 nm paksu. Tämä tarkoittaa sitä, että levyille voidaan tallentaa huomattavasti enemmän dataa. (HD-DVD - A Technical Introduction in English.)

Kun DVD julkaistiin Japanissa vuonna 1996, MPEG-2 pakatun videon bittivirraksi oli määritelty tuolloin noin 8 Mbps. MPEG-2 teräväpiirtokuvan vastaanotto vaatii joidenkin lähteiden mukaan 19.3 Mbps bittivirran ja joissain tapauksissa jopa 25 Mbps tarvitaan huippulaatuisen teräväpiirtokuvan katseluun. Uusia ja tehokkaampia codekkeja on jo saatavilla, kuten AVC (MPEG-4) ja VC-1 (Windows Media), jotka voivat supistaa teräväpiirtodatan bittivirran 8 Mb:iin/s tai jopa alle. (HD-DVD - A Technical Introduction in English.)

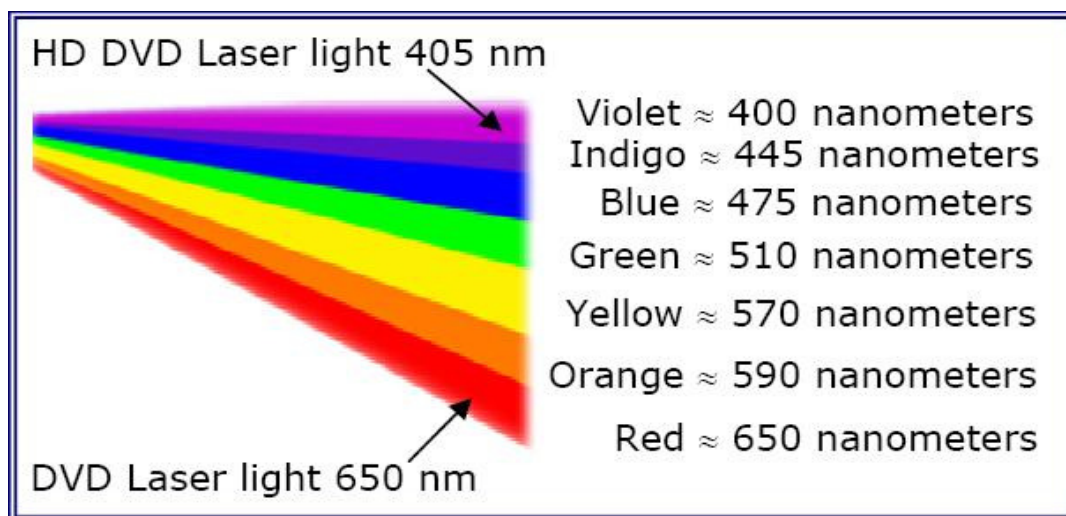
HD-DVD-videon pakkaukseen on kolme eri mahdollisuutta: MPEG-2 HL, joka on korkeamman resoluution versio normaali DVD:ssä käytettävässä MPEG-2 ML:stä; AVC (MPEG-4), jolla saavutetaan vastaava laatu huomattavasti pienemmällä bittivirralla, ja VC-1, joka oli aiemmin Windows Media 9. Myös audio on kohdannut joitain muutoksia normaaliin DVD:hen nähden. Dolby Digital- ja MPEG codekkien lisäksi ovat tulleet pakollisina Dolby Digital Plus ja DTS. Myös kaksikanavainen LPCM tuki ja DVD-audiosta otettu kaksikanavainen MLP ovat pakollisia. Taulukko 4 summaa HD-DVD:n ja normaalin DVD:n eroja. (HD-DVD - A Technical Introduction in English.)

TAULUKKO 4. HD-DVD:n ja DVD:n eroja (HD-DVD - A Technical Introduction in English.)

		HD DVD-Video		DVD-Video
Disc		HD DVD ROM	3x DVD ROM	DVD ROM
Laser wavelength		405 nanometers	650 nanometers	650 nanometers
Numerical aperture		0.65	0.6	0.6
Storage capacity (ROM)	Dual layer	30 GB	8.5GB	8.5GB
	Single layer	15 GB	4.7GB	4.7GB
Disc playing time (examples)	Dual layer	HD Video 8 hours	HD Video 2.6 hours	SD video – 3.5 hours
	Single layer	4 hours <i>AVC at 8 Mbps</i>	1.3 hours <i>AVC at 8 Mbps</i>	2 hours <i>MPEG-2 VBR at 5 Mbps</i>
Video Codecs		AVC MPEG-4 / VC-1 MPEG-2		MPEG-2
Audio Codecs	Lossless (mandatory)	Linear PCM / MLP (True HD) [2-ch]		Linear PCM [2-ch]
	Lossless (option)	DTS HD (lossless)		
	Lossy (mandatory)	Dolby Digital Plus / DTS Dolby Digital / MPEG Audio		Dolby Digital MPEG Audio (Europe)
Maximum data transfer rate		36.55 Mbps		11.08 Mbps
Content protection		Advanced Access Content System [AACS] 128-bit		CSS 40-bit
Video Systems		1920x1080 50/60 HDTV		720x480 & 720x576 50/60 SDTV

#### 4.2.2 HD-DVD:n laser

HD-DVD:n suurin ero ja etu verrattaessa normaaliin DVD-levyyn on, että sen lukemiseen käytetään sini-violettiä laseria, jonka lyhyempi aallonpituus mahdollistaa laserin huomattavasti tarkemman kohdistamisen, mikä mahdollistaa kirjoittamisen tiheämpää. Normaali DVD-soittimissa käytettävän punaisen laserin aallonpituus on 650 nm ja sini-violetin laserin aallonpituus, jota HD-DVD käyttää, on 405 nm. Kuviossa 12 on näkyvien valojen spektri, josta nähdään, että sini-violetti laseri sijaitsee toisessa päässä näkyvien valojen spektriä kuin punainen.



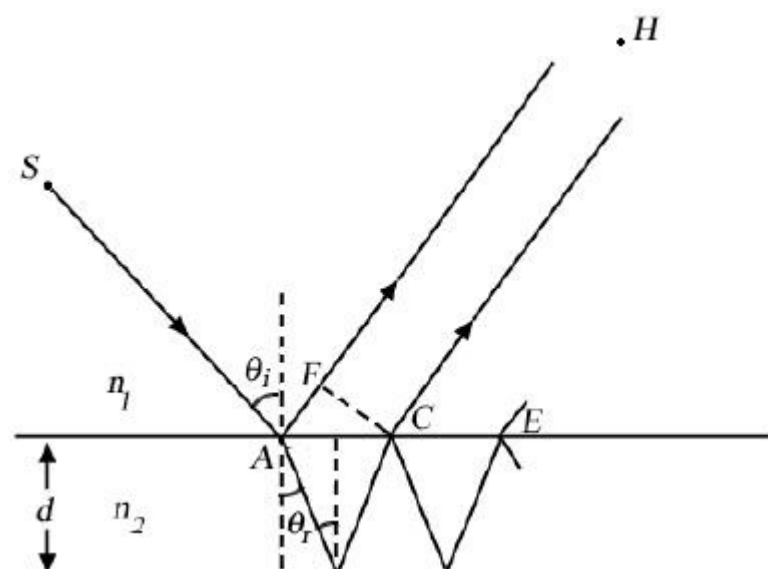
KUVIO 12. Näkyvien valojen spektri (HD-DVD - A Technical Introduction in English.)

Lasereiden kehittämissä on jo pidempään pyritty kohti lyhyempiä aallonpituuksia. Tähän asti kaupallisessa käytössä on ollut vain punaista tai infrapunaista valoa lähettäviä puolijohdelasereita, joita CD- ja DVD-soittimet ovat käyttäneet. Näiden sovellusten kannalta sininen valo olisi parempi vaihtoehto, ja nyt siihen suuntaan on otettu iso askel. Sinisen valon etuna on lyhyempi aallonpituus, jonka ansiosta tieto voidaan pakata tiheämpään optisillatallenteilla, koska lyhyempi aallonpituus vähentää valon interferenssi- ja diffraktioilmiöiden aiheuttamia epätarkkuuksia. (Peltonen, Perkkiö & Vierinen, 1998, 389.)

Lyhyempi aallonpituus vähentää interferenssi- ja diffraktioilmiöiden aiheuttamia epätarkkuuksia, koska interferenssi syntyy useamman kuin yhden valonsäteen vaikutuksesta. Interferenssin vaikutus voidaan laskea summaamalla yhteen valonsäteiden aallonpituudet, mikä tarkoittaa sitä, että tässä tapauksessa sini-violetin laserin aallonpituuden ollessa lyhyempi kuin punaisen laserin, interferenssin vaikutus jää pienemmäksi summattaessa yhteen pienempiä lukuja. Tällä perusteella jäävät myös mahdolliset interferenssi- ja diffraktioilmiöiden aiheuttamat epätarkkuudet pienemmiksi.

”Valon interferenssillä ymmärretään sitä, että kahden tai useamman valonsäteen yhteinen vaikutus voidaan laskea superpositioperiaatteen avulla. Jotta säteet voisivat interferoida keskenään, tulee niiden olla koherentteja (sama aallonpituus, sama polarisaatio ja niillä tulee olla vaihesuhde keskenään). Koherentteja säteitä saadaan yleensä vain siten, että annetaan samasta valolähteestä tulevien säteiden kulkea eri tietä ja sen jälkeen yhdistyä taas samaan pisteeseen.” (Korhonen & Vihinen 1975 - 1977.)

Tässä tapauksessa täyttyvät kyseiset ehdot, koska soittimissa valo tulee samasta lähteestä eli siinä käytettävästä puolijohdelaserista. Interferenssi syntyy laservalon tullessa levyllä olevaan polycarbonaattikerrokseen. Valon tullessa kirkaaseen polycarbonaattiin taittuu valo tästä pinnasta, valon tulokulmasta ja polycarbonaatin taitekertoimesta riippuen, jolloin heijastuksista syntyy lisää valon säteitä. Jos heijastuksista syntyneet valon säteet ovat vahvoja, voivat ne aiheuttaa virheitä levyltä luettavaan informaatioon.



KUVIO 13. Interferenssi (Lampimäki 2002.)

HD-DVD-soittimissa käytettävässä sini-violetin laserin avulla pystytään tietoa pakkaamaan tiheämpään tilaan, koska lyhyempi aallonpituus vähentää

interferenssistä johtuvia epätarkkuuksia ja laser voidaan kohdistaa tarkemmin. Pääasiassa tähän perustuu HD-DVD:n etu verrattuna normaaliin DVD-formaattiin. Fysiikkaan perustuvan teknisen kehityksen avulla voidaan HD-DVD-levylle siis tallentaa huomattavasti suurempi määrä tietoa, mikä mahdollistaa parempilaatuisten elokuvien ja pelien tuottamisen kuluttajille.

## 5. BLU-RAY

### 5.1 BLU-RAY:n kehitys

#### 5.1.1 BLU-RAY alustus

Myös BLU-RAY on optinen tallenne, joka hyödyntää HD-DVD:n tavoin kehittyntä tekniikka sini-violetin laserin muodossa. Blu-Ray:n ja HD-DVD:n käyttäessä samaa, uutta tekniikkaa, ovat kyseiset formaatit näin ollen kilpailijoita keskenään, kilpailtaessa siitä, kumpi tulee olemaan mahdollinen standardiformaatti tulevaisuuden elokuva- ja konsolipelimarkkinoilla. Voidaankin sanoa, että tällä hetkellä on käynnissä jälleen kerran formaattisota, jossa ovat tällä kertaa vastakkain Blu-Ray ja HD-DVD.

Tällä hetkellä ei Blu-Ray:llä ole vielä mainittavaa markkina-asemaa maailmalla ja saati sitten Suomessa. Kilpailevalla HD-DVD-formaatilla on tällä hetkellä enemmän markkina-asemaa kuin Blu-Ray:llä, vaikkakin sekään ei pysty kilpailemaan normaalin DVD:n kanssa millään tasolla. Uusien formaattien läpilyönti tulee kestämään useita vuosia, eivätkä ne uhkaa DVD:tä vielä vähään aikaan.

### 5.1.2 BLU-RAY:n historiaa

Blu-Ray-formaatin standardi vakiintui vuonna 2002. Standardin tärkeä määrittäminen oli sille tallennettavan kapasiteetin määrä. Myös Blu-Ray:n käyttämä sini-violetti laser mahdollistaa tämän suuremman tallennuskapasiteetin.

Blu-Ray-formaatti on BDA:n kehittämä. BDA:n perustivat vuonna 2002 yhdeksän johtavaa elektroniikka-alan yritystä Sonyn johdolla vastauksena DVD Forumille. Mukana on mm. LG Electronics, Samsung ja Sony. BDA:n synnyttänyt Sony johdolla tarkoittaa se luonnollisesti Sonyn uuden Playstation 3 pelikonsolin, multimedia-aseman olevan Blu-Ray:tä tukeva, kun taas sen, pahimman kilpailijan XBOX 360:n multimedia-asema tukee HD-DVD-formaattia. Näillä lähtökohdilla voi käynnissä olevasta formaattisodasta tulla mielenkiintoinen.

## 5.2 Blu-Ray:n toiminta

### 5.2.1 Blu-Ray:n tekniikka

Blu-Ray-levyt ovat vastaavia verrattuna aikaisemmin läpi käytyihin optisiin tallenteisiin, eikä se poikkea ulkoisesti juurikaan muista vastaavanlaisista optisistaformaateista. Tekninen toteutuskin on periaatteessa sama kuin HD-DVD:ssä, mutta muutamia asioita on toteutettu hieman eri tavalla, jolloin on saatu olennaisimmassa asiassa, tallennuskapasiteetissa, eroa kilpailijaan.

BLU-RAY käyttää myös sini-violettiä laseria kilpailijansa tavoin, joka jo sinällään takaa suuremman tallennuskapasiteetin kuin punaista laseria käytettäessä. BLU-RAY käyttää myös pääasiassa samoja codecceja kuin HD-DVD ja toimii

muutenkin hyvin paljon samalla periaatteella, kuin kilpailijansa. Niiden perusominaisuudet on kerrottu sivulla 27 sekä taulukossa 4.

TAULOKKO 4. BLU-RAY, HD-DVD vertailua (Blu-ray Disc.)

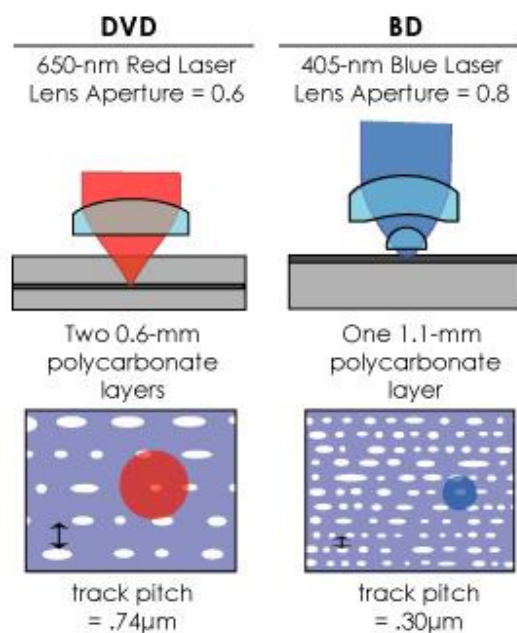
This box: <a href="#">view</a> · <a href="#">talk</a> · <a href="#">edit</a>			Blu-ray Disc	HD DVD
<b>Laser wavelength</b>			405 nm (blue-violet laser)	
<b>Numerical aperture</b>			0.85	0.65
<b>Storage capacity</b>	<b>single layer</b>		25 GB	15 GB
	<b>dual layer</b>		50 GB	30 GB
<b>Playback time in</b> <i>(note 1)</i>	<b>SD with MPEG-2 at 5Mbit/s</b>		22.2 hours	13.3 hours
		<b>HD with AVC or VC-1 at 13Mbit/s</b>	8.5 hours	5.1 hours
	<b>MPEG-2 at 20Mbit/s</b>	5.6 hours	3.3 hours	
<b>Video codecs</b>			MPEG-4 AVC (H.264) / VC-1 / MPEG-2	
<b>Audio codecs</b>	<b>lossy</b>	<b>Dolby Digital</b>	Mandatory	Mandatory
		<b>DTS</b>	Mandatory	Mandatory
		<b>Dolby Digital Plus</b>	Optional	Mandatory
		<b>DTS-HD High Resolution</b>	Optional	Optional
	<b>lossless</b>	<b>Linear PCM</b>	Mandatory	Mandatory
		<b>Dolby TrueHD</b>	Optional	Mandatory <i>(note 2)</i>
		<b>DTS-HD Master Audio</b>	Optional	Optional
<b>Maximum bitrate</b>	<b>Raw data transfer</b>		54.0 Mbit/s	36.55 Mbit/s
	<b>Audio+Video</b>		48.0 Mbit/s	30.24 Mbit/s
	<b>Video</b>		40.0 Mbit/s	29.4 Mbit/s
<b>Secondary video decoder (PiP)</b>			Optional ( <a href="#">Profile 1.1</a> , <i>note3</i> )	Mandatory
<b>Internet support</b>			Optional ( <a href="#">Profile 2.0</a> )	Mandatory
<b>Video resolution (maximum)</b>			1920×1080 24p or 50/60i HDTV	
<b>Content protection system</b>			AACS-128bit / BD+	AACS-128bit
<b>Region code</b>			3 Regions	Region free
<b>Hardcoating of disk</b>			Required	Optional

### 5.2.2 Blu-Ray-levyn rakenne

Yksi olennaisista eroista, mikä erottaa Blu-Ray:n HD-DVD:stä, on levyjen rakenne. Yksikerroksisten HD-DVD-levyjen rakenteessa käytetään samaa



tekniikkaa kuin yksikerroksisten DVD-levyjien rakenteessa. Levyissä on 0,6 mm kirkasta polycarbonaattia ennen pintaa, joka sisältää levyllä olevan datan. Blu-Ray-levyissä pinta, jossa levyn data sijaitsee, on aivan toisessa reunassa levyä, jolloin vältetään interferenssin aiheuttamat häiriöt, jotka syntyvät heijastuksista luettaessa paksumman polycarbonaattikerroksen läpi.



KUVIO 14. Blu-Ray-levyn rakenne (Watson 2007.)

### 5.2.3 Blu-Ray:n laser

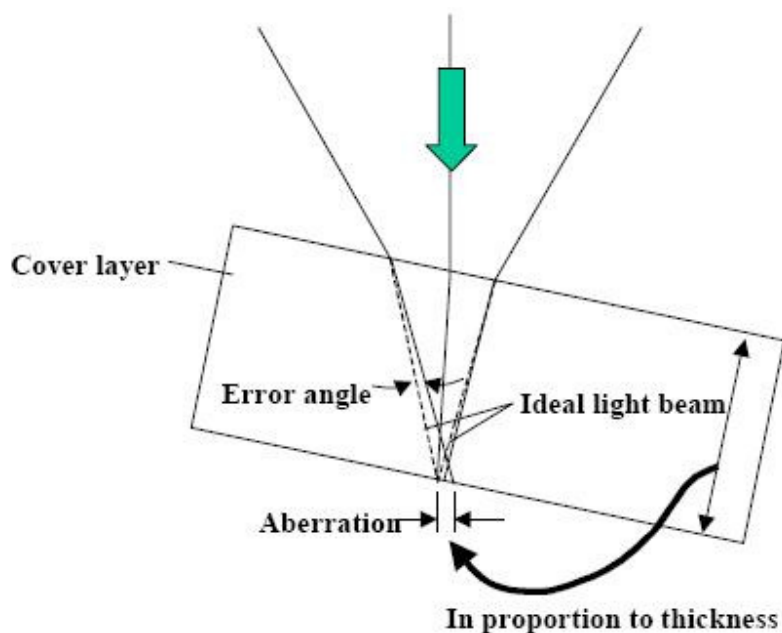
Blu-Ray siis käyttää myös 405 nm:n sini-violettiä laseria HD-DVD:n tapaan, mutta näissäkin tekniikoissa on eroja verrattuna toisiinsa. Laserin käyttämän linssin numeerinen aukko on molemmilla formaateilla eri. HD-DVD:n numeerinen aukko on 0.65 ja Blu-Ray:n 0.85. Numeerisen aukon avulla voidaan määrittää lasersäteiden ohuimman kohdan leveys, jolloin voidaan määrittää tiheys, jolla levyille tallennetaan. Suurempaa numeerista aukkoa käytettäessä päästään ohuempaan lasersäteeseen ja pystytään näin tallentamaan tietoa tiheämmin.

Blu-Ray käytti alun perin kahta linssiä pystyäkseen suurempaan numeeriseen aukkoon kuin aiemmat formaatit, joiden aukot olivat DVD:llä 0.6 ja HD-DVD:llä 0.65. Blu-Ray käytti linssejä, jotka voidaan valmistaa käyttämällä samaa tekniikkaa, kuin 0.6 numeerisen aukon omaavat linssit, asettamalla ne päällekkäin, jolloin saatiin valmistettua suuremman numeerisen aukon linssi. Ongelmaksi muodostuu tässä tapauksessa laserin lyhyt työskentelyetäisyys. Laserin lyhyiden vuoksi linssin etäisyys levyn pinnasta kutistuu pieneksi ollen enintään 0,14 mm. Tämä aiheuttaa vaaran, että levy osuu joskus laseriin. Tosin ainoa tilanne, jolloin on ollut varmaa, ettei levy ole osunut linssiin, on ollut CD:n alkuaikoina, käytettäessä linssejä, jotka tarjosivat laserin halkaisijaksi 4,5 mm:ä. Myös nykypäivänä on mahdollista, että CD- ja DVD-levyt osuvat linsseihin. Blu-Ray:ssä on kuitenkin otettava huomioon se tosiasia, että lyhyemmällä työskentelyetäisyydellä on vielä huomattavasti todennäköisempää, että levy osuu linssiin. Joitain ennalta ehkäiseviä mittauksia törmäysten estämiseksi voidaan elektroniikan avulla kuitenkin suorittaa ja niiden perusteella aktivoida törmäyksiä estävä turvapiiri. JVC ja muutama muu valmistaja on aloittanut uuden linssin prototyypin suunnittelun, jonka työskentelyetäisyydeksi saadaan noin 0.5mm. (White paper Blu-Ray Disc Format General.)

Linssin tarkoitus on suunnata laserin valo mahdollisimman pieneksi, jolloin data voidaan tallentaa mahdollisimman tiheästi. Tämä operaatio ilmaistaan siis numeerisen aukon avulla. Suunnatun valon halkaisija on kääntäen verrannollinen numeerisen aukon kanssa, joten numeerisesta aukosta halutaan mahdollisimman iso. Ilmakehässä numeerisen aukon arvo ei voi nousta yli yhden. Linssin optisen akselin siirtyessä kohtisuoraan levyn pintaa vastaan havaitaan suuntauksen toiminnan heikkenemistä, jonka määrä kasvaa suhteellisesti, numeerisen aukon kolmannessa potenssissa. (White paper Blu-Ray Disc Format General.)

Ongelmia levyn lukemisessa voi aiheuttaa mm. levyn mahdollinen kierous ja se, jos levyn valaminen ei ole onnistunut jostain syystä tasaisesti. Nämä vaikuttavat levyn pyöriessä siihen, tuleeko levyyn kallistuksia. Jos levyyn tulee kallistuksia,

esimerkiksi epätasaisen valun takia, jolloin keskipakovoiman lisäksi levyyn vaikuttaa pystysuuntaiset voimat ja levy voi väristä, harhautuu laserinvalo keskeisestä kohdasta, mikä aiheutuu valon taittumisesta väärin. Harhautuminen on suhteessa läpäistävän pinnan paksuuteen.



KUVIO 15. Laserin harhautuminen. (White paper Blu-Ray Disc Format General.)

## 6 BLU-RAY VAI HD-DVD

### 6.1 Hankinta

Yksi asia, johon oli tarkoitus tässä työssä ottaa kantaa, on mahdolliseen laitteiden hankintaan. Vielä tällä hetkellä, varsinkin Suomessa, on uusien formaattien tarjonta varsin olematonta. Laitteita kyllä saa ja myös elokuvia on mahdollista hankkia, mutta hankinnan järkevyydestä voidaan olla montaa eri mieltä. Tällä hetkellä on vaikea sanoa, kumpi formaatti tulee voittamaan käynnissä olevan

formaattisodan ja milloin DVD-formaatti syrjäytetään. Jokaisella asiaa seuraavalla on varmasti oma mielipiteensä ja joillain varmasti ns. varmaa tietoa asiasta.

Tilanteessa, jossa ei ole edes varmaa, kumpi formaatti yleistyy ja kumpi tippuu pois, vai tippuuko kumpikaan, on hieman aikaista hankkia kallista, vain toista formaattia tukevaa laitetta. Todennäköisesti uusien formaattien kohdalla käy kuitenkin siten, että molemmat säilyvät ja molemmille formaateille tuotetaan sisältöä. Tämän puolesta puhuu mielestäni jo se tosiasia, että uuden sukupolven pelikonsolit, tässä tapauksessa PS3 ja XBOX360, käyttävät molemmat eri formaatteja. PS3 käyttää luonnollisesti Blu-Ray:ta, Sonyn ollessa yksi kehittäjäistä ja XBOX360 HD-DVD:tä, Microsoftin antaessa tuen sille. Molemman formaatin puolesta puhuu myös se, että LG on jo julkaissut molempia formaatteja tukevan soittimen ja Samsung on ilmoittanut julkaisevansa myös molempia formaatteja tukevan soittimen. LG:n soittimen ominaisuudet löytyvät liitteestä 2.

Yksi erittäin suuri vaikuttaja formaattien välisessä taistelussa on niiden saama tuki. Tällä hetkellä Blu-Ray:n takana on enemmän tukijoita kuin HD-DVD:n. Formaattien tukijoita on listattu liitteessä 3. Yksi erittäin suuri yksittäinen vaikuttaja taistelussa on aikuisviihdeollisuus. Sen roolista on ollut ainakin epävirallisia kommentteja, jotka ovat maininneet sen tukevan HD-DVD:tä. HD-DVD:n tukeminen on uskottavaa, ja jossain määrin tämä on jopa täysin loogista. Uusien formaattien kapasiteetit monikerroslevyillä ovat kuitenkin moninkertaiset verrattuna DVD:n kapasiteettiin, ja jo DVD-levyille pystytään tallentamaan elokuvaa monia tunteja, videon laadusta riippuen yli kymmenen tuntia, mikä on luultavasti aivan riittävä määrä, jopa suurkuluttajille. Tällä perusteella HD-DVD:n pienempi kapasiteetti on aivan riittävä. Kyseisiä elokuvia ei varmaankaan haluta tallentaa parhaalla mahdollisella kuvanlaadulla, koska liian tarkka kuva joissain yhteyksissä on yksinkertaisesti liikaa ja normaalilla kuvan laadulla pari vuorokautta/levy ei ole kannattavaa.

Aikuisviihdeteollisuus ei todennäköisesti välttämättä saa samaa hyötyä formaattien kehityksestä kuin normaali viihdeteollisuus. Aikuisviihdeteollisuus on kuitenkin niin suuri ja rahakas, että se on mahdollisesti suurin yksittäinen vaikuttaja tässä taistelussa. On myös väitetty, että aikuisviihdeteollisuus oli yksi suuri tekijä, joka ratkaisi aikanaan formaattisotaa VHS vs. Betamax.

Näiden perusteella tällä hetkellä kannattaa miettiä, tarvitseeko vielä uusia laitteita, ja jos tarvitsee, kannattaa melkein ostaa PS3 tai XBOX360 ja siihen lisävarusteena HD-DVD-asema, jolloin saa uutta formaattia tukevan soittimen ja pelikonsolin samalla. Hankintaa tehdessä kannattaa myös ottaa huomioon, millä aikoo kuvaa toistaa. Elokuvia katsellessa videotykiä ei kannata vielä ostaa uutta tekniikkaa, ellei ole hankkinut Full HD -projektoria, jollaisen saa hankittua noin 3000 €:lla. Jos televisio ei tue HD:tä kannattaa harkita hankintaa, eihän VHS:kään värejä tuonut musta-valko-televisioon. Kannattaa siis tarkistaa, onko muu laitteisto tarvittavien vaatimusten tasolla ennen uusien soitinten hankintaa.

## 6.2 Formaattien ero

Formaattien eron perustuessa kahteen pääasiaan voidaan niitä hyväksi käyttämällä kehittää kaava. Kaavan avulla voidaan laskea kerroin, jonka avulla voidaan laskea suuntaa antavasti uusien formaattien kapasiteetin kasvu, perustaen se formaattien kahteen uudistukseen.

$$\left( \frac{\frac{\lambda_{dvd}}{NA_{dvd}}}{\frac{\lambda_{hdvd}}{NA_{hdvd}}} \right)^2 \Rightarrow \left( \frac{\frac{650nm}{0.6}}{\frac{405nm}{0.65}} \right)^2 \Rightarrow \left( \frac{1083.3}{623.1} \right)^2 \approx 3,02$$

KAAVA 4. DVD:n ja HD-DVD:n välinen kerroin

Kaavassa 4 on laskettu DVD:n ja HD-DVD:n välinen kerroin, ja tätä kerrointa hyväksi käyttäen voidaan suuntaa antavasti laskea HD-DVD:n kapasiteetti DVD:n kapasiteetin avulla, kertomalla DVD:n kapasiteetti kaavasta 4 saadulla kertoimella.  $4.7 \text{ GB} * 3,02 \approx 14,2 \text{ GB}$ . HD-DVD:n kapasiteetti on noin 15 GB, joten laskemalla kaavasta 4 saadulla kertoimella saadaan vain, kuten mainittua suuntaa antava tulos.

Kaavassa 5 on laskettu vastaavasti Blu-Ray:n kapasiteettia, hyödyntämällä samoja asioita. Kapasiteetin voi laskea käyttämällä hyväksi DVD:n tai HD-DVD:n lukuja. Tässä tapauksessa käytetään DVD:n arvoja.

$$\left( \frac{\frac{\lambda_{dvd}}{NA_{dvd}}}{\frac{\lambda_{BluRay}}{NA_{BluRay}}} \right)^2 \Rightarrow \left( \frac{\frac{650 \text{ nm}}{0.6}}{\frac{405 \text{ nm}}{0.85}} \right)^2 \Rightarrow \left( \frac{1083.3}{476.5} \right)^2 \approx 5,17$$

KAAVA 5. DVD:n ja Blu-Ray:n välinen kerroin

Ja jälleen hyödyntämällä kaavasta 5 saatua kerrointa voidaan suuntaa antavasti laskea Blu-Ray:n kapasiteetti.  $4,7 \text{ GB} * 5,17 \approx 24,29$ .

Kaava on siinä määrin yleispätevä, että se toimii näiden kolmen formaatin tapauksessa ristiin, joten sillä voidaan laskea kerroin mille tahansa näistä formaateista.

### 6.3 Tulevaisuus

Blu-Ray:n ja HD-DVD:n yleistymisen kuluttajilla kestää vielä useita vuosia. DVD on kuitenkin tällä hetkellä vielä erittäin luotettava ja se kapasiteetti riittää hyvin elokuvien ja pelien tallentamiseen, jos puhutaan normaalin kuluttajan tarpeista. Tietysti on olemassa pieni ryhmä, jolle nykyinen kuvanlaatu ei ole tarpeeksi ja

elokuvat tarvitsevat kaikkea ylimääräistä, interaktiivista materiaalia mukaan, mutta tässä katsotaan asiaa lähinnä normaalin kuluttajan kannalta. Tällä hetkellä DVD on riittävän hyvä formaatti niin peleissä kuin elokuvisakin ja uusien formaattien soittimien hinnat ovat sitä luokkaa, ettei normaali kuluttaja todennäköisesti viitsi laittaa rahojaan vielä tässä vaiheessa niihin. Tekniikka tosin kehittyy nopeasti ja kehityksen myötä luotettavuus kasvaa ja hinnat laskevat, mutta siihen, että uudet formaatit menevät DVD:n ohi, on vielä vuosia aikaa.

Tulevaisuuden formaatit ovat taas asia erikseen. Nyt käytössä olevalla optisella tekniikalla ei pystytä levyjen kapasiteettia kasvattamaan. Tällä hetkellä käytettävässä sini-violetissa laserissa käytetään näkyvien valojen spektrin toista ääripäätä, mikä tarkoittaa sitä, ettei näkyvää valoa voida tuottaa lyhyemmällä aallonpituudella. Samaa periaatetta käytettäessä pitäisi pystyä lyhyemmän aallonpituuden näkymättömille valoille pystyä luomaan jonkinlainen kontrasti, jonka avulla valo pystyttäisiin lukemaan. Toinen vaihtoehto voisi olla mahdollisesti tekniikka, jossa laserin säteeseen pystyttäisiin lisäämään jonkinlaisia partikkeleja, joiden avulla pystyttäisiin lukemaan levyn pintaa. Tekniikan kehittyessä voi tulevaisuuden soittimet olla laatikoita, joihin pystytään muodostamaan valojen avulla elokuva kolmiulotteisena. Tällaiseen voi mennä vielä aikaa.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tarkoituksen oli käydä läpi videoformaattien historiaa alkuaajoista tähän päivään ja hieman tulevaisuuteenkin kuluttajan näkökulmasta. Pääasiallinen paino oli optisilla formaateilla, lähinnä DVD:llä, Blu-Ray:llä ja HD-DVD:llä. Tarkoitus oli käydä läpi toimintaperiaatteita ja selvittää Blu-Ray:n ja HD-DVD:n parannuksia tarkemmin, verrattuna DVD:hen.

Tällä hetkellä oli aika vaikea löytää kunnollista informaatiota uusista formaateista, osittain siksi, että taistelu ykköspaikasta on vielä kesken. Tekniset muutokset verrattuna esimerkiksi DVD:hen eivät periaatteen osalta ole järin suuria, mutta niiden vaikutus on melko suuri ja ne erottavat uudet formaatit selvästi vanhoista. Olennaisin muutos ja parannusten perusta on siirtyminen punaisesta laserista siniviolettiin laseriin. Tämän parannuksen perusta on fysiikassa ja tarkemmin ottaen johtuu siitä, että mitä lyhyempi aallonpituus, sitä pienemmäksi voidaan supistaa laserin säteen pinta-ala.

Aiemmin mainituilla kaavoilla 4 ja 5 voidaan siis laskea suuruusluokkaa formaattien eroille käyttämällä hyväksi olennaisimpia eroja, joita formaatit sisältävät, aallonpituutta ja numeerista aukkoa. Olennaisin ero formaateilla on kuitenkin kuluttajan kannalta ajateltuna niille tallennattavissa oleva kapasiteetti.

Kaavat 4 ja 5 perustelevat kohtuullisen hyvin olennaiset muutokset ja erot formaateilla. Muutokset perustuvat kahteen pääasiaan, joita on käytetty laskujen apuna ja näin on voitu konkreettisesti perustella parannuksia ja eroja. Päätöksen siitä, kumpaa formaattia tukee, tekee jokainen itse. Muutos vanhaan on kapasiteetin kasvaminen, joka mahdollistaa uuden teknologian käytön ja uusia mahdollisuuksia sisällön tuotantoon. Monikerros levyillä HD-tasoista elokuvaa voidaan tallentaa useita tunteja HD-DVD-formaatillekin, ja tavalliselle kuluttajalle se on kuitenkin olennaisin asia. Tavallinen kuluttaja hankkiin laitteen katsoakseen silloin tällöin elokuvan, jolloin HD-DVD:n tarjoama kapasiteetti varmasti riittää.



Varma vastaus siihen kumpi lopulta taistelun voittaa, mikäli kumpikaan, saadaan vasta vuosien päästä. Yksi suurimmista vaikuttajista on varmasti laitteiden hinnat, myös toimintavarmuus vaikuttaa. Toimintavarmuus ei välttämättä tässä vaiheessa ole Blu-Ray:n puolella, koska Blu-Ray-levyissä datan sisältävä pinta on erittäin lähellä levyn pintaa, mikä voi vaikuttaa levyjen kestävyYTEEN, ja soittimen linssin lyhyt etäisyys levystä on myös epäilyttävä.

Maaliskuussa HD-DVD johti markkinoita reilusti Euroopassa. Toshibaan HD-E1-soitin piti itsellään noin 85 %:n markkinaosuutta Sonyn ja Samsungin jakaessa loput 15 %. Toisaalta PS3 näyttää pitkälti suuntaa omalta osaltaan formaattien välisessä taistelussa. Joka tapauksessa taistelusta tulee pitkä ja mielipiteitä jakava, se on varma asia, ja jos ei pelikonsolia ole hankkimassa, kannattaa odottaa rauhassa ennen päätöstään sijoittaa rahojaan jompaan kumpaan tekniikkaan.

## LÄHTEET

Alleman G. How DVDs Work. [online]. Howstuffworks “How DVDs Work”, 2007 [viitattu 10.3.2007]. Saatavissa: <http://www.howstuffworks.com/dvd.htm>

Betamax [online]. Wikipedia Vapaa tietosanakirja, 2007 [viitattu 4.3.2007]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Betamax>

Blu-ray Disc [online]. Wikipedia The free Encyclopedia, 2007 [viitattu 4.3.2007]. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Blu-ray>

DVD [online]. Wikipedia The free Encyclopedia, 2007 [viitattu 12.3.2007]. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Dvd>

DVD-Audio [online]. Wikipedia The free Encyclopedia, 2007 [viitattu 10.3.2007]. Saatavissa <http://en.wikipedia.org/wiki/DVD-Audio>

DVD-Video [online]. Wikipedia The free Encyclopedia, 2007 [viitattu 14.3.2007]. Saatavissa <http://en.wikipedia.org/wiki/DVD-Video>

Eight-to-Fourteen Modulation [online]. Wikipedia The free Encyclopedia, 2007 [viitattu 5.4.2007]. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/EFMPlus>

Goldwasser S. M. Notes on the Troubleshootin and repair of Video [online]. Video Recording Technology, 1994 – 2006 [viitattu 13.3.2007]. Saatavissa: <http://greyghost.dyndns.org/repairfaq/sam/vcrfaq.htm>

Haikonen P O A. 1993. Videotekniikka. Toinen painos. Espoo.

HD-DVD [online]. Wikipedia The free Encyclopedia, 2007 [viitattu 24.3.2007].  
Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Hd-dvd>

HD-DVD - A Technical Introduction in English [online].  
Forum\_HD\_DVD\_Universal\_24.pdf, 2005 [viitattu 2.4.2007]. Saatavissa:  
<http://www.dvdforum.org/hddvd-whatism.htm>

Korhonen U., Vihinen S., 1977. Valo-oppi. Neljäs painos. Otakustantamo, Espoo

Lampimäki M. Valon diffraktio ja interferenssi lukion fysiikassa [online].  
Joensuun yliopisto Fysiikan laitos, 2002 [viitattu 18.4.2007]. Saatavissa:  
<http://www.joensuu.fi/fysiikka/tiede/julkaisut/gradu/index.html>

Laserdisc [online]. Wikipedia The free Encyclopedia, 2007 [viitattu 24.3.2007].  
Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Laserdisc#Format>

Marshall B. How CDs Work. [online]. Howstuffworks "How CDs Work",  
2007 [viitattu 1.4.2007]. Saatavissa:  
<http://electronics.howstuffworks.com/cd.htm>

Mattila M. DVD-Audio FAQ. [online]. DVD-Audio FAQ, 1999 [viitattu  
5.4.2007]. Saatavissa:  
<http://www.tkk.fi/Misc/Electronics/faq/sfnet.harrastus.audio+video/DVD-Audio-FAQ.htm>

Peltonen H., Perkkiö J., Vierinen K., 1998. Insinöörin (AMK) fysiikka. Lahden  
teho-opetus.

Standard ECMA-267 120 mm DVD – Read-Only Disc [online]. Ecma-267.pdf,  
2001 [viitattu 7.4.2007]. Saatavissa: <http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-267.htm>

TIETOVERKOT ITK115 Datan koodaaminen signaaleiksi, modulointi ja kanavointi [online]. itkp104-7.pdf [viitattu 13.4.2007]. Saatavissa: <http://www.mit.jyu.fi/wikstrom/opetus/itkp104/luennot.html>

VERA videotape format [online]. Wikipedia The free Encyclopedia, 2007 [viitattu 27.3.2007]. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/VERA\\_videotape\\_format](http://en.wikipedia.org/wiki/VERA_videotape_format)

VHS [online]. Wikipedia The free Encyclopedia, 2007 [viitattu 28.3.2007]. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Vhs>

Video Cassette Recording [online]. Wikipedia The free Encyclopedia, 2007 [viitattu 12.4.2007]. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Video\\_Cassette\\_Recording](http://en.wikipedia.org/wiki/Video_Cassette_Recording)

Watson S. How Blu-ray Discs Work. [online]. Howstuffworks "How Blu-ray discs Work", 2007 [viitattu 10.4.2007]. Saatavissa: <http://www.howstuffworks.com/blu-ray.htm>

White paper Blu-Ray Disc Format General [online]. general\_bluraydiscformat-12834.pdf [viitattu 13.4.2007]. Saatavissa: <http://www.blu-raydisc.com/Section-13470/Section-13628/Index.html>

## LIITTEET

## EFMPlus muuntotaulukko

## LIITE 1/1

8-bit byte	State 1			State 2			State 3			State 4		
	Code Word		Next	Code Word		Next	Code Word		Next	Code Word		Next
	msb	lsb	State	msb	lsb	State	msb	lsb	State	msb	lsb	State
0	001000000001001	1	010000100100000	2	001000000001001	1	010000100100000	2				
1	001000000010010	1	001000000010010	1	100000100100000	3	100000100100000	3				
2	001000010010000	2	001000010010000	2	100000000010010	1	100000000010010	1				
3	001000001001000	2	010001001000000	4	001000001001000	2	010001001000000	4				
4	001000001001000	2	001000001001000	2	100000010010000	2	100000010010000	2				
5	001000000100100	2	001000000100100	2	100100100000000	4	100100100000000	4				
6	001000000100100	3	001000000100100	3	100010010000000	4	100010010000000	4				
7	001000001001000	3	010000000010010	1	001000001001000	3	010000000010010	1				
8	001000001001000	3	001000001001000	3	100001001000000	4	100001001000000	4				
9	001000010010000	3	001000010010000	3	100100100000001	1	100100100000001	1				
10	001001001000000	4	001001001000000	4	100010010000001	1	100010010000001	1				
11	001000100100000	4	001000100100000	4	100000010010000	3	100000010010000	3				
12	001001001000001	1	001001001000001	1	100000010010000	2	100000010010000	2				
13	001000100100001	1	001000100100001	1	100001001000001	1	100001001000001	1				
14	001000001001001	1	010000000010010	3	001000001001001	1	010000000010010	3				
15	001000010010001	1	001000010010001	1	100000100100001	1	100000100100001	1				
16	001000001001001	1	001000001001001	1	100000010010001	1	100000010010001	1				
17	001000000100010	1	001000000100010	1	100000100100000	4	100000100100000	4				
18	000100000001001	1	010000001001000	2	000100000001001	1	010000001001000	2				
19	001000000010001	1	001000000010001	1	100100010000000	4	100100010000000	4				
20	0001000000010010	1	0001000000010010	1	100010001000000	4	100010001000000	4				
21	000010000000010	1	000010000000010	1	100000010010001	1	100000010010001	1				
22	0000010000000001	1	0000010000000001	1	100000001001001	1	100000001001001	1				
23	001000100010000	2	001000100010000	2	100000001001000	2	100000001001000	2				
24	001000010001000	2	001000010001000	2	100000001001000	3	100000001001000	3				
25	001000001000100	2	010000000010010	2	001000001000100	2	010000000010010	2				
26	001000000100010	2	001000000100010	2	1000000000100010	1	1000000000100010	1				
27	000100010010000	2	000100010010000	2	100000000010001	1	100000000010001	1				
28	001000000001000	2	010000001001000	3	001000000001000	2	010000001001000	3				
29	000100001001000	2	000100001001000	2	1001001000000010	1	1001001000000010	1				
30	000100000100100	2	010000010010000	3	000100000100100	2	010000010010000	3				
31	000100000010010	2	000100000010010	2	100100010000001	1	100100010000001	1				
32	000100000000100	2	000100000000100	2	1000100100000010	1	1000100100000010	1				
33	000100000000100	3	000100000000100	3	100010001000001	1	100010001000001	1				
34	000100000010010	3	000100000010010	3	100000000010010	2	100000000010010	2				
35	000100000100100	3	010000100100000	4	000100000100100	3	010000100100000	4				
36	000100001001000	3	000100001001000	3	100000000100100	3	100000000100100	3				
37	000100010010000	3	000100010010000	3	100001000100000	4	100001000100000	4				
38	001000000001000	3	010010010000001	1	001000000001000	3	010010010000001	1				
39	001000000100010	3	001000000100010	3	100100001000000	4	100100001000000	4				
40	001000001000100	3	010001001000001	1	001000001000100	3	010001001000001	1				
41	001000010001000	3	001000010001000	3	1000010010000010	1	1000010010000010	1				
42	001000100010000	3	001000100010000	3	100000100010000	2	100000100010000	2				
43	001001000100000	4	001001000100000	4	100001000100001	1	100001000100001	1				
44	000100100100000	4	000100100100000	4	100000100010000	3	100000100010000	3				
45	0000001000000001	1	010001000100000	4	1000001001000010	1	010001000100000	4				

8-bit byte	State 1			State 2			State 3			State 4		
	Code Word		Next	Code Word		Next	Code Word		Next	Code Word		Next
	msb	lsb	State	msb	lsb	State	msb	lsb	State	msb	lsb	State
46	0010010010000010	1	0010010010000010	1	1000001000100001	1	1000001000100001	1				
47	0010000010001001	1	0100001001000001	1	0010000010001001	1	0100001001000001	1				
48	0010010001000001	1	0010010001000001	1	1000000100010000	2	1000000100010000	2				
49	0010001001000010	1	0010001001000010	1	1000000010001000	2	1000000010001000	2				
50	0010001000100001	1	0010001000100001	1	1000000010001000	3	1000000010001000	3				
51	0001000001001001	1	0100000100100001	1	0001000001001001	1	0100000100100001	1				
52	00100000100100010	1	00100000100100010	1	10000000100100010	1	10000000100100010	1				
53	00100000100010001	1	00100000100010001	1	10000000100010001	1	10000000100010001	1				
54	0010000010010010	1	0010000010010010	1	1000000010010010	1	1000000010010010	1				
55	0010000001000010	1	0010000001000010	1	1000000010001001	1	1000000010001001	1				
56	0010000000100001	1	0010000000100001	1	1000000001000010	1	1000000001000010	1				
57	0000100000001001	1	0100000010010001	1	0000100000001001	1	0100000010010001	1				
58	0001001001000001	1	0001001001000001	1	1000000000100001	1	1000000000100001	1				
59	0001000100100001	1	0001000100100001	1	0100000001001001	1	0100000001001001	1				
60	0001000010010001	1	0001000010010001	1	10010010000010010	1	10010010000010010	1				
61	0001000000100010	1	0001000000100010	1	10010010000001001	1	10010010000001001	1				
62	0001000000010001	1	0001000000010001	1	1001000100000010	1	1001000100000010	1				
63	00001000000010010	1	00001000000010010	1	1000000001000100	2	1000000001000100	2				
64	0000010000000010	1	0000010000000010	1	0100000001001000	2	0100000001001000	2				
65	0010010000100000	2	0010010000100000	2	1000010000100000	2	1000010000100000	2				
66	0010001000010000	2	0010001000010000	2	1000001000010000	2	1000001000010000	2				
67	0010000100001000	2	0100000000100010	1	0010000100001000	2	0100000000100010	1				
68	0010000010000100	2	0010000010000100	2	1000000100001000	2	1000000100001000	2				
69	0010000000010000	2	0010000000010000	2	1000000010000100	2	1000000010000100	2				
70	0001000010001000	2	0100001000100000	2	0001000010001000	2	0100001000100000	2				
71	0001001000100000	2	0001001000100000	2	0100000010001000	2	0100000010001000	2				
72	0001000000001000	2	0100000100001000	2	0001000000001000	2	0100000100001000	2				
73	0001000100010000	2	0001000100010000	2	1000000001000100	3	1000000001000100	3				
74	0001000001000100	2	0001000001000100	2	0100000001001000	3	0100000001001000	3				
75	0000100100100000	2	0000100100100000	2	1000010000100000	3	1000010000100000	3				
76	0000100010010000	2	0000100010010000	2	1000001000001000	3	1000001000001000	3				
77	0000100001001000	2	0100000001000100	2	0000100001001000	2	0100000001000100	2				
78	0000100000100100	2	0000100000100100	2	1000000100001000	3	1000000100001000	3				
79	0000100000000100	2	0000100000000100	2	1000000010000100	3	1000000010000100	3				
80	00001000000000100	3	00001000000000100	3	0100000010001000	3	0100000010001000	3				
81	0000100000100100	3	0000100000100100	3	1000100001000000	4	1000100001000000	4				
82	0000100001001000	3	0100000001000100	3	0000100001001000	3	0100000001000100	3				
83	0000100010010000	3	0000100010010000	3	1000000010001000	3	1000000010001000	3				
84	0000100100100000	3	0000100100100000	3	1001001001001000	2	1001001001001000	2				
85	0001000000001000	3	0100000100010000	3	0001000000001000	3	0100000100010000	3				
86	0001000001000100	3	0001000001000100	3	1001001000100100	2	1001001000100100	2				
87	0001000010001000	3	0100001000100000	3	0001000010001000	3	0100001000100000	3				
88	0001000100010000	3	0001000100010000	3	1001001001001000	3	1001001001001000	3				
89	0001001000100000	3	0001001000100000	3	1001000010000001	1	1001000010000001	1				
90	0010000000010000	3	0010000000010000	3	1000100100010010	1	1000100100010010	1				
91	0010000010000100	3	0010000010000100	3	10001001000001001	1	10001001000001001	1				
92	0010000100001000	3	0100000000010001	1	0010000100001000	3	0100000000010001	1				
93	0010001000010000	3	0010001000010000	3	1000100010000010	1	1000100010000010	1				
94	0010010000100000	3	0010010000100000	3	1000100001000001	1	1000100001000001	1				

8-bit byte	State 1			State 2			State 3			State 4		
	Code Word		Next	Code Word		Next	Code Word		Next	Code Word		Next
	msb	lsb	State	msb	lsb	State	msb	lsb	State	msb	lsb	State
95	0000001000000010	1	0100100100000010	1	1000010010010010	1	0100100100000010	1				
96	0000000100000001	1	0100100010000001	1	1000010010001001	1	0100100010000001	1				
97	0010010010001001	1	0100010000100000	2	0010010010001001	1	0100010000100000	2				
98	0010010010010010	1	0010010010010010	1	1001001000000100	2	1001001000000100	2				
99	0010010001000010	1	0010010001000010	1	1001001000100100	3	1001001000100100	3				
100	0010010000100001	1	0010010000100001	1	1000010001000010	1	1000010001000010	1				
101	0010001001001001	1	0100010010000010	1	0010001001001001	1	0100010010000010	1				
102	0010001000100010	1	0010001000100010	1	1000010000100001	1	1000010000100001	1				
103	0010001000010001	1	0010001000010001	1	1000001001001001	1	1000001001001001	1				
104	0010000100010010	1	0010000100010010	1	1000001000100010	1	1000001000100010	1				
105	0010000010000010	1	0010000010000010	1	1000001000010001	1	1000001000010001	1				
106	0010000100001001	1	0100001000010000	2	0010000100001001	1	0100001000010000	2				
107	0010000001000001	1	0010000001000001	1	1000000100010010	1	1000000100010010	1				
108	0001001001000010	1	0001001001000010	1	1000000100001001	1	1000000100001001	1				
109	0001001000100001	1	0001001000100001	1	1000000010000010	1	1000000010000010	1				
110	0001000100100010	1	0001000100100010	1	1000000001000001	1	1000000001000001	1				
111	0001000100010001	1	0001000100010001	1	0100000010001001	1	0100000010001001	1				
112	0001000010010010	1	0001000010010010	1	1001001001001001	1	1001001001001001	1				
113	0001000001000010	1	0001000001000010	1	1001001000100010	1	1001001000100010	1				
114	0001000010001001	1	0100010000100000	3	0001000010001001	1	0100010000100000	3				
115	0001000000100001	1	0001000000100001	1	1001001000010001	1	1001001000010001	1				
116	0000100100100001	1	0000100100100001	1	1001000100010010	1	1001000100010010	1				
117	0000100010010001	1	0000100010010001	1	1001000100001001	1	1001000100001001	1				
118	0000100001001001	1	0100010001000001	1	0000100001001001	1	0100010001000001	1				
119	0000100000100010	1	0000100000100010	1	1000100100100100	2	1000100100100100	2				
120	0000100000010001	1	0000100000010001	1	1000100100000100	2	1000100100000100	2				
121	0000010000001001	1	0100001001000010	1	0000010000001001	1	0100001001000010	1				
122	0000010000010010	1	0000010000010010	1	1000100000100000	2	1000100000100000	2				
123	0010010010000100	2	0010010010000100	2	1000010010000100	2	1000010010000100	2				
124	0010010000010000	2	0010010000010000	2	1000010000010000	2	1000010000010000	2				
125	0010001000001000	2	0100001000100001	1	0010001000001000	2	0100001000100001	1				
126	0010001001000100	2	0010001001000100	2	1000001001000100	2	1000001001000100	2				
127	0001000100001000	2	0100000100100010	1	0001000100001000	2	0100000100100010	1				
128	0010000100100100	2	0010000100100100	2	1000001000001000	2	1000001000001000	2				
129	0000100010001000	2	0100000100010001	1	0000100010001000	2	0100000100010001	1				
130	0010000100000100	2	0010000100000100	2	1000000100100100	2	1000000100100100	2				
131	0010000000100000	2	0010000000100000	2	1001001000000100	3	1001001000000100	3				
132	0001001000010000	2	0001001000010000	2	1000100100100100	3	1000100100100100	3				
133	0000100000001000	2	0100000010010010	1	0000100000001000	2	0100000010010010	1				
134	0001000010000100	2	0001000010000100	2	1000100000100000	3	1000100000100000	3				
135	0001000000010000	2	0001000000010000	2	1000010010000100	3	1000010010000100	3				
136	0000100100010000	2	0000100100010000	2	1000010000010000	3	1000010000010000	3				
137	0000100001000100	2	0000100001000100	2	1000001001000100	3	1000001001000100	3				
138	0000010001001000	2	0100000001000010	1	0000010001001000	2	0100000001000010	1				
139	0000010010010000	2	0000010010010000	2	1000001000001000	3	1000001000001000	3				
140	0000010000100100	2	0000010000100100	2	1001000010000010	1	1001000010000010	1				
141	0000010000000100	2	0000010000000100	2	1000000100000100	2	1000000100000100	2				
142	0000010000000100	3	0000010000000100	3	1000000100100100	3	1000000100100100	3				
143	0000010000100100	3	0000010000100100	3	1000000100000100	3	1000000100000100	3				

8-bit byte	State 1			State 2			State 3			State 4		
	Code Word		Next	Code Word		Next	Code Word		Next	Code Word		Next
	msb	lsb	State	msb	lsb	State	msb	lsb	State	msb	lsb	State
144	0000010001001000	3	0100000010000100	2	0000010001001000	3	0100000010000100	2				
145	0000010010010000	3	0000010010010000	3	1001000001000000	4	1001000001000000	4				
146	0000100000001000	3	010000000010000	2	0000100000001000	3	010000000010000	2				
147	0000100001000100	3	0000100001000100	3	1000000000100000	2	1000000000100000	2				
148	0000100010001000	3	0100000010000100	3	0000100010001000	3	0100000010000100	3				
149	0000100100010000	3	0000100100010000	3	1000000000100000	3	1000000000100000	3				
150	0001000000010000	3	0001000000010000	3	0100000100001000	3	0100000100001000	3				
151	0001000010000100	3	0001000010000100	3	1000000001000000	4	1000000001000000	4				
152	0001000100001000	3	0100001000010000	3	0001000100001000	3	0100001000010000	3				
153	0001001000010000	3	0001001000010000	3	1001000001000001	1	1001000001000001	1				
154	0010000000100000	3	0010000000100000	3	0100000100001000	2	0100000100001000	2				
155	0010000100000100	3	0010000100000100	3	1001000100100100	3	1001000100100100	3				
156	0010000100100100	3	0010000100100100	3	1000100100100010	1	1000100100100010	1				
157	0010001000001000	3	0100000000100001	1	0010001000001000	3	0100000000100001	1				
158	0010001001000100	3	0010001001000100	3	1000100100000100	3	0100100100000000	4				
159	0010010000010000	3	0010010000010000	3	1001001001000100	2	1001001001000100	2				
160	0010010010000100	3	0010010010000100	3	1001001000001000	2	1001001000001000	2				
161	0000001000010010	1	010000000010000	3	1000100100010001	1	010000000010000	3				
162	0000001000001001	1	0100100100100100	2	1000100010010010	1	0100100100100100	2				
163	0000000100000010	1	0100100100100100	3	1000100010001001	1	0100100100100100	3				
164	0000000010000001	1	01001001000010010	1	1000100001000010	1	01001001000010010	1				
165	0010010010010001	1	0010010010010001	1	1001000100100100	2	1001000100100100	2				
166	0010010000100010	1	0010010000100010	1	1001000100000100	2	1001000100000100	2				
167	0010010001001001	1	0100100100000100	2	0010010001001001	1	0100100100000100	2				
168	0010010000010001	1	0010010000010001	1	1001001001000100	3	1001001001000100	3				
169	0010001000010010	1	0010001000010010	1	1000100000100001	1	1000100000100001	1				
170	0010000100000010	1	0010000100000010	1	1000010010010001	1	1000010010010001	1				
171	0010001000001001	1	0100100000100000	3	0010001000001001	1	0100100000100000	3				
172	0010000010000001	1	0010000010000001	1	1000010001001001	1	1000010001001001	1				
173	0001001000100010	1	0001001000100010	1	1000010000100010	1	1000010000100010	1				
174	0001001000010001	1	0001001000010001	1	1000010000010001	1	1000010000010001	1				
175	0001000100010010	1	0001000100010010	1	1000001000010010	1	1000001000010010	1				
176	0001000010000010	1	0001000010000010	1	1000001000001001	1	1000001000001001	1				
177	0001001001001001	1	0100100010000010	1	0001001001001001	1	0100100010000010	1				
178	0001000001000001	1	0001000001000001	1	1000000100000010	1	1000000100000010	1				
179	0000100100100010	1	0000100100100010	1	1000000010000001	1	1000000010000001	1				
180	0000100100010001	1	0000100100010001	1	0100100100001001	1	0100100100001001	1				
181	0001000100001001	1	0100100000100000	2	0001000100001001	1	0100100000100000	2				
182	0000100010010010	1	0000100010010010	1	0100010010001001	1	0100010010001001	1				
183	0000100001000010	1	0000100001000010	1	0100001001001001	1	0100001001001001	1				
184	0000100010001001	1	0100010010000100	3	0000100010001001	1	0100010010000100	3				
185	0000100000100001	1	0000100000100001	1	1001000000100000	2	1001000000100000	2				
186	0000010010010001	1	0000010010010001	1	1000100100001000	2	1000100100001000	2				
187	0000010000100010	1	0000010000100010	1	1000100010000100	2	1000100010000100	2				
188	0000010001001001	1	0100100001000001	1	0000010001001001	1	0100100001000001	1				
189	0000010000010001	1	0000010000010001	1	1000100000010000	2	1000100000010000	2				
190	0000001001001000	2	0100010010000100	2	1000010010001000	2	0100010010000100	2				
191	00000010000100100	2	01000010000010000	2	1000010001000100	2	01000010000010000	2				
192	0000001000000100	2	0100001001000100	2	1000010000001000	2	0100001001000100	2				



8-bit byte	State 1			State 2			State 3			State 4		
	Code Word		Next	Code Word		Next	Code Word		Next	Code Word		Next
	msb	lsb	State	msb	lsb	State	msb	lsb	State	msb	lsb	State
193	0010010010001000	2	0100010000010000	3	0010010010001000	2	0100010000010000	3				
194	0010010001000100	2	0010010001000100	2	1000001001001000	2	1000001001001000	2				
195	0010010000001000	2	0100010010010010	1	0010010000001000	2	0100010010010010	1				
196	0010001000100100	2	0010001000100100	2	1000001000100100	2	1000001000100100	2				
197	00100010000000100	2	00100010000000100	2	10000010000000100	2	10000010000000100	2				
198	0010001001001000	2	0100010001000010	1	0010001001001000	2	0100010001000010	1				
199	0001001001000100	2	0001001001000100	2	0100001000001000	2	0100001000001000	2				
200	0001000100100100	2	0001000100100100	2	1001000000100000	3	1001000000100000	3				
201	00010001000000100	2	00010001000000100	2	1000100100001000	3	1000100100001000	3				
202	0001001000001000	2	0100010000100001	1	0001001000001000	2	0100010000100001	1				
203	0001000000100000	2	0001000000100000	2	1000100010000100	3	1000100010000100	3				
204	0000100010000100	2	0000100010000100	2	1000010010001000	3	1000010010001000	3				
205	0000100000001000	2	0000100000001000	2	10000100001000100	3	10000100001000100	3				
206	0000100100001000	2	0100001000100010	1	0000100100001000	2	0100001000100010	1				
207	0000010010001000	2	0100001000010001	1	0000010010001000	2	0100001000010001	1				
208	0000010001000100	2	0000010001000100	2	1000001000100100	3	1000001000100100	3				
209	0000010000001000	2	0100000100010010	1	0000010000001000	2	0100000100010010	1				
210	00000010000000100	3	0100000010000010	1	1000010000001000	3	0100000010000010	1				
211	0000001000100100	3	0100000100100100	2	1000001001001000	3	0100000100100100	2				
212	0000001001001000	3	0100000100000100	2	1000001000000100	3	0100000100000100	2				
213	0000010000001000	3	0100000001000001	1	0000010000001000	3	0100000001000001	1				
214	0000010001000100	3	0000010001000100	3	0100001000001000	3	0100001000001000	3				
215	0000010010001000	3	0100000000100000	2	0000010010001000	3	0100000000100000	2				
216	0000100000001000	3	0000100000001000	3	1001001000001000	3	1001001000001000	3				
217	0000100010000100	3	0000100010000100	3	1001000100000100	3	1001000100000100	3				
218	0000100100001000	3	0100000100000100	3	0000100100001000	3	0100000100000100	3				
219	0001000000100000	3	0001000000100000	3	0100000100001001	1	0100000100001001	1				
220	0001000100000100	3	0001000100000100	3	1001001000001000	2	1001001000001000	2				
221	0001000100100100	3	0001000100100100	3	1001000100001000	2	1001000100001000	2				
222	0001001000001000	3	0100000100100100	3	0001001000001000	3	0100000100100100	3				
223	0001001001000100	3	0001001001000100	3	1001001000001000	3	1001001000001000	3				
224	00100010000000100	3	00100010000000100	3	10001000000010000	3	10001000000010000	3				
225	0010001000100100	3	0010001000100100	3	1001001001000010	1	1001001001000010	1				
226	0010001001001000	3	0100001001000100	3	0010001001001000	3	0100001001000100	3				
227	0010010000001000	3	0100100100000100	3	0010010000001000	3	0100100100000100	3				
228	0010010001000100	3	0010010001000100	3	1001000100001000	3	1001000100001000	3				
229	0010010010001000	3	0100000000100000	3	0010010010001000	3	0100000000100000	3				
230	0010000001000000	4	0010000001000000	4	1001001000100001	1	1001001000100001	1				
231	0000001001001001	1	0100100100100010	1	1001000100100010	1	0100100100100010	1				
232	0000001000100010	1	0100100010000100	2	1001000100010001	1	0100100010000100	2				
233	0000001000010001	1	0100100000010000	2	1001000010010010	1	0100100000010000	2				
234	0000000100010010	1	0100000001000000	4	1001000010001001	1	0100000001000000	4				
235	0000000100001001	1	0100100100010001	1	1001000001000010	1	0100100100010001	1				
236	0000000010000010	1	0100100010010010	1	1001000000100001	1	0100100010010010	1				
237	0000000001000001	1	0100100001000010	1	1000100100100001	1	0100100001000010	1				
238	0010010000010010	1	0010010000010010	1	1000100010010001	1	0010010000010010	1				
239	0010001000000010	1	0010001000000010	1	1001000010000100	3	0010001000000010	3				
240	0010010000001001	1	0100100010000100	3	0010010000001001	1	0100100010000100	3				
241	0010000100000001	1	0010000100000001	1	1001000010000100	2	0010000100000001	2				

8-bit byte	State 1			State 2			State 3			State 4		
	Code Word		Next State	Code Word		Next State	Code Word		Next State	Code Word		Next State
	msb	lsb		msb	lsb		msb	lsb		msb	lsb	
242	0001001000010010	1	0001001000010010	1	1000000010000000	4	1000000010000000	4	1000000010000000	4		
243	0001000100000010	1	0001000100000010	1	1000100001001001	1	1000100001001001	1	1000100001001001	1		
244	0001001000001001	1	0100100000100001	1	0001001000001001	1	0100100000100001	1	0100100000100001	1		
245	0001000010000001	1	0001000010000001	1	1000100000100010	1	1000100000100010	1	1000100000100010	1		
246	0000100100010010	1	0000100100010010	1	1000100000010001	1	1000100000010001	1	1000100000010001	1		
247	0000100010000010	1	0000100010000010	1	10000100000010010	1	10000100000010010	1	10000100000010010	1		
248	0000100100001001	1	0100010010010001	1	0000100100001001	1	0100010010010001	1	0100010010010001	1		
249	0000100001000001	1	0000100001000001	1	1000010000001001	1	1000010000001001	1	1000010000001001	1		
250	0000010010010010	1	0000010010010010	1	1000001000000010	1	1000001000000010	1	1000001000000010	1		
251	0000010001000010	1	0000010001000010	1	1000000100000001	1	1000000100000001	1	1000000100000001	1		
252	0000010010001001	1	0100010000100010	1	0000010010001001	1	0100010000100010	1	0100010000100010	1		
253	0000010000100001	1	0000010000100001	1	0100100010001001	1	0100100010001001	1	0100100010001001	1		
254	0000001001000100	2	0100010000010001	1	1001000000010000	2	0100010000010001	1	0100010000010001	1		
255	0000001000001000	2	0100001000010010	1	1000100100010000	2	0100001000010010	1	0100001000010010	1		

LG BH100-soittimen ominaisuudet.

LIITE 2/1

Soitin tukee Blu-Ray- ja HD-DVD-formaatteja.

<b>Output Format</b>	
PAL up to 576i	Kyllä
PAL up to 1080p	Kyllä
<b>GUI/OSD</b>	
Initial Language	Regional option
Spatial Resolution	1080p, 1080i, 720p, 576i, 576p
<b>Disc &amp; AV Format</b>	
Blu-ray Disc	Kyllä
BD-R / BD-RE	-
HD DVD Disc	Kyllä
HD DVD-R / HD DVD-RW	-
Hybrid Disc	Kyllä
DVD(NTSC)	-
DVD(PAL)	Kyllä
DVD-R	Kyllä
DVD-RW(Video Mode)	Kyllä
DVD-RW(VR Mode)	-
DVD+R	Kyllä
DVD+RW(Video Mode)	Kyllä
DVD+RW(VR Mode)	-
DVD-RAM	-
DVD-Audio	-
Video CD / Super VCD	-
Audio CD	-
SACD	-
CD-R/CD-RW	-
Video Format	MPEG2, HP@ML

## LIITE 2/2

Video Format	MPEG4 AVC, HP@L4.1
Video Format	SMPTE VC1, AP@L3
Audio Format	LPCM
Audio Format	Dolby AC3 & DD +
Audio Format	DTS & DTS-HD
Audio Format	MPEG1/2 L2
Audio Format	MLP
Graphics/Subtitle Format	2bit/ 8bit Sub-picture
Graphics/Subtitle Format	Text-based Subtitle
Video DAC	27MHZ/8bit
NTSC/PAL Hz	60Hz / 50Hz
Audio DAC	96KHZ/24bit
S/N Ratio	100db
DD 2ch Down Mix	Kyllä
3D Surround Sound	-
DD 5.1 ch Decoding	Kyllä
Dolby Digital	Kyllä
Dolby True HD	Kyllä
DTS HD	Kyllä
DTS Support	Kyllä
DTS Decoding	Kyllä
Digital Audio Output	SPDIF & HDMI
<b>BD Playback Specification</b>	
Play/Stop	Kyllä
Marker	Set/Search
Resume	Kyllä
Scan(Forward/Reverse)	Forward/Reverse
Slow(Forward only)	Forward
Skip(Forward/Reverse)	Forward/Reverse
Pause	Kyllä
Repeat (Title/Chapter/A-B)	Kyllä

Search (Title, Chapter, Time)	Kyllä
Change (Audio, Subtitle, Angle)	Kyllä
Random	-
BD-J Object (Standard Profile)	Kyllä
BD-J Object (Full Profile)	-
Still Picture	PNG, JPEG, GIF
MHP-Like Interactivity	Kyllä
Simultaneous Playback of HD & SD Video Drip	Kyllä
Mixed Presentation of Dual Audio	Kyllä
<b>HD-DVD Specification</b>	
Play/Stop	Kyllä
Marker	Set/Search
Resume	Kyllä
Scan(Forward/Reverse)	Forward/Reverse
Slow(Forward only)	Forward
Skip(Forward/Reverse)	Forward/Reverse
Pause	Kyllä
Repeat (Title/Chapter/A-B)	Kyllä
Search (Title, Chapter, Time)	Kyllä
Change (Audio, Subtitle, Angle)	Kyllä
Random	-
Markup Language	-
Script Language	-
Still Picture	-
Animation	-
Browser-like Navigation	-
Simultaneous Playback of HD & SD Video	-
Mixed Presentation of Dual Audio	-
Streamed Playback (2nd Stream)	-
Downloaded Playback (2nd Stream)	-

Storage Management	-
<b>DVD / CD Playback Specification</b>	
Search (Title, Chapter, Time)	Kyllä
Change (Audio, Subtitle, Angle)	Kyllä
Slow(Forward/Reverse)	Kyllä
Marker (Set/Search)	Kyllä
Pause	Kyllä
Scan(Forward/Reverse)	Kyllä
Resume	Kyllä
Skip(Forward/Reverse)	Kyllä
Smooth Scan & Slow	-
Random Play	-
Repeat (Title/Chapter/A-B)	Kyllä
Program Play	-
# of P'grammable Track	-
Auto Play	-
Closed Caption	Kyllä
WMA	-
JPEG View	-
MP3 & WMA+JPEG	-
MP3 ID3 Tag Support	-
TVG & Clear Play	-
Progressive Scan	Kyllä
DivX Decoding	-
1080p Upscaling	-
1080i Upscaling	Kyllä
Screen Saver	Kyllä
Auto Power Off	-
Parental Lock	Kyllä
Initial logo	Kyllä
Black Level Adjustment	-

## LIITE 2/5

Last condition memory	-
Vocal On/Off	-
PIKA	-
HDMI-CEC	-
PBC On/Off	-
Speaker Out	2 ch, 5.1ch
5.1 Speaker Setting	Kyllä
DRC ON/OFF	Kyllä
<b>Front Panel</b>	
Display	FLD
F/P Color	Black
Power	Kyllä
Open/Close	Kyllä
Play/Pause	Kyllä
Stop	Kyllä
Resolution	Kyllä
USB / Multi Memory Slot	-
Skip(REV)	-
Skip(FRW)	-
<b>Video Out</b>	
Composite	Kyllä
Super Video	-
Component	Kyllä
HDMI	Kyllä (v1.2)
<b>Audio Out</b>	
Audio L/R	Kyllä
Coaxial	Kyllä
5.1 Ch Out	Kyllä
<b>Other</b>	
Ethernet	Kyllä (Service purpose only)

## LIITE 2/6

Scart	-
<b>Accessory</b>	
RCU Shuttle	-
RCU Brand	LG
AV RCA Cable	Kyllä (1.2m)
HDMI Cable	Kyllä (1.8m)
O/M Language	regional option
<b>Size and Weight</b>	
Box (WxHxD)	538 x 182 x 359mm
Stuffing Q'ty 20ft	768
Stuffing Q'ty 40ft	1 584
Dimension Set(WxHxD)	430 x 79 x 250mm
Weight Net(Kg)	4,1
Weight Gross(Kg)	5,9
Power	100~240V,50/60Hz



	<b>Blu-ray Disc</b>	<b>HD-DVD</b>
<b>Industry Support</b>	<p>Apple; Dell Inc.; Hewlett Packard Company*; Hitachi, Ltd.; LG Electronics Inc.; Mitsubishi Electric Corporation; Panasonic (Matsushita Electric); Pioneer Corporation; Royal Philips Electronics; Samsung Electronics Co., Ltd.; Sharp Corporation; Sony Corporation; TDK Corporation; Thomson; Twentieth Century Fox; and Walt Disney Pictures and Television, Warner Bros*</p> <p>**The Blu-ray Disc Association has over 170 members.</p> <p><i>*Supporting both formats</i></p>	<p>Toshiba, NEC*, Memory-Tech, Microsoft, Intel, Sanyo*, HP*</p> <p><i>*Supporting both formats</i></p>
<b>Studio support</b>	<p>Lions Gate, MGM, Paramount*, Sony Pictures Home Entertainment, Twentieth Century Fox, Walt Disney Pictures and Television, (including Walt Disney Home Entertainment, Hollywood Pictures Home Video, Touchstone Home Entertainment, Miramax Home Entertainment, Buena Vista Home Entertainment, Dimension Home Video and Disney DVD), Warner Bros. (including New Line Cinema and HBO Video) have publicly announced their support for the Blu-ray Disc format</p>	<p>Paramount Pictures*, Universal Pictures, Warner Bros. Studios (including New Line Cinema)*</p> <p><i>*Supporting both formats</i></p>
<b>Game support</b>	<p>EA, Vivendi Universal Games and PlayStation 3 (PS3 has an integrated Blu-ray Disc drive)</p>	<p>Microsoft Xbox 360 (peripheral add-on drive)</p>
<b>Music Support</b>	<p>Universal Music Group, Sony BMG, Eagle Rock Entertainment</p>	<p>None announced at this time</p>