

Jere Vaala

Hybrid Broadcast Broadband TV

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikka

Insinöörityö

28.2.2014

Tekijä Otsikko	Jere Vaala Hybrid Broadcast Broadband TV
Sivumäärä Aika	47 sivua + 1 liite 28.2.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tietoliikennetekniikka
Ohjaaja	yliopettaja Jouko Kurki
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutustua Hybrid Broadcast Broadband TV:een sekä TV:n nykytilaan ja tulevaisuuteen. Työ on tehty Metropolia Ammattikorkeakoululle.</p> <p>Media-alalla on menossa murros, joka pakottaa printtimedian ja TV-yhtiöt jatkuviin uudistuksiin. Mainosrahoitteinen TV on myös ongelmissa. Digitalisoituminen on tuonut laajakaistan perinteisten jakelutapojen rinnalle, mikä syö mainostuloja.</p> <p>Käyttöön tulossa oleva Hybrid Broadcast Broadband TV perustuu jo olemassa oleviin standardeihin. Se mahdollistaa Internetin käytön TV-lähetyksissä. Tulevaisuudessa HbbTV voi mahdollistaa kuluttajille erittäin monipuolisia palveluita, sekä sosiaalisen median sovelluksia. Lisäksi TV-yhtiöillä on käytössään aivan uudenlainen alusta mainostamiselle. HbbTV:llä on mahdollisuuksia nousta erittäin suosituksi niin kuluttajien kuin tuottajienkin keskuudessa.</p> <p>Ultra High Definition TV mahdollistaa TV-katselun lähempää kuvaruutua, jolloin katselukulma kasvaa. Tämä on välttämätön askel kohti todentuntuisempaa TV-elämystä. Tulevaisuuden suuntaus on kasvattaa televisiokuvaa ja erottelutarkkuutta entisestään.</p>	
Avainsanat	HbbTV, UHD TV, 3D-tekniikka

Author Title	Jere Vaala Hybrid Broadcast Broadband TV
Number of Pages Date	47 pages + 1 appendices 28 February 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Telecommunications Technology
Instructor	Jouko Kurki, Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to explore Hybrid Broadcast Broadband TV, current status and future of the broadcast television. The thesis was done at Metropolia University of Applied Sciences.</p> <p>Today media industry is going through a transition, which will force print media and TV companies to constant innovation. The commercial TV is also in trouble. Digitalisation has brought in distribution of media using broadband networks, which cuts down advertising revenue.</p> <p>The upcoming Hybrid Broadcast Broadband TV is based on existing standards. It combines broadband and TV broadcast. In the future, HbbTV can enable a very wide range of services as well as social media applications. In addition, the TV companies have access to a whole new kind of advertising platform. HbbTV has potential to become very popular for both consumers and service providers.</p> <p>Ultra High Definition TV enables TV viewing closer to the screen, which increases the viewing angle. This is a necessary step towards a more realistic TV experience. The future trend is to increase the size and resolution of the television image even further.</p>	
Keywords	HbbTV, UHDTV, 3D-technology

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Mediayhtiöiden nykytilanne ja rahoitus Suomessa	2
2.1	Rahoitus	2
2.2	TV-mainonta MTV Mediassa	4
2.2.1	Ohjelmaostaminen	4
2.2.2	Kohderyhmäkauppa	5
2.2.3	Ohjelmayhteistyö	6
2.3	Verkkomainonta MTV Mediassa	6
2.3.1	Mainostaminen Katsomo.fi-palvelussa	6
3	Hybrid Broadcast Broadband TV	7
3.1	Tilanne ennen HbbTV-standardia	7
3.2	HbbTV-standardi	8
3.3	HbbTV-järjestelmä	9
3.4	Päätelaiteohjelmisto	10
3.5	Selainspesifikaatiot	11
3.6	Sovellukset	12
3.7	HbbTV:n tulevaisuus	13
4	Ultra High Definition TV	15
4.1	Historia	15
4.2	Läsnäolon tunne	16
4.3	Todellisuuden tunne	18
4.4	Äänijärjestelmä	20
4.5	Standardi	20
5	3D TV -tekniikka	23
5.1	Stereonäkö osana 3D-tekniikkaa	23
5.2	Yleistä 3D-tekniikasta	24
5.3	Passiivinen 3D-tekniikka	25
5.3.1	Lineaarisen polarisaation käyttäminen 3D:ssä	25
5.3.2	Kiertopolarisaation käyttäminen 3D:ssä	26
5.4	Aktiivinen 3D-tekniikka	29

5.5	Head-Mounted Displays (HMDs)	30
5.6	Autostereoskopiaan perustuva 3D-tekniikka	31
5.6.1	Parallax barrier	31
5.6.2	Lenticular lens	33
5.7	3D-tuotantojakelu	34
6	3D-videon tuotantoprosessin kehittäminen	38
7	Yhteenveto	43
	Lähteet	44
	Liitteet	
	Liite 1. 3D tuotantoprosessi	

Lyhenteet

3D TV	HDTV televisio, jossa on 3d-ominaisuus.
AIT	Application Information Table, tarjoaa tiedot lähetettävästä informaatiosta.
CEA	Consumer Electronics Association, Yhdysvaltalainen kulutuselektronikan standardisoimisjärjestö.
CE-HTML	Extensible HyperText Markup Languageen perustuva standardi.
CSS	Cascading Style Sheet, erityisesti WWW-dokumenteille kehitetty tyylilojien laji.
cpd	cycles per degree, kulmaresoluution yksikkö. Käytetään kuvaamaan silmän erotelutarkkuutta.
DSM-CC	Digital Storage Media Command And Control.
DVB	Digital Video Broadcasting, digitaaliseen tiedonsiirtoon tarkoitettu standardi.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute, Eurooppalainen viitoa tavoittelematon telealan standardisoimisjärjestö.
fotoni	Valokvantti, yksi fotoni edustaa pienintä mahdollista "valon pilkahdusta".
HbbTV	Hybrid Broadcast Broadband TV, televisio, jossa TV-lähetykset pystyvät hyödyntämään Internetin sisältöä.
HDTV	High-definition television.
HTTP	HyperText Transfer Protocol, protokolla, jota käytetään tiedonsiirtoon Internetissä.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.

ITU	International Telecommunication Union.
MPEG2	Moving Picture Experts Group 2, mediaformaatti.
NHK	Nippon Hoso Kyokai, Japanin yleisradioyhtiö.
nm	Nanometri, yksi nanometri on metrin miljardisosa.
HDTV	High Definition TV, teräväpiirtotelevisio.
OIPF	Open IPTV Forum, voittoa tavoittelematon standardisoimisjärjestö.
PID	Packet Identifier, 13-bittinen yksilöllinen pakettitunniste.
PMT	Program Map Table.
SHV	Super Hi-Vision, termi, jota käytetään 7680 x 4320 resoluution yhteydessä.
Smart-TV	Televisio, jossa on Internet-yhteys.
UHDTV	Ultra High Definition TV, televisio, jonka resoluutio on joko 7680 x 4320, tai 3840 x 2160.

1 Johdanto

Televisio on ollut huiman kehityksen ja muutoksen kohteena viimeisen 10 vuoden aikana. Suurin syy tähän on TV-tekniikan kehittyminen. Merkittävin kehitysaskel oli analogisten lähetysten muuttuminen digitaalisiksi. Maanpäälliset digitaaliset TV-lähetykset alkoivat Suomessa Euroopan ensimmäisten maiden joukossa vuonna 2000. TV-lähetykset muuttuivat Suomessa kokonaan digitaalisiksi vuonna 2007 (Digital Video Broadcasting - Terrestrial, DVB-T). DVB-T2 -kehittyminen mahdollistaa HDTV-lähetykset, jotka ovat jo yleisiä. Kaikki Suomen television pääkanavat ovat tuoneet tarjolle teräväpiirtolähetykset. 3D-TV:n kehittymistä pidettiin läpimurtona TV-tekniikassa. Tällä hetkellä näyttää siltä, ettei 3D-TV tule laajamittaisesti yleistymään TV-lähetyksiin.

Samaan aikaan mediakenttä on vaikeuksissa. Internetin valtakausi alkoi 2000-luvulla ja pakottaa nykyisin printtimedian jatkuviin uudistuksiin. Uudistuksilta eivät välty TV-yhtiötkään, sillä Internet on viemässä osan niiden mainostuloista. Verkkomediaa on hyödynnettävä joka paikassa. HbbTV (Hybrid Broadcast Broadband TV) mahdollistaa Internet-sisällön tuomisen TV-lähetyksiin. Tämä mahdollistaa uudenlaisen mainostamisen ja sitä kautta mainostulot.

Suurempi televisiokuva on välttämätön askel kohti todenmukaisempaa TV-elämystä. Suurempi erottelutarkkuus mahdollistaa TV-katselun lähempää kuvaruutua, jolloin ohjelman seuraaminen on todentuntuisempaa. Tulevaisuuden suuntaus on kasvattaa resoluutiota. Tästä ovat esimerkkinä 4k- ja 8k-resoluutiot.

Tämän insinööriyön tarkoitus on ollut tarkastella nykyhetken sekä tulevaisuuden TV-tekniikoita. Lisäksi perehdytään mediayhtiöiden rahoitukseen ja nykytilanteeseen sekä uusiin tekijöihin ja kaupallisiin innovaatioihin, joilla tilannetta voitaisiin parantaa.

Työ on lähinnä tutkielmatyypinen insinööriyö. Työssä käytetty tiedonkeruumenetelmä on kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsauksen avulla perehdytään alan kirjallisuuteen sekä selvitetään, mitä tietoa aiheesta on julkaistu tähän mennessä. Kävin Suomilampi Oy:ssä pidettävässä seminaarissa, jonka aihe oli Sony 4K UHD. Paikalla oli tuotespecialisti Sony Europelta. Seminaarissa sain paremman kuvan työskentelystä 4K-ympäristössä

2 Mediatyhtiöiden nykytilanne ja rahoitus Suomessa

Media-alalla on menossa digitaalinen murros, joka on ajanut printtimedian ahdinkoon. Älypuhelimien ja tablettien yleistyessä digitaalisten sisältöjen ja palveluiden suosio kasvaa. Mainosrahoitteinen TV on myös ongelmassa. Digitalisoituminen on tuonut laajakaistan perinteisten jakelutapojen rinnalle, mikä syö mainostuloja. Mediakonserni Sanoma lopettaa nykymuotoiset TV-uutislähetysensä. MTV Media supistaa uutis- ja ajankohtaistuotantoaan. Tampereen yliopiston viestinnän, median ja teatterin yksikön johtaja, dosentti Heikki Hellmanin mukaan kaupalliset televisiokanavat ovat jopa syvemmissä kriisissä kuin sanomalehdet. Hellmanin mukaan mainosrahoitteisia kanavia ja maksukanavia saattaa olla liian monta Suomen markkinoille. [1.]

Mediakonserni Sanoman tulos heinä-syyskuussa ennen veroja oli 255 miljoonaa euroa tappiolla. Yhtiön liikevaihto oli 568 miljoonaa euroa. Tappioita selittää noin 270 miljoonan euron arvon alentuminen Hollannin toiminnoissa. Sanoma aikoo karsia 32 aikakauslehteä Hollannissa, jolloin jäljelle jää 17. Vuosi sitten yhtiö oli 49 miljoonaa euroa voitolla. [2.] Nykymuotoiset Nelosen TV-uutiset lakkautetaan ja tilalle suunnitellaan uutta konseptia, joka suunnataan nettiin. Tämä kuvastaa mediakentän rajua muutosta. [3.]

2.1 Rahoitus

Mediatyhtiöiden toiminta voidaan rahoittaa eri menetelmiä käyttäen. Eri mediatyhtiöt toimivat kuitenkin samalla kentällä ja kilpailevat usein samojen yleisöjen ajasta ja huomiosta. Suomessa julkinen palvelu, kuten YLE rahoitetaan yksinomaan julkisin varoin. [4.] Kaupalliset TV-kanavat, kuten nelonen ja MTV Media rahoittavat toimintansa kokonaisuudessaan mainostuloilla [5].

Vuoden 2013 alusta alkaen Ylen toiminta TV:ssä, radiossa ja verkossa on rahoitettu Yle-verolla. Toimintaan kuuluu 4 TV-kanavaa, 6 radiokanavaa ja verkkopalvelu. Yle-vero on henkilönkohtainen, suuruudeltaan 0-140 euroa vuodessa tulotasosta riippuen. Myös yritykset maksavat Yle-veroa verotettavan tulon mukaan. 140 euron kokonaissummalla rahoitetaan Ylen sisältötuotantoa taulukon 1 mukaisesti. [4.]

Taulukko 1. Ylen sisällöntuotanto [4].

Sisällöntuotanto	€
Radiomusiikki	7,50
Lasten sisältö	6,80
Kautta maan välitettävät RSO:n konsertit	3,83
Opetus- ja tiedeohjelmat	2,52
Kotimainen draama	16,24
Ulkomainen draama, sarjat ja elokuvat	3,37
Viihde	7,60
Kotimainen ja kansainvälinen urheilu	18,70
Uutiset TV:ssä, radiossa ja verkossa	24,80

Ylen kustannusrakenne on esitetty kuvassa 1, sisällöt ja palvelut on esitetty kuvassa 2 [4].



Kuva 1. Ylen kustannusrakenne vuonna 2012. Yht. 453 milj. euroa [4].



Kuva 2. Ylen sisällöt ja palvelut vuonna 2012. Yht. 305 milj. euroa [4].

2.2 TV-mainonta MTV Mediassa

Esimerkkinä kaupallisesta TV-kanavasta käytetään johtavaa kanavaa MTV Mediaa. Keskimäärin 2,9 miljoonaa katsojaa seuraa päivittäin MTV Median kanavia. Yleisin TV-mainonnan muoto on ohjelmien välissä olevat mainoskatkot. Mainoskatkoilta on mahdollista ostaa mainosaikaa ohjelmaostamisella, kohderyhmäkaupalla, tai näitä ostotapoja yhdistämällä. [6.]

2.2.1 Ohjelmaostaminen

Ohjelmaostamisessa voidaan määrittää, minkä ohjelmien mainoskatkoilla TV-mainos esitetään. Mainoksia voidaan esittää joko alueellisesti tai valtakunnallisesti. Ohjelmaostaminen valitaan, kun halutaan tiettyjen ohjelmien tukevan mainostettavan tuotteen brändiä. Ohjelmat, esitysten lukumäärä ja esityspäivät ovat etukäteen sovittuja. Mainoksen maksimipituus on 30 sekunttia. Saman mainoskatkon aikana esitetyn, niin kutsutun katkomainoksen yhteenlaskettu maksimipituus on 45 sekunttia. Katkomainos tarkoittaa enintään kolmiosaista mainosta, joka esitetään saman mainoskatkon aikana. [7; 8; 9.]

Mainoksen hinta määräytyy ohjelman, kausi-indeksin ja mainostettavan alueen mukaan. Jokaisella ohjelmalla on yksilöllinen hinta, joka perustuu ohjelman katsojamäärään ja esitysaikaan. Aluemainonnassa ohjelmakohtainen 30 sekunnin bruttohinta kerrotaan alueellisella hinnoittelukertoimella. Alueelliset hinnoittelukertoimet ovat esitetty taulukossa 2. [7; 8; 9.]

Taulukko 2. Alueelliset hinnoittelukertoimet [9].

Alue	Lyhenne	Hinnoittelukerroin
Uusimaa	He	41,0 %
Pirkanmaa	TA	13,0 %
Varsinais-Suomi	TU	11,5 %
Päijät-Häme	LA	9,5 %
Kymenlaakso	KK	7,0 %
Keski-Suomi	JY	7,0 %
Oulu	OU	9,5 %
Kainuu	KA	5 %
Pohjois-Savo	KU	8,5 %
Pohjois-Karjala	JO	6,5 %
Pohjanmaa	VS	9,0 %
Keski-Pohjanmaa	KP	6,0 %
Etelä-Savo	MS	6,0 %
Etelä-Karjala	LR	6,0 %
Satakunta	PO	5,5 %
Lappi	RO	4,5 %
Kemi-Tornio	KT	4,0 %

2.2.2 Kohderyhmäkauppa

Kohderyhmäkaupassa mainos sijoitetaan halutun kohderyhmän tavoitaviin ohjelmiin. Tällöin tarkkoja esitysaikoja ei pystytä määrittelemään etukäteen. Kohderyhmänä voi olla esimerkiksi 25-44-vuotiaat naiset, tai miehet. Lisäksi MTV Median eri kanavilla on valikoimassa erilaisia kohderyhmiä. [7; 10.]

2.2.3 Ohjelmayhteistyö

Ohjelmayhteistyön tavoitteena on kasvattaa mainostajan brändin tunnettavuutta ohjelman yhteydessä. Sitä hyödynnetään TV:ssä, netissä ja radiossa, jolloin mainostajan tuotemerkki näkyy toistuvasti valitulle kohderyhmälle. Ohjelmayhteistyön elementtejä ovat tunnisteet ohjelman alussa, katkoilla ja lopussa sekä ohjelmaa markkinoivien trailereiden yhteydessä. [11.]

Ohjelmayhteistyö sisältää usein tuotesijoittelua, tai jotain muuta sisältöyhteistyötä. Esimerkkinä tästä on Iron Gymin kuntoilutuotteiden esittely ja niillä treenaaminen Julkkis Big Brother -talossa keskiviikkona 4.9.2013. Samaan aikaan asiasta kerrottiin Twitterissä, Facebookissa ja Big Brotherin verkkosivuilla. [12.]

2.3 Verkkomainonta MTV Mediassa

Verkkomainostaja voi valita display-mainonnan (Mtv3.fi, Sub.fi ja Avatv.fi -verkkosivut), videomainonnan (Katsomo-videopalvelu) ja mobiilimainonnan (Mtv3.mobi, m.katsomo, Mtv3 Juuri nyt -uutissovellus ja Second Screen -aplikaatiot) väliltä. Myös verkkomainonnassa on mahdollista esittää mainoksia alueellisesti. [13.]

2.3.1 Mainostaminen Katsomo.fi-palvelussa

Katsomon mainokset näkyvät päätelaitteesta riippumatta tietokoneilla, mobiililaitteilla ja tableteilla. Mainostaja voi valita kelluvan mainonnan, kohderyhmäkaupan, sisältökohdennuksen ja ohjelmaostamisen välillä. Kelluvassa mainonnassa videomainos sijoitetaan siten, että mainostaja ei tiedä etukäteen sen sijaintia Katsomo-palvelussa. [14.]

Kohderyhmäkaupassa vaihtoehdot ovat miehet, naiset, alle 25-vuotiaat, 25-44-vuotiaat miehet, 25-44-vuotiaat naiset ja yli 45-vuotiaat. Kohderyhmäkaupan tekninen toteutus perustuu käyttäjien aiemman selaushistorian reaaliaikaiseen analysointiin ja peilaamiseen otostutkimuksen kautta saatuihin käyttäjädemografioihin. Tällä tavoin on mahdollista löytää oikea kohderyhmä halutulle mainokselle. Tämän lisäksi mainokset voidaan kohdentaa eri sisältökokonaisuuksien mukaan esimerkiksi uutisten, urheilun tai viihteen yhteyteen. [14.]

Mainosten sijoittelu vaihtelee videosisällön pituuden mukaan. Alle 7 minuutin videosisällöissä esitetään yksi mainos ennen videota. Koko TV-ohjelman pituisissa videoissa on useampia mainoksia, kuten kuvassa 3. [14.]



Kuva 3. Mainosten sijoittelu Katsomo.fi -palvelussa [14].

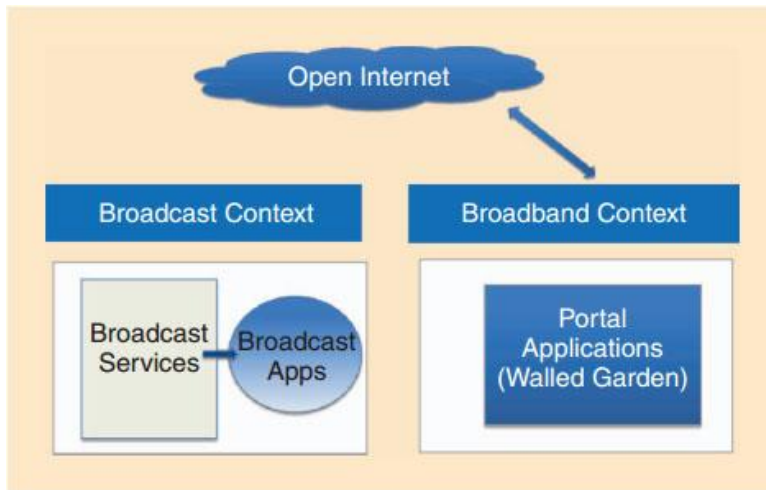
3 Hybrid Broadcast Broadband TV

3.1 Tilanne ennen HbbTV-standardia

Hybrid Broadcast Broadband TV (HbbTV) yhdistää nimensä mukaisesti TV-lähetyksen ja laajakaistan tuomalla netti-TV:n ominaisuudet katsojalle. Televisiot, joissa on Internet-yhteys (Smart-TV) ovat olleet muodissa jo jonkin aikaa. Niissä on sekä TV-vastaanottimen että laajakaistavastaanottimen ominaisuudet. Nämä toiminnot on esitetty kuvassa 4. Internet ja TV-lähetykset ovat erillisiä osia, jotka sulkevat toisensa pois. TV-lähetykset eivät pysty hyödyntämään television Internet-yhteyttä lainkaan, jolloin katsojan vastaanottama elämys ei ole optimaalinen. [15; 16.]

Erityisesti televisioiden Internet-puoli on kaukana toimivasta kokonaisuudesta. Sovellukset ja palvelut on pyritty kääntämään nopeasti PC- ja mobiilipuolelta yhteensopivaksi televisioiden kanssa. Jokainen laitevalmistaja joutuu kehittämään omat sovelluksensa, koska niillä on keskeään erilaiset selainprofiilit ja kauko-ohjainasetukset. Ei ole olemassa yhtenäistä standardia. Esimerkiksi Samsung Smart-TV ja Panasonic Viera joutuvat tekemään erilliset YouTube-sovellukset, jotka ovat yhteensopivia juuri heidän alustallaan. Uusien sovellusten kehittäminen ja integrointi omaan alustaan on kallista. Lisäksi sovellusten ylläpito ja päivittäminen vie

laitevalmistajien resursseja. Tästä syystä markkinoilla on ainoastaan rajoitettu määrä sovelluksia. Kuluttajalle jää tämä suppea valikoima sovelluksia (walled garden), ja laitevalmistajat menettävät lisätuloja sovelluksista, joiden kehittämiseen ei ole resursseja. Myös TV-yhtiöt ovat taloudellisesti uuden tilanteen edessä, koska laajakaistan tuomat sovellukset syövät kasvavassa määrin heidän mainostulojaan. [15;16.]

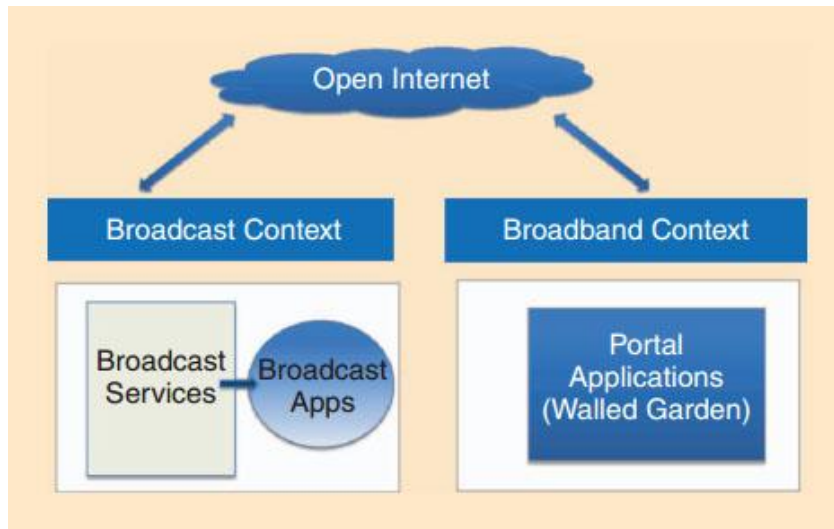


Kuva 4. Smart-TV [15]

Sovellusten ja TV-palveluiden yhdistäminen tasoittaa tilannetta. Esimerkiksi katsoessa matkailuohjelmaa, samaan aikaan voisi olla mahdollista käynnistää lennon varaussovellus esim. ebookers. [15; 16.]

3.2 HbbTV-standardi

Päällimmäiset motivaatiot Hybrid-TV:n (kuva 5) standardin kehittämiseen olivat tarve mahdollistaa yhtenäinen katselukokemus, sekä enemmän sovelluksia, jotka vaativat laitevalmistajilta vähemmän integraatiota, aikaa ja vaivaa ja jotka ovat yhteensopivia eri laitevalmistajien kanssa. Lisäksi tarve mahdollistaa laajakaistasovellukset, joita voidaan käyttää TV-palveluiden ja TV-lähetysten yhteydessä. [15; 16.]



Kuva 5. Hybrid-TV [15]

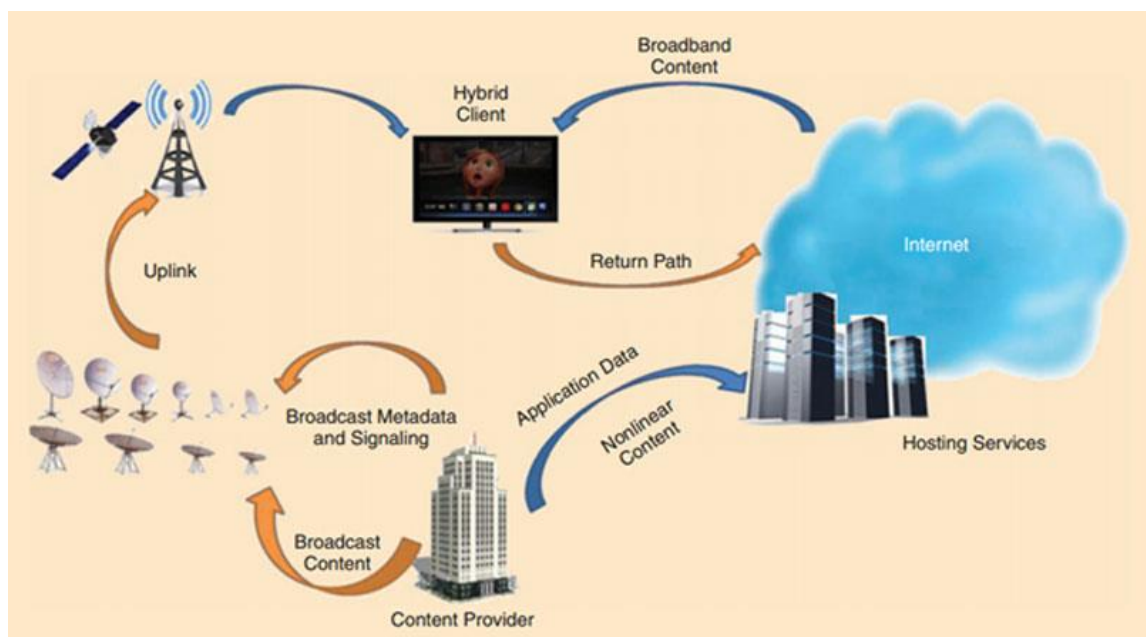
Marraskuussa 2012 julkaistiin ETSI (European Telecommunications Standards Institute) -standardi TS 102 796, joka määrittelee HbbTV:n [17]. HbbTV perustuu jo olemassa oleviin standardeihin, kuten DVB:hen (Digital Video Broadcasting), OIPF:ään (Open IPTV Forum) ja CEA-2014:sta (Consumer Electronics Hypertext Markup Language, CE-HTML). Standardin tarkoituksena on tarjota yhtenäinen Internet-pohjainen käyttöliittymä laajakaista- ja TV-sisällölle. HbbTV mahdollistaa interaktiivisille sovelluksille pääsyn sekä laajakaista- että TV-sisältöihin ja metadataan. Tällä tavoin pystytään rikastamaan televisiotarjontaa ja tarjoamaan muun muassa digitaalinen teksti-TV, interaktiivisia palveluja kuten video on demand (vod), (netflix, viaplay), catch up TV (TV-ohjelman jälkilähetys Internetissä), mahdollisuus äänestämiseen (erilaiset kilpailut kuten idols), pelejä, kohdennettua mainontaa ja sosiaalista verkostoitumista. HbbTV on käytössä, tai suunnitteilla seuraavissa maissa: Saksassa, Ranskassa, Espanjassa, Tanskassa, Suomessa, Islannissa, Norjassa, Ruotsissa, Turkissa ja Itävallassa. [15; 16.]

3.3 HbbTV-järjestelmä

HbbTV-järjestelmä sulautuu hyvin jo käytössä olevaan tekniikkaan. Lähetys- ja signaalintiprotokollana käytetään DVB:tä, johon on lisätty tarvittavat parametrit. HbbTV:n sovellukset ja niiden metadata voidaan lähettää käyttämällä DSM-CC-karusellia (Digital Storage Media Command And Control), joka on käytössä DVB:ssä.

Sovellusten signalointi tapahtuu DVB-signalointimekanismin kautta, johon lisätään sovelluksen informaatiotaulu, AIT (application information table). [15; 16.]

Sovellukset voidaan ylläpitää myös palveluntarjoajan pilvipalvelussa tai hostauspalvelussa, josta ne voidaan siirtää laajakaistan yli. Tässä tapauksessa sovelluksen informaatiotauluna toimii XML-tiedosto (Extensible Markup Language) MPEG2 Transport Stream formaatissa (ISO-13818), joka siirretään käyttämällä HTTP-protokollaa (Hypertext Transfer Protocol). Asiakkaan HbbTV-vastaanotin järjestää AIT:n, tunnistaa sovellustyyppin ja tekee päätöksen sen suorittamisesta. Kuvassa 6 on esitetty HbbTV-järjestelmä. TV-yhtiö lähettää ohjelmasisällön ja tarvittavat signalointitiedot siirtotielle käyttäen DVB:tä. Tämän lisäksi TV-yhtiö pystyy lähettämään ohjelmaan liittyviä tietoja Internetin kautta. Tiedot voivat olla esimerkiksi ohjelmatietoja digitaalista teksti-tv:tä varten, tai sovellustietoja mahdollisia mainoksia varten. [15; 16.]



Kuva 6. HbbTV-järjestelmä [15].

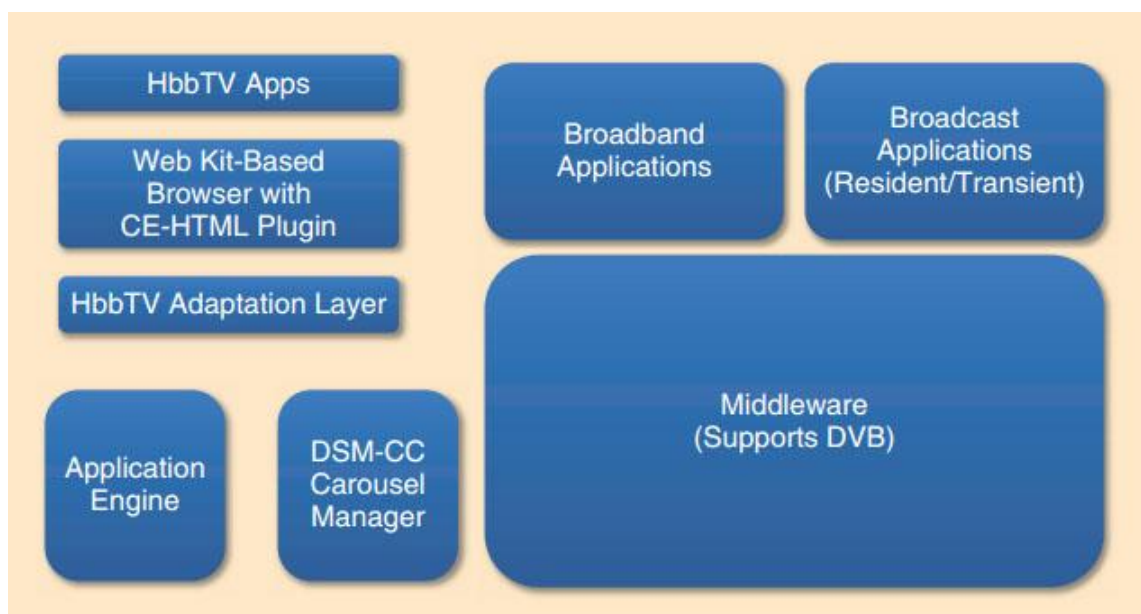
3.4 Pääteleiteohjelmisto

Isoimmat muutokset on jouduttu tekemään sovellustasolla. Sovellusten signaloinnin hoitaa väliohjelmisto (middleware). DVB-signaloinnin mukana lähetettävä Program Map Table (PMT) sisältää packet ID -tiedon (PID), joka näyttää, missä sovellusinformaatiotaulu (Application Information Table, AIT) sijaitsee. AIT:ssa on

informaatio kaikista sovelluksista, jotka ovat sallittuja kyseisessä palvelussa. Informaatiossa on esimerkiksi sovelluksen sijainti (URL) ja sovelluksen ID. [15; 16.]

Väliohjelmistoa on parannettu HbbTV:hen. Se joutuu käsittelemään uudenlaista informaatiota: sovellustyyppi, sovelluksen informaatiotaulu ja sovelluksen tunnistusmekanismi. Kuten edellä mainittiin AIT voi olla lähetetty joko osana DVB-standardia, tai laajakaistan yli XML-tiedostona MPEG2 TS -formaattissa. Kuvassa 7 on esitetty päätelaiteohjelmiston arkkitehtuuri. [15;16.]

TV-lähetysten järjestelmä on yksisuuntainen. Päätelaite ei pysty pyytämään informaatiota koskien lähetystä samalla tavalla kuten IP-laite voi halutessaan pyytää tiedostoa verkkopalvelimelta. Informaation lähettämiseen käytetään DSM-CC-karusellia. Televisijärjestelmä lähettää kaiken informaation säännöllisesti, jolloin päätelaite saa puuttuvan informaation. [15;16.]



Kuva 7. Päätelaiteohjelmiston arkkitehtuuri [15].

3.5 Selainspesifikaatiot

HbbTV:n sovellukset voidaan toistaa selaimessa, joka tukee Consumer Electronics HTML:ää (CE-HTML). CE-HTML on HTML-profiili. Sitä käytetään viihde-elektronikan laitteissa, jotka käyttävät CSS TV Profiilia 1.0 (Cascading Style Sheet) ja JavaScriptiä.

HTML:ää käytetään tekstin ja grafiikan näyttämiseen, CSS:ää muotoiluun (fontit, väripaletti, sijoittelu) ja JavaScriptiä ohjaamaan tapahtumia HTML-sivulla. [15; 16.]

Jos sovelluksen täytyy päästä käsiksi TV-lähetyksen tietoihin, kuten ohjelmaluetteloon tai ohjelmatietoihin. Se voi hyödyntää Open IPTV forumin määrittelemiä ohjelmointirajapintoja. HbbTV Adaptation Layerin tehtävä on hakea tämä tieto väliohjelmistolta (Middleware) ja toimittaa se OIPF-ohjelmointirajapinnalle (kuva 7). Ohjelmointirajapinnat on ryhmitelty seuraaviin luokkiin: sovelusten hallintaan, konfiguraatioon ja asetuksiin, sisällön lataukseen, suojausasetusten hallintaan, ajastettuun tallennukseen, metadataan ja lähetykseen. [15; 16.]

3.6 Sovellukset

TV-lähetykseen liittyvät sovellukset voivat käynnistyä automaattisesti, kun niihin linkitetty palvelu käynnistyy. Sovellukset jäävät taustalle, kunnes käyttäjä pyytää niitä etualalle kaukosäätimellä. Esimerkiksi osakekauppaan liittyvä sovellus voi olla taustalla ja kerätä uusinta informaatiota, kunnes käyttäjä haluaa sovelluksen etualalle. Osa sovelluksista käynnistyy ainoastaan käyttäjän pyynnöstä, esimerkiksi digitaalinen teksti-TV. [15; 16.]

Sovellukset voivat käynnistää myös toisia sovelluksia käyttämällä JavaScriptin komentoa *createApplication()* tai myös TV:n Internet-portaalista. Sovellukset voidaan pysäyttää käyttäjän toimesta. [15; 16.]

3.7 HbbTV:n tulevaisuus

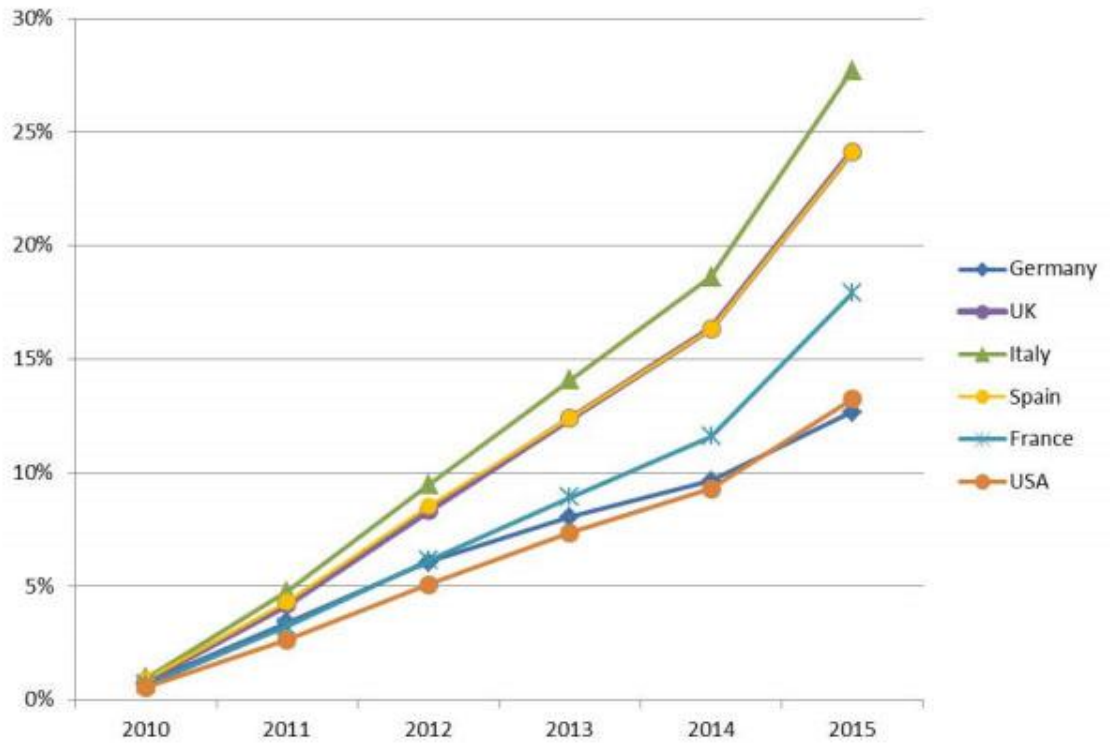
Kuvassa 8 on esitetty tämän hetken merkittävät Hybrid TV -teknologiat maailmalla.

Standard	Origin	Technology	Deployment/In Planning	Notes
MHP (1.3)	DVB	Java MicroEdition	Italy, United States (tru2way)	Open
GEM (1.3)		DVB, OCAP, ACAP, ARIB OIPF specifications DVB3D (stereoscopic 3-D)	South Korea, Japan	Middleware standard
MHEG-IC You View DBook	DTG, UK	HTTP, TCP-IP, UDP DVB, MHEG-5, HTML, FLASH	United Kingdom (FreeView, Freesat), New Zealand, Australia, Hong Kong	Extension of MHEG
HbbTV	Germany France EBU	CE-HTML, DVB, Open IPTV Forum MPEG-DASH (adaptive streaming)	Germany, France, Spain, The Netherlands, Denmark, Finland, Iceland, Norway Sweden, Ireland (replaced MHP), UK (FreeView), South Korea, Malaysia, Thailand, Singapore, Hong Kong, Eastern Europe	Can run on top of GEM or MHP Similar to MHEG-IC Support by DTG
Hybrid cast	Japan(NHK) Sony/NTT	Similar to MHP	N/A	

Kuva 8. Merkittävät Hybrid TV -teknologiat [15].

Tämänhetkinen HbbTV (versio 1.5) tukee Moving Picture Expert Group-Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (MPEG-DASH). Tämä tarkoittaa, että kaikki HbbTV:tä tukevat viihde-elektronikan laitteet pystyvät toistamaan samaa videota ja vuorovaikutteista sisältöä. MPEG-DASH on tekniikka, joka käyttää mukautuvaa streamausta. Tekniikka tunnistaa käytettävissä olevan laajakaistan ja tietokoneen tehon reaaliajassa. Videon kuvanlaatu säädetään näiden tietojen pohjalta. Mukautuva streamaus takaa, että toisto onnistuu tabletilla, PC:llä tai TV:llä. [15; 16.]

Seuraavaksi on tulossa HbbTV-versio 2.0 (HBB-NEXT). Siihen on tulossa muunmuassa sosiaalisen median ominaisuuksia. Median jakamiselle ja synkronoinnille usean laitteen kesken on suunniteltu ohjelmistorajapintaa. Tämä voisi tarkoittaa mahdollisuutta katsoa toisella näytöllä TV-lähetyksen sisältöä netin välityksellä, joka on synkronoitu alkuperäisen TV-lähetyksen kanssa. Kuvassa 9 on esitetty arvio Hybrid TV:n tulevaisuudesta. [15;16.]



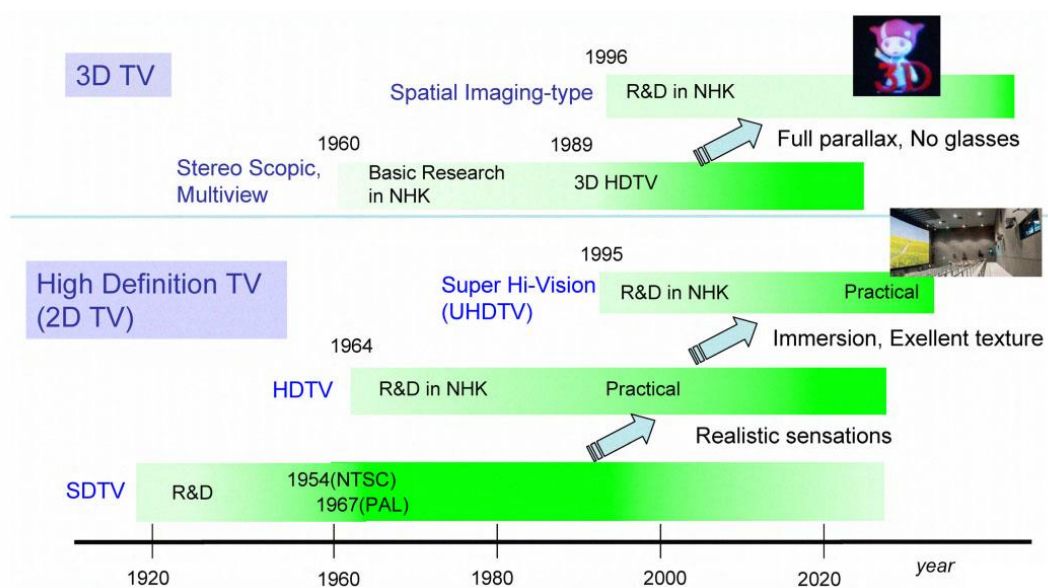
Kuva 9. Arvio Hybrid TV:n määrästä lähitulevaisuudessa (% TV-kotitalouksista) [18].

4 Ultra High Definition TV

4.1 Historia

HDTV:n kehitys ja tutkimustyöt alkoivat Japanissa vuonna 1964 (kuva 25). Tavoitteena oli media, joka täyttäisi jälkiteollistuneen yhteiskunnan sosiaaliset vaatimukset. Tavoitteet on saavutettu, sillä HDTV on leviämässä laajalti ympäri maailman. Kehitys ja tutkimustyöt on siirretty seuraavan vaiheeseen UHDTV:hen. Japanin yleisradioyhtiö Nippon Hoso Kyokai (NHK) on jo aloittanut seuraavan sukupolven television kehittämisen, minkä uskotaan olevan 2D-television lopullinen muoto. [19; 20.]

NHK:n tutkimus- ja kehittämishankkeen tavoitteena on media, joka mahdollistaisi katsojien uppoutumisen ympäristön luomaan audiovisuaaliseen esitykseen. Media, jossa katsojat kokisivat lisääntyntä todellisuudentajua ja läsnäoloa. Tällainen media vaatisi ainakin isoa laajakuvaa, joka olisi mahdotonta toteuttaa nykyisellä HDTV-tekniikalla. Näin ollen Ultra HD -kuvatekniikka yhdistettynä monikanavaäänitekniikkaan voisi olla menestys. Tutkimustyö aloitettiin vuonna 1995, jolloin päätettiin, että Ultra HD:ssa olisi 4000 pyyhkäisyjuovaa ja 22.2-monikanavaäänisysteemi. Tällöin Ultra HD sai lempinimen Super Hi-Vision (SHV). Maailman ensimmäinen UHDTV oli näytteillä NHK:n avoimilla päivillä, tiede ja teknologian kehityslaboratoriossa vuonna 2011. Kuvassa 10 on esitetty NHK:n tutkimuksen vaiheet. [19; 20.]



Kuva 10. Nippon Hoso Kyokai:n tutkimus- ja kehitystyön historia [21]

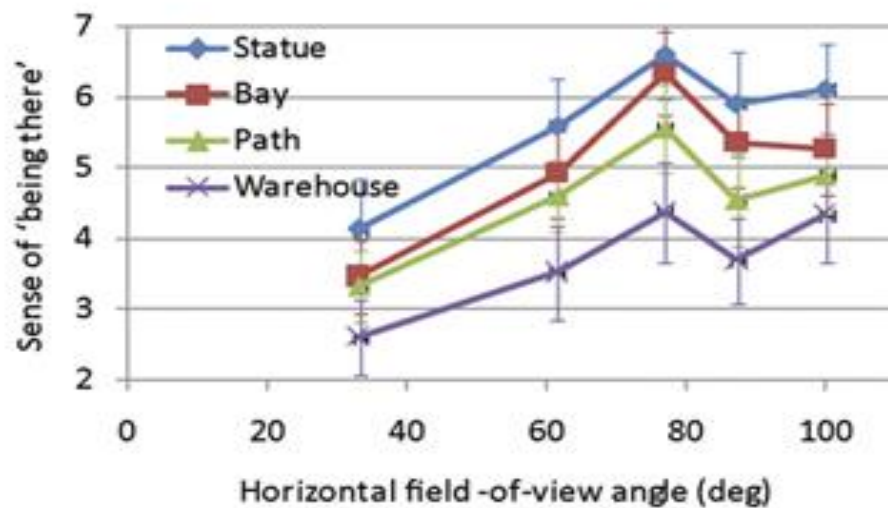
4.2 Läsnaolon tunne

UHDTV:n parametrit päätettiin ihmisen visuaalisten ja auditiivisten aistien tutkimusten perusteella. UHDTV on suunniteltu vastaamaan ihmisen audiovisuaalisia ominaisuuksia ja tarjoamaan entistä parempaa todellisuuden ja lasnaolon tunnetta. [20; 22.]

NHK:n digitaalisen TV-järjestelmän tutkimus ja kehitystyötä vuodesta 1985 johtanut Eisuke Nakasu (IEEE jäsen) on tehnyt testejä parhaan lasnaolon ja todellisuuden tunteen saavuttamiseksi. Arviot lasnaolon tunteesta tehtiin käyttäen neljää kuvaa. Kuvat esitettiin 200 koehenkilölle käyttäen viittä eri katselukulmaa. 200 koehenkilöä jaettiin viiteen 40 hengen ryhmään. Jokaiselle ryhmälle kuvat näytettiin käyttäen eri katselukulmaa, ja heidän tehtävänä oli arvioida lasnaolon tunnetta asteikolla 0-10. Tulokset vahvistivat, että laajempi katselukulma kasvattaa todellisuuden tunnetta (kuva 11). [20; 22.]

.

.



Kuva 11. Katselukulman ja läsnäolon tunteen suhde. Laajempi katselukulma parantaa läsnäolon tunnetta (keskiarvo \pm virhemarginaali) [22].

Testien perusteella läsnäolon tunne kasvaa katselukulman kasvaessa ja tasoittuu katselukulman ollessa 80-100 astetta. Vaikka kuvassa 11 on havaittavissa piikki katselukulman ollessa noin 77 astetta, ei sillä ole merkittävää eroa tilastollisesti. Paras läsnäolo saavutetaan, kun katselukulma on 80-100 astetta. Tämä vastaa katseluetaisyyttä (cm), joka on $0.75-1.00 \cdot$ kuvaruudun koko (tuuma). Esimerkiksi 100 tuuman televisiota, jossa on UHD-resoluutio, pitäisi katsoa 100 cm:n etäisyydeltä. Ihminen ei pysty erottamaan pikseleitä tältä etäisyydeltä käytettäessä UHD-resoluutiota. [20; 22.]

4.3 Todellisuuden tunne

Näyttösuunnittelun perinteinen lähtökohta on ollut, että pikselit eivät saa erottua toisistaan katseluetäisyydellä. Ihmissilmälle tämä vastaa katselukulmaa, jonka suuruus on yksi kaariminuutti (yksi kaariminuutti = $(2\pi/360)/60$ rad = $2.91 \cdot 10^{-4}$ rad). Yhden asteen kulmaan mahtuu mahtuu siis 60 pikseliriviä, joista joka toinen voi olla tumma ja joka toinen vaalea. Nämä kaksi peräkkäistä juovaa muodostavat jakson (cycle), joiden lukumäärä perinteisessä suunnittelussa on siis 30 cpd (cpd = cycles / degree). [51.]

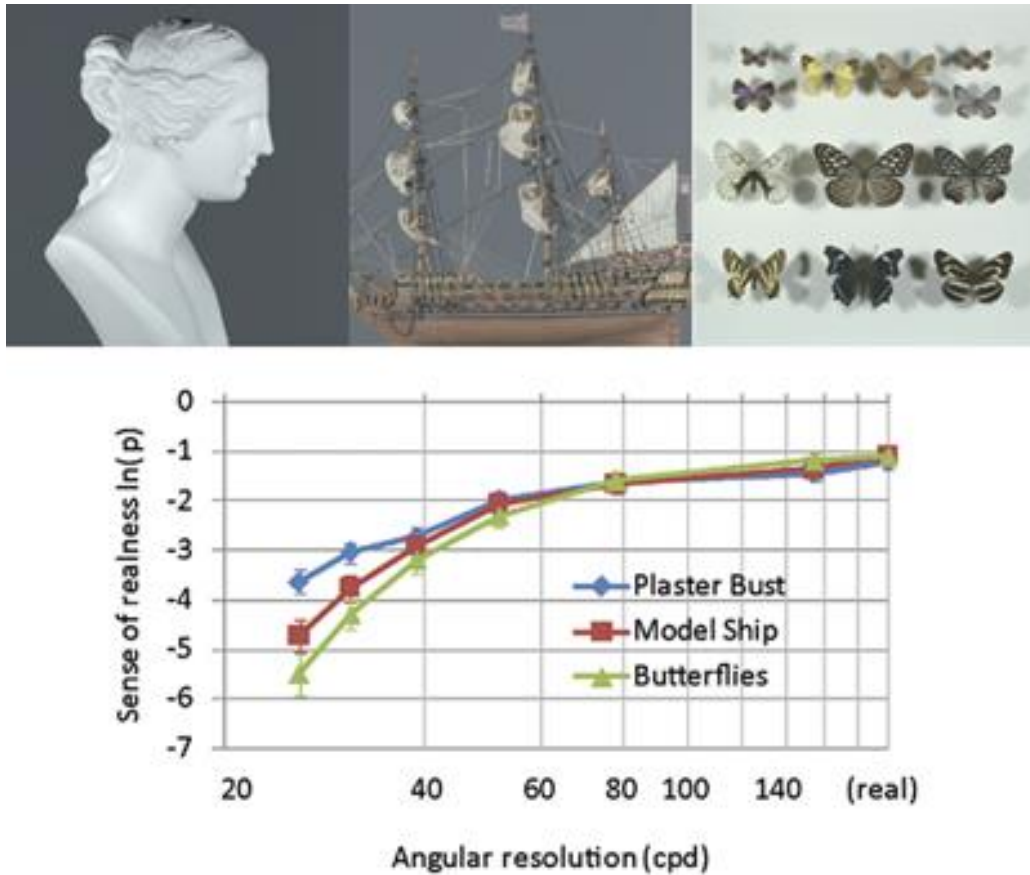
Geometriasta voidaan laskea, että tämä kulma muodostuu yhden videojuovan (pikselirivin) korkeuden w ja katseluetäisyyden, D , suhteena: $w/D = 2.91 \cdot 10^{-4}$ [51].

Toisaalta koko kuvan korkeus $H = N \cdot w$, jossa N on kuvan juovien määrä. Näistä voidaan laskea perinteinen kaava katseluetäisyys / kuvan korkeus:

$$D/H = 1 / (N \cdot \alpha) = 3438 / N$$

Eri videoresoluutioille ja käyttäen esimerkkinä 40" TV:tä, jossa kuvan korkeus $H=0.5$ m, saadaan SD videolle (576 juovaa), $D/H = 6$ ja katseluetäisyys $D = 3$ m, Full HD-videolle (1080 juovaa), $D/H = 3.2$ ja $D = 1.6$ m, sekä 4K resoluutiolle (2160 juova) $D/H = 1.6$ ja $D = 0.8$ m.

NHK:ssa on tutkittu optimaalista erottelukykä katsojakokemuksen kannalta. Eisuke Nakasun mukaan todellisuuden tunteesta voidaan puhua silloin, kun katsoja ei pysty erottamaan kuvia todellisista kohteista. Hän kehitti testijärjestelmän, jonka tarkoitus oli selvittää kuvan resoluution merkitys todellisuuden tuntemisessa. Testissä verrattiin keskenään kuvia ja todellisia kohteita parivertailun avulla. Kuvat esitettiin käyttäen kuutta eri kulmaresoluutioita. Koejärjestelyissä pyrittiin minimoimaan kaikki muut tekijät, jotta tulos olisi mahdollisimman todenmukainen. Tarkkailijoita pyydettiin valitsemaan kuva, joka muistuttaa enemmän todellista kohdetta. Testi osoitti, että todellisuuden tunne kasvaa kulmaresoluution kasvaessa ja tasaantuu noin 60 cpd:n (cycles per degree) kohdalla, kuten kuvasta 12 nähdään. 60 cpd on 60 juovaparia / aste. Tätä suuremmasta tarkkuudesta ihmissilmä ei enää hyödy. Tämä on kaksinkertainen verrattuna normaalin näyttösuunnitteluun pidettynä 30 juovaparia / aste. [20; 22.]



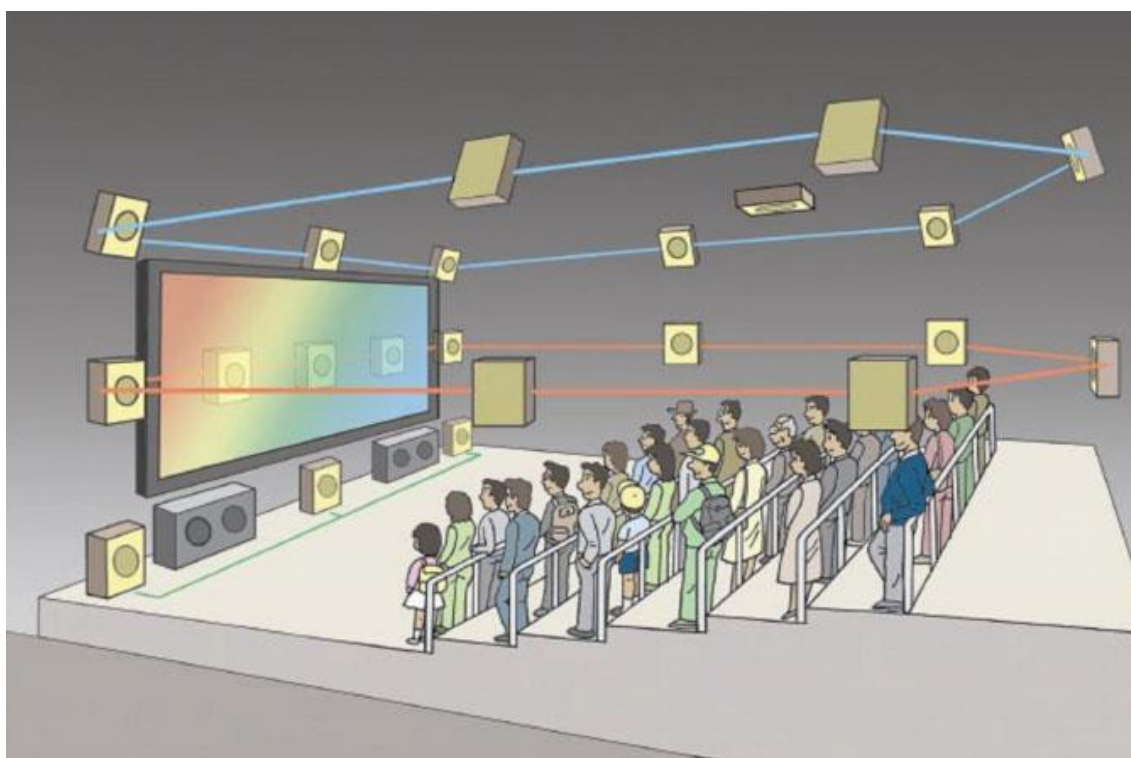
Kuva 12. Kulmaresoluution ja todellisuuden tunteen suhde. Todellisuuden tunne kasvaa kulmaresoluution kasvaessa [22].

Tulokset osoittavat myös, että 30 cpd:n kulmaresoluutio, jota pidetään ihmisen normaalina erottelutarkuutena ja jota usein pidetään näyttösuunnittelun perustana ei riitä todellisuuden tunteen saavuttamiseen. 60 cpd:n erottelutarkkuutta (60 juovaparia / aste) pidetään ihmisen maksimina. [20; 22.]

Näiden testien perusteella UHDTV:n resoluutioksi valittiin 7680x4320 pikseliä, mikä on neljä kertaa suurempi sekä vaaka- että pystysuunnassa kuin HDTV:n resoluutio. Todellisuuden tunteen ansiosta UHDTV:tä voidaan soveltaa muuallakin kuin TV-lähetyksissä, esimerkiksi koulutuksessa, lääketieteessä, digitaalisissa opasteissa ja museoissa. [20; 22.]

4.4 Äänijärjestelmä

NHK on kehittänyt 22.2-monikanavaäänijärjestelmän 8k Ultra HD -versioon, jonka tarkoitus on lisätä todellisuuden tunnetta entisestään. Kuvassa 13 on esitetty järjestelmän kokoonpano. Tämä kehitettiin testien ja UHDTV:n vaatimusten perusteella. 22.2-monikanavaäänijärjestelmä koostuu kolmesta tasosta, joiden tarkoitus on tuottaa kolmiulotteinen äänikenttä. Ylätasolla on 9 kanavaa, keskitasolla 10 kanavaa ja alatasolla 3 kanavaa ja 2 subwooferia. [20; 22.]



Kuva 13. 22.2-monikanavaäänijärjestelmä [23].

4.5 Standardi

Elokuussa 2012 ITU (International Telecommunication Union) julkaisi nettisivuillaan suosituksen, jonka nimi on ITU-R Recommendation BT.2020 (Rec. 2020 tai BT. 2020). Rec. 2020 määrittelee Ultra HD TV:n teknisiä ominaisuuksia, kuten esimerkiksi resoluution, kuvataajuuden ja kolorimetrin (kuvat 14 ja 15). Rec. 2020 määrittelee kaksi eri resoluutiota: 4K Ultra HD (3840 x 2160 pikseliä) ja 8K Ultra HD (7680 x 4320 pikseliä). Molemmat resoluutiot ovat kuvasuhteeltaan 16:9 ja käyttävät progressiivista

pyyhkäisyä kuvataajuuksilla 120, 60, 59.94, 50, 30, 29.97, 25, 24, 23.976 [24]. Lokakuussa 2012 Consumer Electronics Association (CEA) ilmoitti, että virallista termiä Ultra HD voi käyttää kaikissa näytöissä, joissa on 16:9 kuvasuhde ja resoluutio vähintään 3840 x 2160 pikseliä. [25.]

Parameter	Values	
Picture aspect ratio	16:9	
Pixel count Horizontal × vertical	7 680 × 4 320	3 840 × 2 160
Sampling lattice	Orthogonal	
Pixel aspect ratio	1:1 (square pixels)	
Pixel addressing	Pixel ordering in each row is from left to right, and rows are ordered from top to bottom.	
Frame frequency (Hz)	120, 60, 60/1.001, 50, 30, 30/1.001, 25, 24, 24/1.001	
Scan mode	Progressive	

Kuva 14. UHDTV-parametrit [24].

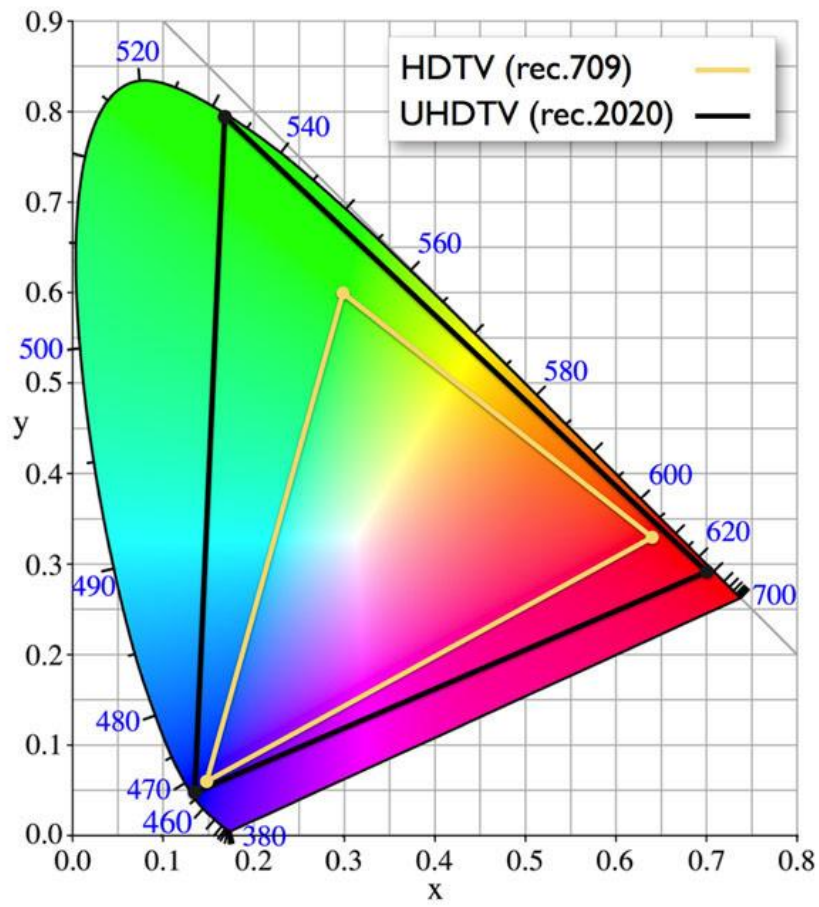
Parameter	Values		
Opto-electronic transfer characteristics before non-linear pre-correction	Assumed linear ⁽¹⁾		
Primary colours and reference white ⁽²⁾	Chromaticity coordinates (CIE, 1931)	x	y
	Red primary (R)	0.708	0.292
	Green primary (G)	0.170	0.797
	Blue primary (B)	0.131	0.046
	Reference white (D65)	0.3127	0.3290

⁽¹⁾ Picture information can be linearly indicated by the tristimulus values of RGB in the range of 0-1.

⁽²⁾ The colorimetric values of the picture information can be determined based on the reference RGB primaries and the reference white.

Kuva 15. UHDTV-kolorimetri [24].

Rec. 2020 väriavaruus pystyy toistamaan värejä, joita Rec. 709 (HDTV) ei pystynyt toistamaan (kuva 16). Rec. 2020 määrittelee bittisyvydeksi joko 10bittiä / näyte, tai 12bittiä / näyte, kun HDTV-standardissa se on 8bittiä / näyte. [24.]

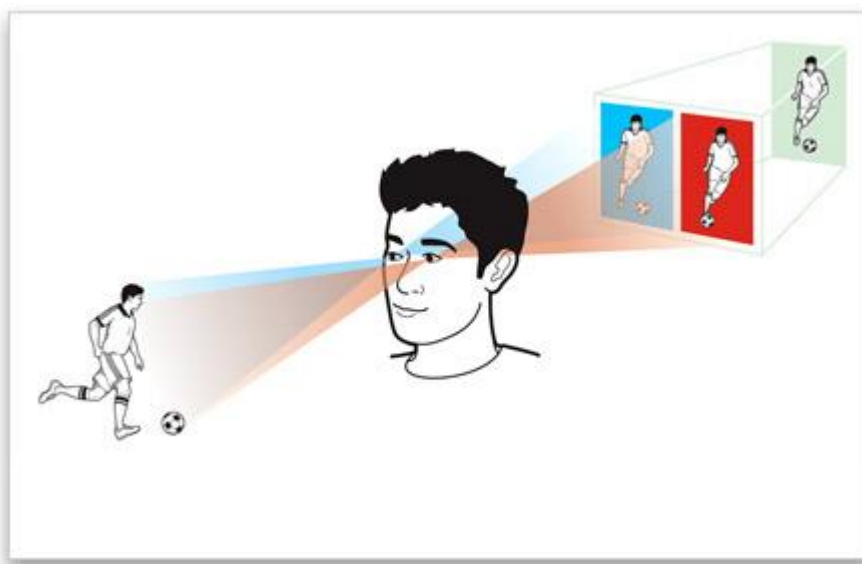


Kuva 16. Värintoiston vertailu [26].

5 3D TV -tekniikka

5.1 Stereonäkö osana 3D-tekniikkaa

Ihmisen näköaistimus on luonnostaan kolmiulotteinen. Koska silmät ovat noin 7-8 sentin etäisyydellä toisistaan, ne näkevät kohteen hieman eri suunnista. Syntyy kaksi erillistä kuvaa, jotka aivot prosessoivat yhdeksi kolmiulotteiseksi kuvaksi, kuten on esitetty kuvassa 17. Tätä kutsutaan stereonäöksi. Stereonäössä on kyse etäisyyden tai syvyyden hahmottamisesta. Jos kohde on kaukana, kolmiulotteista vaikutelmaa ei synny. Tällöin silmät näkevät kohteen lähes samasta kulmasta, jolloin niiden vastaanottamat kuvat ovat samanlaiset. [27, s. 143; 28; 29; 30.]



Kuva 17. Stereonäkö [29].

Keskeiset vaatimukset 3D-näkemiselle on kaksi toimivaa silmää, jotka tarkastelevat näkemäänsä hieman eri suunnasta, sekä aivot, jotka pystyvät muodostamaan kahdesta erillisestä kuvasta yhden 3D-kuvan. Katsottaessa tasaista televisioruutua näemme 2D-kuvan, jossa ei ole syvyyttä eikä etäisyyttä. Näemme ainoastaan tasaisella pinnalla olevat eriväriset pikselit. Kahden silmän ansiosta näemme 3D:nä itse television muodon ja sen etäisyyden seinästä. [31; 32.] Katsottaessa 3D-televisiota näyttää, että kuva sijoittuisi paneelin etupuolelle synnyttäen syvyysvaikutelman. Vaikutelma on harha, sillä kuva muodostuu edelleen tasaisella pinnalla olevista pikseleistä. Muodostuva harha on silmille luonnoton tila. On määritelty, että

vaikutelmassa syntyvä syvyysalue ei saa ylittää 13 % katseluetäisyydestä. Muulloin epämukavuuden tunne kasvaa. [30.]

5.2 Yleistä 3D-tekniikasta

3D TV:n ja 3D-elokuvateattereiden toimintaperiaate on näyttää vasemmalle ja oikealle silmälle hieman eri kuva, jotta aivot voisivat yhdistää nämä kaksi erillistä kuvaa yhdeksi 3D-kuvaksi. Kuvat täytyy olla huolellisesti toteutettu ja järjestetty, jotta ne simuloisivat luonnollista tilannetta mahdollisimman hyvin. Tällä tavoin aivot luulevat, että on nähty 3D:tä. [27; 28; 29; 31.]

Päätyypit 3D-tekniikassa ovat passiivinen 3D-tekniikka, aktiivinen 3D-tekniikka, sekä autostereoskopiaan perustuva 3D-tekniikka. Elokuvateattereissa käytetään usein passiivista 3D-tekniikkaa. Se toimii hyvin, minkä lisäksi tarvittavat 3D-lasit ovat kevyitä ja halpoja. Passiivinen 3D-tekniikka ei ole kuitenkaan suosituin kotitalouksissa. [33.]

Kotitalouksissa käytössä on useimmiten aktiivinen 3D-tekniikka. Aktiivinen 3D-tekniikka toimii hyvin, mutta jokainen katsoja tarvitsee suljinlasit, jotka ovat painavampia ja kalliimpia verrattuna passiivisen 3D-tekniikan vaatimiin lasihin. [33.]

Autostereoskopiaan perustuvassa 3D-tekniikassa ei tarvita lasia ollenkaan. Ongelmaksi muodostuu kuvan vaakaerottelutarkkuus, sekä katselukulmien rajoitettu määrä. Kuvaa täytyy katsoa tietyistä kohdista, jotta 3D-vaikutelma syntyisi. Tästä syystä autostereoskopiaan perustuva 3D-tekniikka ei ole kovin käytännöllinen kotitalouksissa. Tekniikka on kuitenkin melko suosittu käsikonsoleissa. Esimerkiksi Nintendo 3DS käyttää autostereoskopiaan perustuvaa 3D-tekniikkaa. [33.]

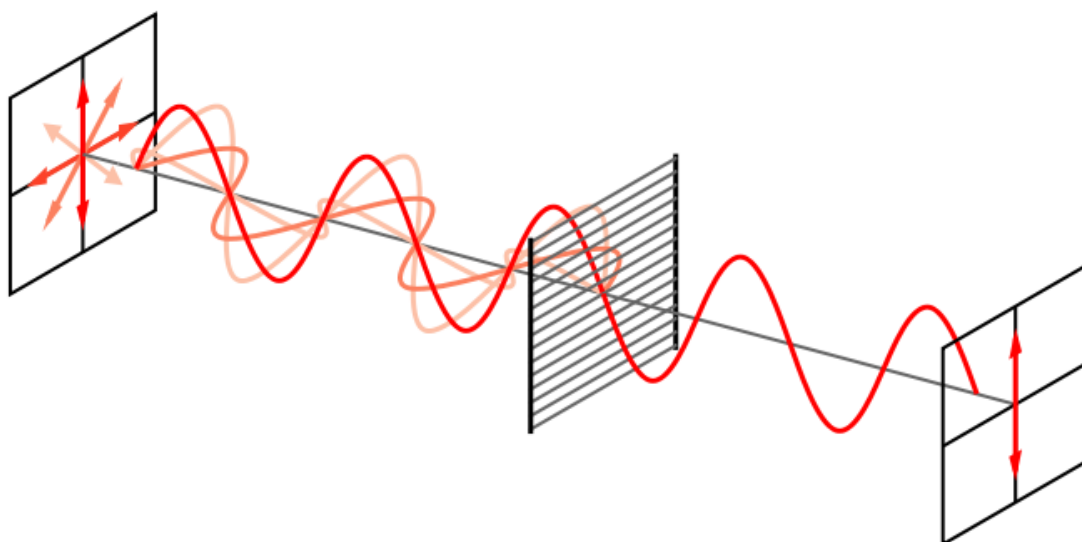
Teoria 3D-TV:n takana on todella suoraviivaista, mutta sen toteuttaminen teknisesti on paljon monimutkaisempaa. Kaikki käytössä olevat 3D-tekniikat perustuvat yllä mainittuihin. Erona on ainoastaan se, millä tavoin vasemmalle ja oikealle silmälle esitetään eri kuvat. [31.]

5.3 Passiivinen 3D-tekniikka

Passiivista 3D-tekniikkaa kutsutaan usein valon polarisaatioon perustuvaksi 3D-tekniikaksi. On olemassa kaksi eri polarisaatio tyyppiä, joita käytetään 3D-tekniikassa, lineaarinen polarisaatio ja kiertopolarisaatio. Kiertopolarisaatio sallii enemmän pään kallistamista. Valo on sähkömagneettista säteilyä, joka etenee värähdellen pois päin valon lähteestä. Yleensä värähtely tapahtuu kaikkiin suuntiin. Polarisaation tarkoitus on estää tietyn suuntaiset värähtelyt. Passiivisen 3D-tekniikan etuna on mahdollisuus käyttää halpoja passiivilaseja. [30; 34.]

5.3.1 Lineaarisen polarisaation käyttäminen 3D:ssä

Linearisessa polarisaatiossa valkokankaalle heijastetaan kaksi kuvaa samanaikaisesti kuvat päällekkäin tai vierekkäin. Toinen kuva heijastetaan pystysuotimen lävitse, ja toinen vaakasuotimen lävitse. Polarisaatiosuodin on optinen ritilä, ikäänkuin pienoismalli yhdensuuntaisista kaltereista. Se päästää lävitseen ainoastaan ne valon säteet, jotka ovat yhdensuuntaisia ritilän kanssa kuten kuvassa 18. Kuvan 18 ritilästä poistunut valo on polarisoitunut pystysuunnassa. [34; 36.]



Kuva 18. Polarisaatiosuodin [35].

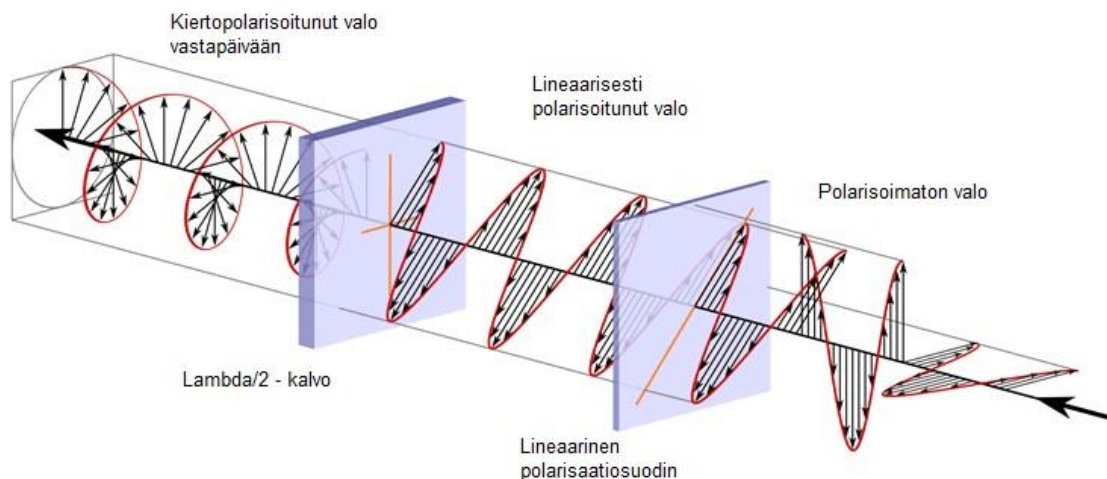
Jos käännämme kuvan 4 polarisaatiosuodinta 90 astetta, ritilöiden asento muuttuu. Äskettäin läpäisseet valon säteet eivät enää pääse suotimesta lävitse. Samaan aikaan

toisen suuntainen valonsäde pääsee suotimesta lävitse. Nämä säteet ovat polarisoituneet vaakasuunnassa läpäistyään käännetyn ritilän. [34; 36.]

Tällä tavoin vasemmalle silmälle tarkoitettu kuva voidaan esittää esimerkiksi pystypolarisaatiolla ja oikealle silmälle tarkoitettu kuva voidaan esittää vaakapolarisaatiolla. Tämän lisäksi 3D-lasien linsseissä on vastaavanlaiset polarisaatiosuotimet. Toisessa linssissä on pystypolarisaation läpäisevä suodin ja toisessa vaakapolarisaation läpäisevä suodin. Tällä tavoin kumpikin linssi päästää lävitseen ainoastaan tietylle silmälle tarkoitettun kuvan. Syntyy kaksi toisistaan hieman eroavaa kuvaa, jotka aivot prosessoivat yhdeksi kuvaksi. Kun käytetään lineaarista polarisaatiota, katsoja ei voi kallistaan päätään ilman, että kuvasta tulisi epätarkka. Pään kallistaminen muuttaa polarisaation kulmaa, jolloin se estää tärkeää valoinformaatiota pääsemästä perille. [34; 36.]

5.3.2 Kiertopolarisaation käyttäminen 3D:ssä

Kiertopolarisaation pääperiaate on sama kuin lineaarisen polarisaation. Polarisaatiosuodin päästää lävitseen ainoastaan yhteensopivat valonsäteet. Kiertopolarisaatiosuodin koostuu kahdesta komponentista, lineaarisesta suotimesta ja niin kutsutusta $\lambda/2$ kalvosta. Valo läpäisee ensin lineaarisen suotimen, joka järjestää polarisoimattomat valonsäteet yhdensuuntaisiksi kuten kuvassa 19. Tämän jälkeen lineaarisesti polarisoitunut valo läpäisee $\lambda/2$ -kalvon ja kiertyy spiraalimaisesti. Vasemmalle silmälle tarkoitettu kuva voidaan esittää myötäpäivään kiertyneenä ja oikealle silmälle tarkoitettu kuva vastapäivään kiertyneenä. Kiertopolarisaatiossa katsoja tarvitsee lasit, joissa on suotimet kiertopolarisoidulle valolle. 3D-laseissa valo läpäisee ensiksi $\lambda/2$ -kalvon, joka palauttaa kiertyneet valonsäteet yhdensuuntaisiksi. Tämän jälkeen yhdensuuntaiset valonsäteet läpäisevät lineaarisen suotimen. [36.]



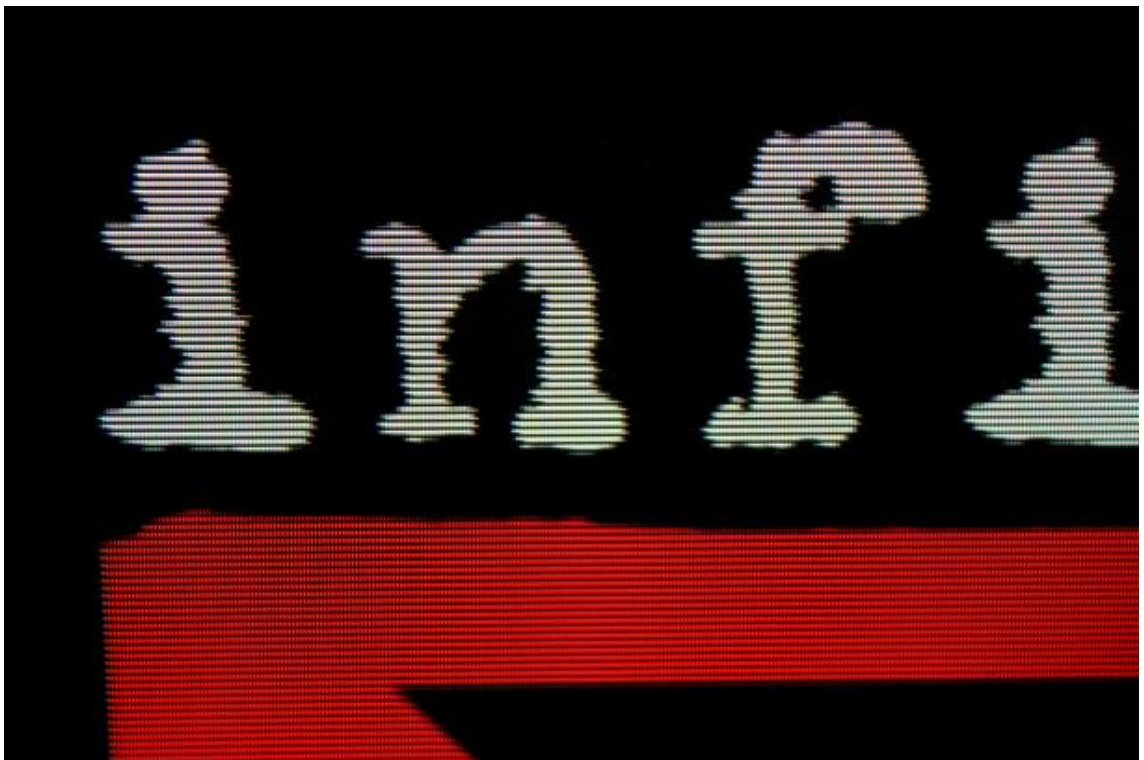
Kuva 19. Kiertopolarisaatio [34].

Kiertopolarisaatiota käytetään useimmiten passiivisissa 3D-televisioissa. Television vaakajuovat ovat polarisoituneet eri suuntaisesti. Parittomien juovien edessä on kapea polarisaatio-suodin, joka läpäisee vain oikealle kiertopolarisoitua valoa. Vastaavasti parillisten juovien edessä on suodin kiertopolarisaatiolle vasempaan. Katsojalla on lasit, joissa on kiertopolarisaatio-suotimet eri silmille eri suuntaan. [27, s.148; 15.]

Kiertopolarisaatio sallii pään kallistamista huomattavasti enemmän, kuin lineaarinen polarisaatio. Sen ongelmaksi muodostuu vaakaerottelutarkkuus. HDTV television resoluution ollessa 1920×1080 , vaakajuovia on 1080. Näistä joka toinen näytetään vasemmalle- ja joka toinen oikealle silmälle. Tällöin kumpikin silmä näkee todellisuudessa ainoastaan resoluution 1920×540 , koska polarisoidut linssit estävät puolet vaakajuovista [30; 37]. Kuvassa 20 on kuvattu passiivinen 3D-TV ilman lasia ja kuvassa 7 lasien kanssa. Jos televisio on riittävän iso ja istuu riittävän lähellä, voi erottaa puuttuvat vaakajuovat kuten kuvan 21 mukaisesti. [37.]



Kuva 20. Passiivinen 3D-TV kuvattuna ilman laseja [37].



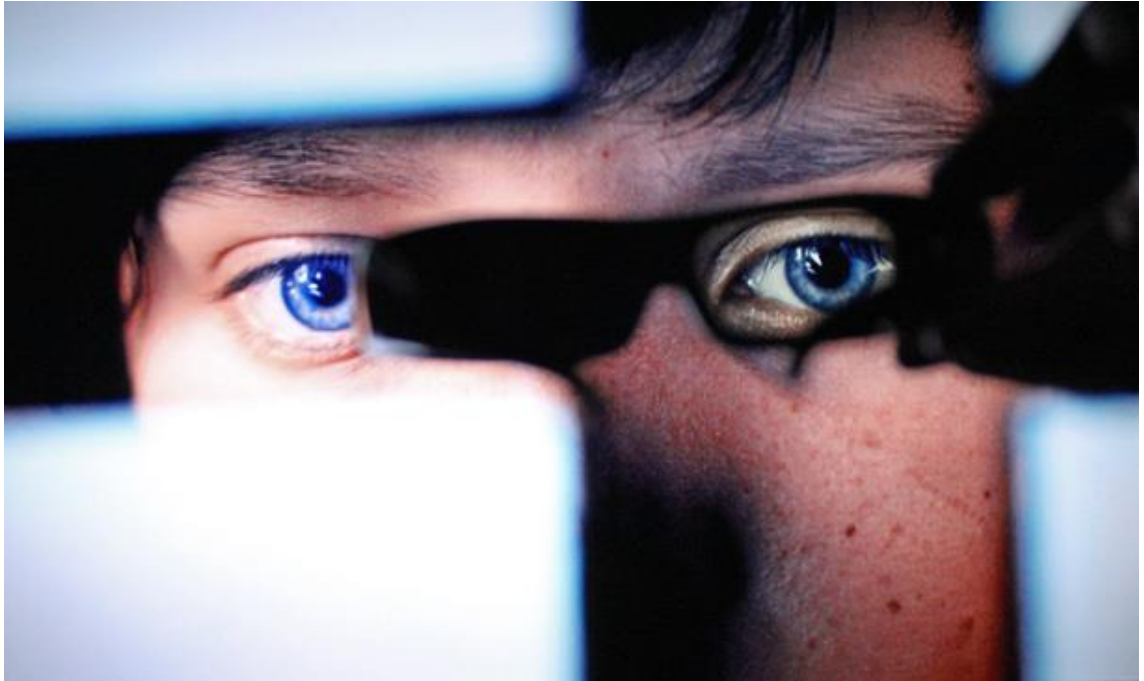
Kuva 21. Passiivinen 3D-TV kuvattuna yhden linssin läpi. Vaikka silmät näkevät yhdessä kaikki TV:n pikselit, on mahdollista erottaa puuttuvat vaakajuovat [37].

5.4 Aktiivinen 3D-tekniikka

Aktiivinen 3D-tekniikka on yleinen kotitalouksissa. 3D-TV näyttää vuoron perään vasemmalle ja oikealle silmälle tarkoitetun kuvan. Kuva vaihtuu TV:stä riippuen monta sataa kertaa sekunnissa, jolloin silmä ei erota kuvan vaihtumista. Katsoja käyttää suljinlaseja, jotka sulkevat vuoron perään vasemman- ja oikean linssin. Tämän mahdollistaa linssien pinnassa oleva taso, joka koostuu nestekiteestä. Kun linssiin syötetään jännite, nestekide muuttuu läpinäkyvämmäksi ja estää valon läpäisyn. Muulloin nestekide on läpivänykää ja valo pääsee linssin lävitse. Kun 3D-TV näyttää vasemmalle silmälle tarkoitetun kuvan, suljinlasit sulkevat oikean puoleisen linssin kuten kuvassa 22. Vastaavasti telkkarin näyttäessä oikealle silmälle tarkoitetun kuvan, suljinlasit sulkevat vasemman puoleisen linssin kuten kuvassa 23. Suljinlasit tahdistetaan 3D TV:n virkistystaajuuden mukaan käyttäen langatonta tekniikkaa, esimerkiksi infrapuna- tai bluetoothia. [30; 37; 38.]



Kuva 22. 3D-TV näyttää vasemmalle silmälle tarkoitetun kuvan, jolloin suljinlasit sulkevat oikean puoleisen linssin [37].



Kuva 23. 3D-TV näyttää oikealle silmälle tarkoitetun kuvan, jolloin suljinlasit sulkevat vasemman puoleisen linssin [37].

Suljinlasit käyttävät toimiakseen paristoja tai ladattavaa akkua. Ne ovat hieman raskaammat ja paljon kalliimmat kuin passiiviset 3D-lasit. Aktiivinen 3D-tekniikka pystyy toistamaan full HD -resoluution, toisin kuin passiivinen. [37.]

5.5 Head-Mounted Displays (HMDs)

Head-Mounted Displays (HMDs) on stereoskooppisista näytöistä muodostuva järjestelmä. Siinä on kaksi eri generaattoria, jotka muodostavat erilliset kuvat kummallekin silmälle. Järjestelmä mahdollistaa hyvän liikkuvuuden katkaisematta 3D-kuvaa, koska käyttäjä pitää sitä päässään. Tällä tavoin mahdollistetaan uppoutumisen tunne katsottavaan kohteeseen. Tällaiset järjestelmät ovat laajalti käytössä lääketieteessä, sotilas- ja teollisuusaloilla eri koulutustarkoituksissa, koska ne mahdollistavat täysin, tai osittain virtuaalisen maailman. Yksi merkittävin esimerkki on lääketieteen alalta niin kutsuttu tietokoneavusteinen kirurgia. Kirurgi voi saada reaaliaikaisesti tarkempaa tietoa tietokoneen avustuksella, kuten kuvassa 24. Tekniikan ongelmana on ollut suuren näkökentän ja korkean resoluution samanaikainen saavuttaminen. [30.]

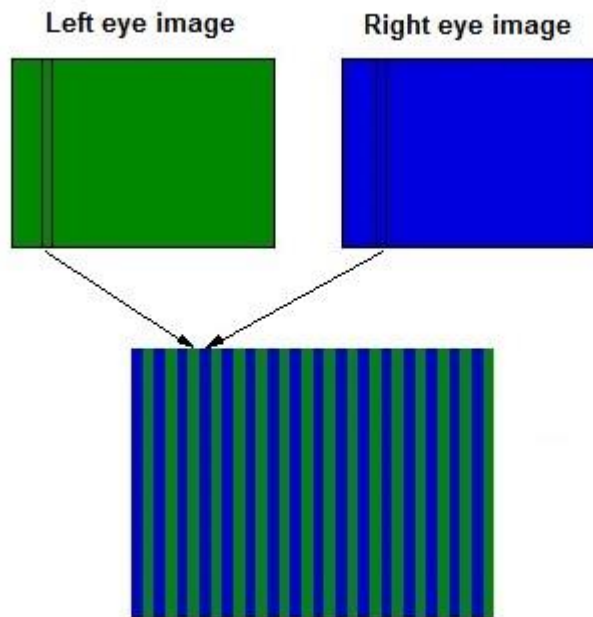


Kuva 24. Head-Mounted Displays kirurgin käytössä [30].

5.6 Autostereoskopiaan perustuva 3D-tekniikka

5.6.1 Parallax barrier

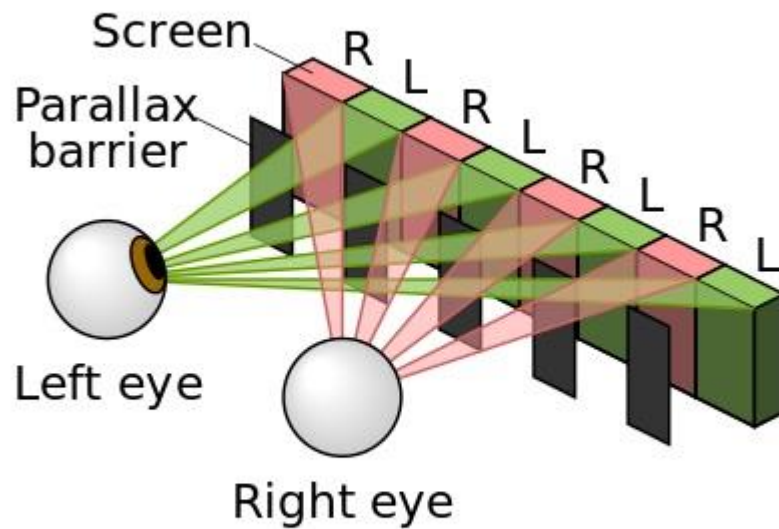
Autostereoskopia on yleisnimitys 3D-tekniikalle, jossa ei tarvita 3D-laseja lainkaan. Kaksi yleisintä autostereoskopia-tekniikkaa ovat Parallax barrier ja Lenticular lens. Parallax barrier -tekniikassa vasemmalle ja oikealle silmälle tarkoitetut kuvat jaetaan limittäin pikseli pikseliltä pystyriveihin kuten kuvassa 25. [30; 40; 41.]



Kuva 25. Parallax barrier -tekniikka; kuvien limittäinen jako pystysuunnassa [39].

Kuvapinnan eteen sijoitetaan pystysuuntainen optinen taso, joka toimii maskina kuten kuvassa 26. Kun maski on oikean levyinen ja oikealla etäisyydellä kuvapinnasta, se estää tiettyjen valonsäteiden pääsyn silmään. Tällä tavoin kumpikin silmä näkee ainoastaan niille tarkoitetut pikselit. Optinen maski on mahdollista kytkeä pois käytöstä, jolloin valo pääsee molempiin silmiin ja näytöllä pystytään katsomaan 2D-materiaalia. Jotta 3D-efekti olisi nähtävissä, katsojan täytyy sijoittua sivusuunnassa oikeaan sektoriin. [30; 40; 41.]

Tekniikan heikkouksia ovat vaakaerottelutarkkuuden puolittuminen ja maskin aiheuttama kirkauden vähentyminen. Yksittäinen silmä näkee ainoastaan puolet pikseleistä. [30; 40; 41.]

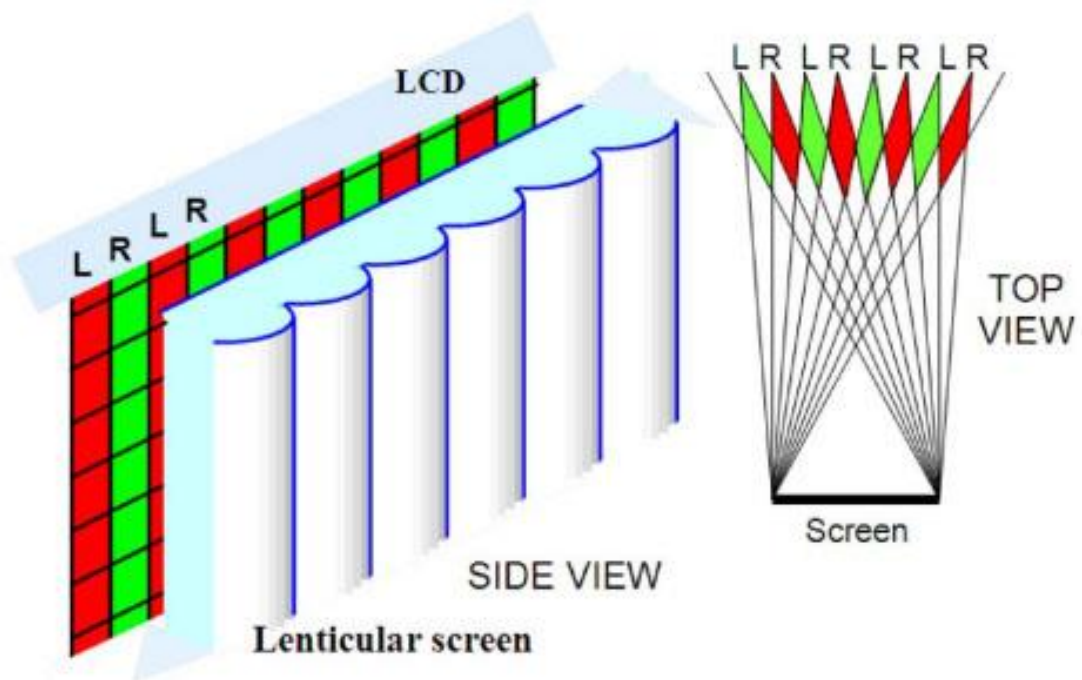


Kuva 26. Parallax barrier [42].

5.6.2 Lenticular lens

Kuvat jaetaan limittäin samalla tavalla kuin parallax barrier -tekniikassa, mutta niiden näyttäminen katsojalle on hieman erilaista. Kuten kuvasta 27 nähdään, kuvapinnan eteen sijoitetaan lieriömäisiä linsejä, jotka suuntaavat kunkin pikselin siten, että ne voidaan havaita vain tietyistä katselukulmista. Kuvapinta muodostaa toistuvat katselu alueet vasemmalle ja oikealle silmälle. Aivan kuten Parallax Barrier -tekniikassa, katsojan täytyy olla oikeassa kohdassa, jotta 3D-vaikutelma saavutetaan. [30.]

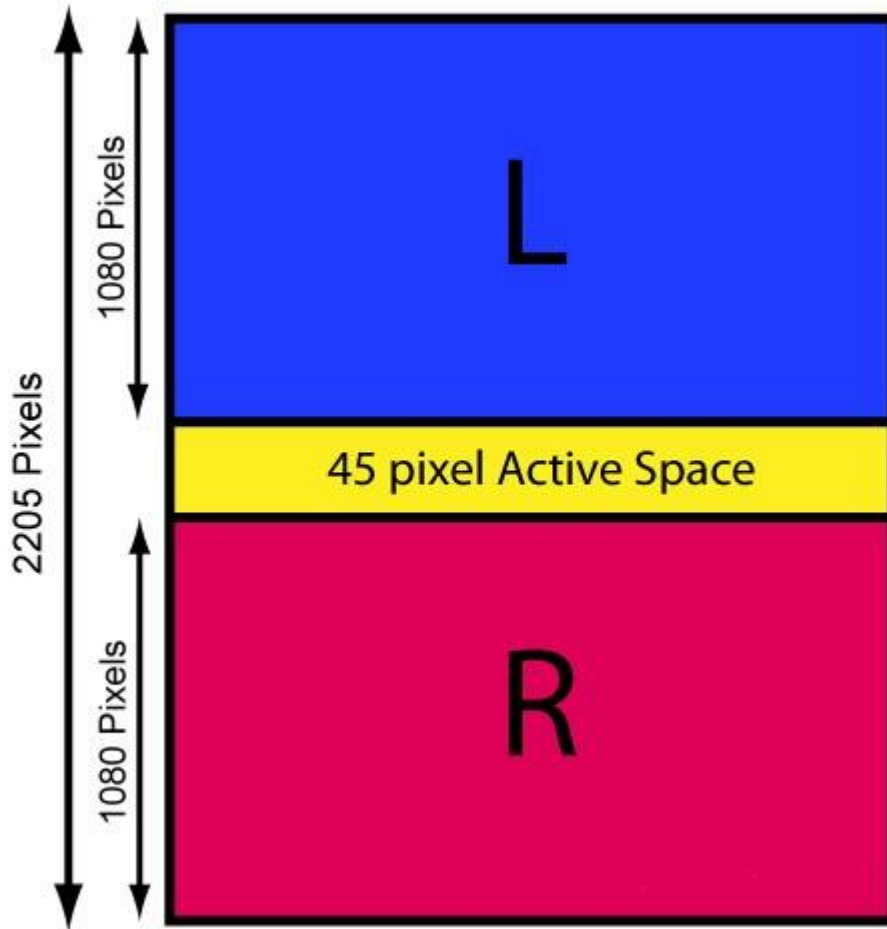
Linssimäisen rakenteen kohdistaminen vaikeutuu huomattavasti, kun näytön resoluutio kasvaa. Tällöin pienikin virhe aiheuttaa kuvan vääristymistä. Ohjelmiston avulla pystytään kompensoimaan tuotannossa tapahtuvia virheitä ja parantamaan tekniikan laatua. Toinen ongelma on intensiteetin vaihtelu tarkkailualueiden välillä. Kun katsoja vaihtaa katselukulmaa, on mahdollista havaita tummia ja vaaleita kuvioita. [30.]



Kuva 27. Lenticular lens [30].

5.7 3D-tuotantojaku

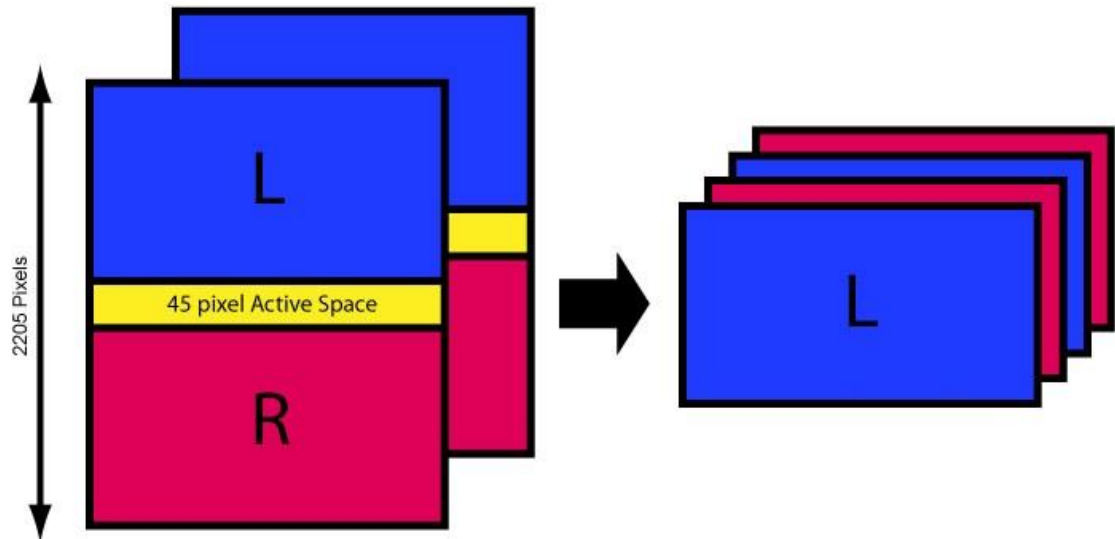
Kesäkuussa 2009 julkaistiin HDMI (High Definition Multimedia Interface) 1.4-spesifikaatio [43]. Spesifikaatio määrittää eri 2D- ja 3D-formaatit, joita jokaisen HDMI 1.4 yhteensopivan laitteen tulee tukea. Mukana oli määrittelyt ja tekniset tiedot Full High Definition 3D -formaatile (FHD3D), jota 3D Blu-ray käyttää. FHD3D on spesifioitu täyden resoluution 1920 x 1080 toistamiseen kuvataajuudella 24 fps (frames per second). FHD3D formaatissa käytetään niin kutsuttua frame packing 3D -koodausta, jossa vasemmalle ja oikealle silmälle tarkoitetut kuvat pakataan päällekkäin yhteen kehykseen kuten kuvassa 28. [43; 44; 45.]



Kuva 28. Full HD 3D-kehys [45].

Kuva 28 on tarkoitettu vasemmalle silmälle (L) ja alapuolella oleva kuva on tarkoitettu oikealle silmälle (R). Molemmat kuvat ovat 1920 x 1080, mutta niiden väliin jätetään 1920 x 45 kokoinen tyhjä väli, joka on määritelty spesifikaatiossa. Tällöin yhden kehyksen resoluutioksi tulee 1920 x 2205 ($1080 + 1080 + 45 = 2205$). [44; 45.]

HDMI 1.4-spesifikaatio edellyttää, että kaikkien 3D-näyttöjen tulee olla yhteensopivia kaikkien niiden 3D-formaattien kanssa, jotka on mainittu spesifikaatiossa. Tämä tarkoittaa, että 3D TV:n vastaanottaessa FHD3D-signaalia, sen täytyy ensiksi tunnistaa, minkä tyyppinen signaali on kyseessä. Tämä tieto löytyy datasta nimeltä EDID (Extended Display Identification Data). Kun 3D-TV tunnistaa signaalin Full High Definition 3D:ksi, se alkaa välittömästi erottelamaan vasemman ja oikean silmän kuvia kehyksestä ja toistamaan niitä kunkin 3D-tekniikan edellyttämällä tavalla. Jos kyseessä on aktiivinen 3D-tekniikka, kuvien erottelu ja toisto tapahtuu kuten kuvassa 29. [45.]

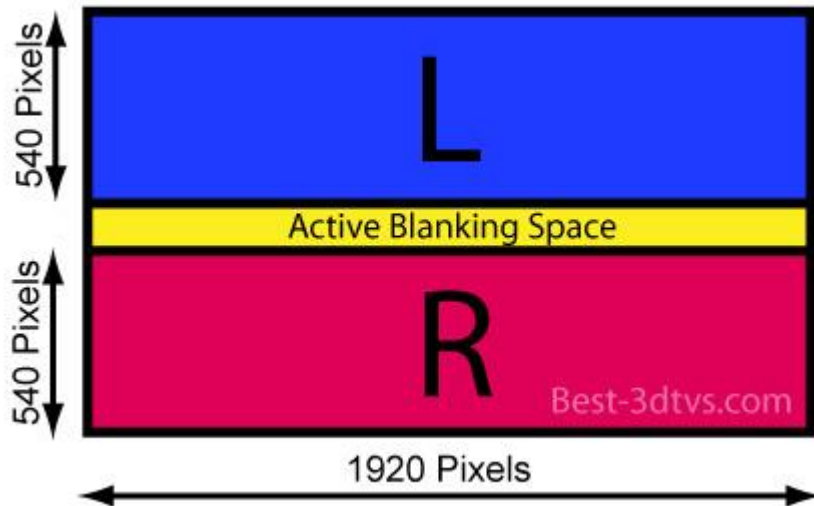


Kuva 29. Full High Definition 3D:n dekodaus ja toistaminen aktiivisella 3D-tekniikalla [45].

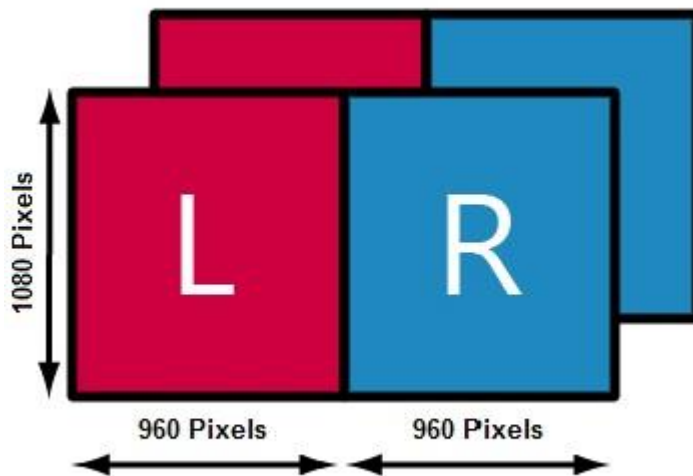
Syyskuussa 2013 julkaistiin HDMI 2.0-spesifikaatio, joka mahdollistaa muun muassa täyden resoluution 4K (3840 x 2160) 3D:n toistamisen kuvataajuudella 60fps. HDMI 1.4:n siirtokapasiteetti on 10,2 Gb/s, kun HDMI 2.0:n siirtokapasiteetti on 18 Gb/s. [46.]

3D-kaapeli- ja satelliittilähetykset

Kaapeli- ja satelliittilähetyksissä kaistaa on saatavilla paljon vähemmän kuin mitä Blu-ray-levyllä. Tästä syystä Frame packing 3D -koodausta, jota käytettiin Blu-ray-levyllä ei ole mahdollista käyttää. Se vie liian paljon tilaa käytettävissä olevaan kaistaan nähden. Kaapeli- ja satelliittitarjoajilla on käytössä kaksi eri formaattia. Kaksi eri kuvaa voidaan esittää päällekkäin yhdessä 1920 x 1080 kehyksessä kuten kuvassa 30. Tällöin yhden kuvan resoluutioksi tulee 1920 x 540. Toinen vaihtoehto on esittää kuvat vierekkäin yhdessä 1920 x 1080 kehyksessä kuten kuvassa 31, jolloin yhden kuvan resoluutioksi tulee 960 x 1080. [45; 47; 48.]



Kuva 30. Vasemmalle ja oikealle silmälle tarkoitetut kuvat esitettynä päällekkäin [47].



Kuva 31. Vasemmalle ja oikealle silmälle tarkoitetut kuvat esitettynä vierekkäin [48].

Molemmissa tapauksissa yhdelle silmälle tuleva resoluutio puolittuu, eikä kyseessä ole enää Full HD 3D. Formaattien etuna on kuitenkin se, että niiden lähettämiseen vaadittu kaista on sama kuin tavallisen HD-lähettyksen vaatima kaista. [47; 48.]

6 3D-videon tuotantoprosessin kehittäminen

Tavoitteena oli selvittää mitä vaaditaan 3D-videon tekemiseen ja sen toistamiseen 3D-TV:ssä. Tämän lisäksi tehdään konkreettinen 3D-video, jonka tuotantoprosessi dokumentoidaan. 3D-videon tuotantoprosessi on esitetty liitteessä 1. Testissä käytettiin Panasonic HDC-Z10000 Full-HD 3D -kameraa kuvaamiseen (kuva 32), Sony Vegas Pro 11 editoimiseen, ImgBurn ohjelmaa blu-rayn polttamiseen, Samsung Smart-TV UE55ES8005U katsomiseen ja Samsung Blu-ray BD-D6500 soitinta toistamiseen.

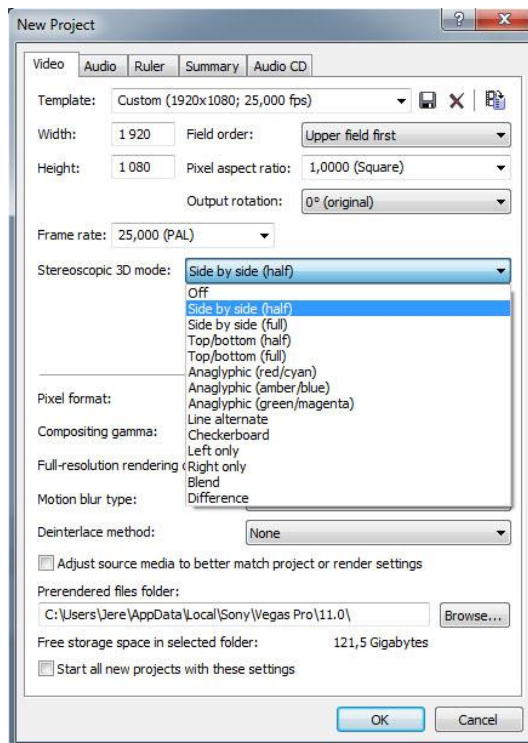
Ensiksi selvitettiin, mitä 3D-formaattia televisio tukee. Tämä ei ole kuitenkaan välttämätöntä, sillä 3D-televisio havaitsi itse, millä formaatilla demomateriaali oli tehty. 3D-televisio asetusten täytyy olla automaattisella, jotta 3D-televisio löytää oikean formaatin. Toinen mahdollisuus on valita manuaalisesti 3D-televisiosta esimerkiksi asetus side by side. Tällöin Sony Vegas Pro 11 -ohjelmalla pitää renderöidä demomateriaali samaan side by side -formaattiin. Tässä tapauksessa yhden kuvan resoluutio on todellisuudessa 960x1080.



Kuva 32. Panasonic HDC-Z10000 Full-HD 3D -kamera

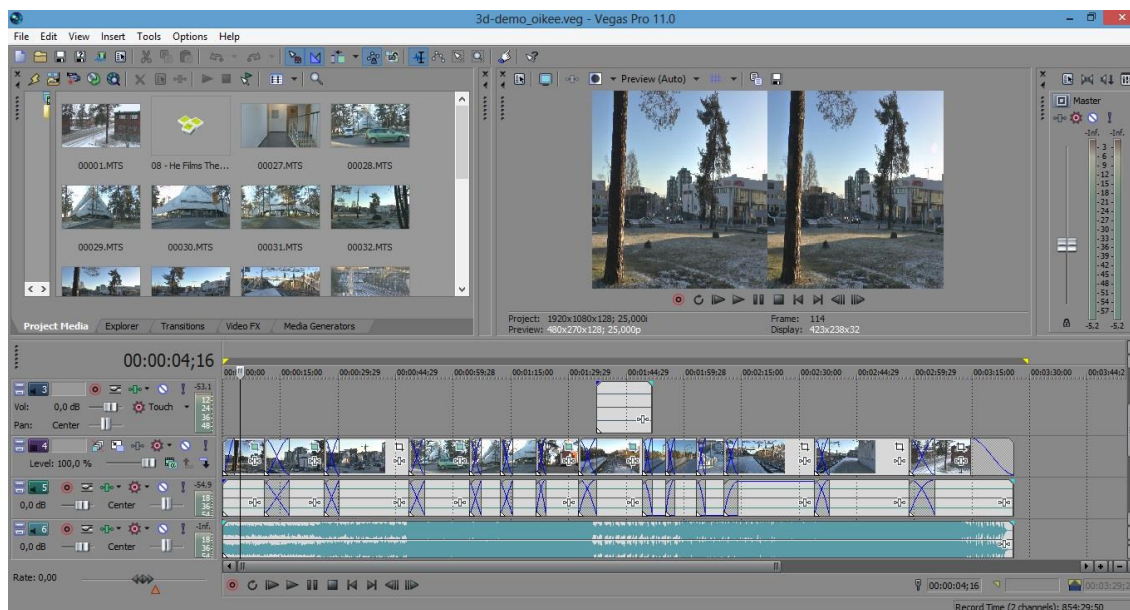
Kun videomateriaalit oli kuvattu, niitä editoitiin Vegasilla. New Project -kohdasta valittiin samat asetukset, joita 3D-kamera käyttää: Full-HD-resoluutio 1920 x 1080 25fps. Lisäksi Stereoscopic 3D mode kannattaa valita heti projektin alussa. Testissä kokeiltiin useita eri Stereoscopic 3D -asetuksia (kuva 33). Asetuksista parhaiten toimivat side by

side (half) ja top/bottom (half). Tällöin kuva näkyi koko kuvaruudulla ongelmitta. Kokeiltaessa side by side (full) ja top/bottom (full) asetuksia, kuvassa ilmeni ongelmia. Kuva ei asettunut koko ruudulle. Edellä mainitussa ylä ja alareunaan jäi paljon tyhjää tilaa ja jälkimmäisessä tyhjää tilaa jäi sivulle kuvan ollessa todella kapea. Testissä käytettiin Dolby Digital AC-3 Studio -ääniformaattia.



Kuva 33. Vegas-asetukset

Asetusten jälkeen 3D-kameralla kuvatut klipit lisättiin vegasiin ja editoitiin halutulla tavalla. Kuvassa 34 näkyy valmiiksi editoitu video aikajanalla.

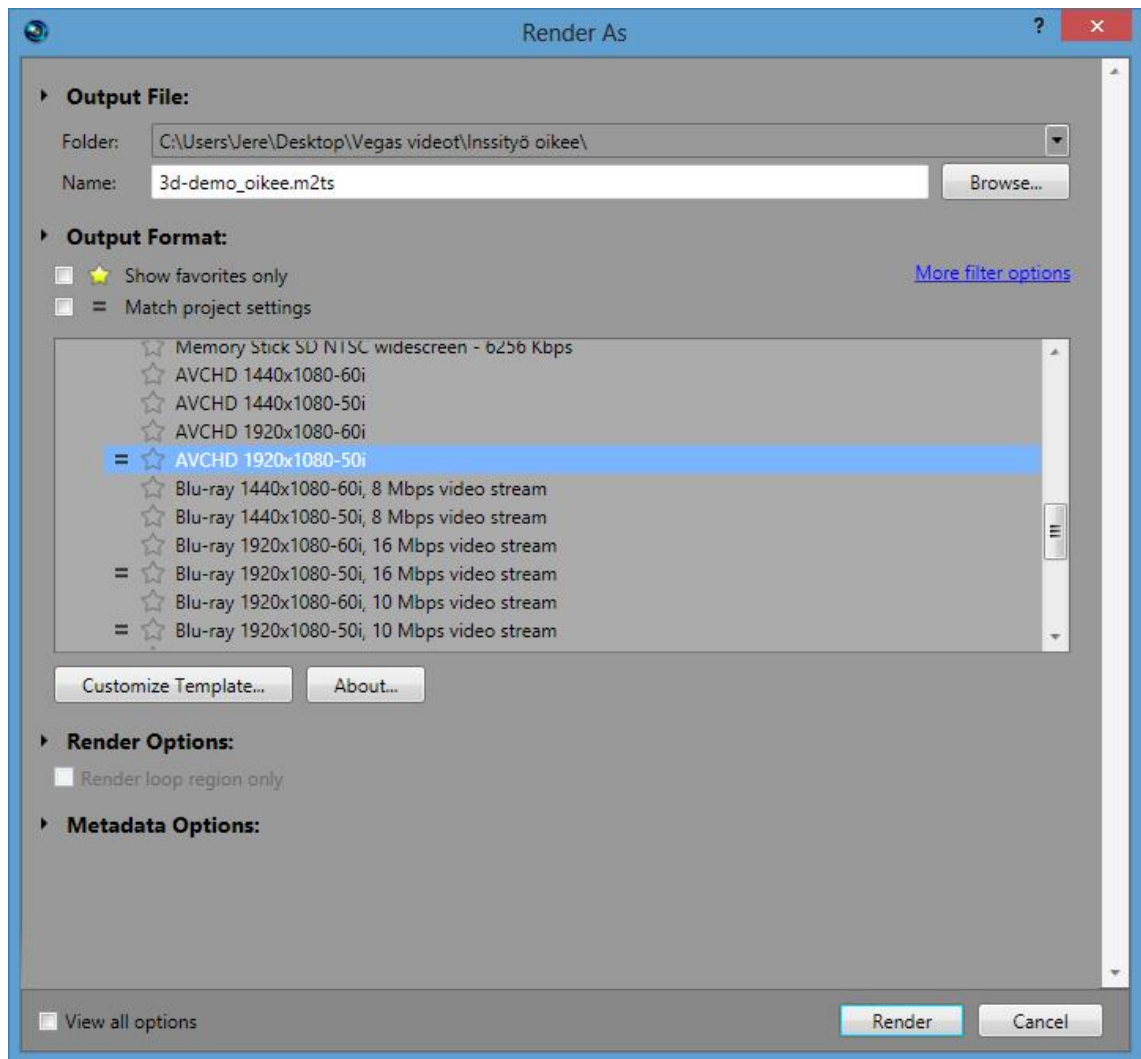


Kuva 34. Valmis projekti aikajanalla

Editoinnin jälkeen video renderöidään haluttuun formaattiin. Testissä käytettiin useita eri formaatteja. Muistitikulta toistettaessa käytettiin AVCHD 1920x1080-50i (kuva 35). AVCHD 1920x1080-50i käyttää MPEG-4 AVC (H.264) -videokoodekkia. AVCHD on helppokäyttöinen varsinkin, kun halutaan tehdä lyhyitä testivideoita, koska video on mahdollista siirtää muistitikulle ja toistaa sitä kautta 3D-televisiossa. AVCHD-tallenteita voidaan esittää ilman muutoksia useimmissa Blu-ray-soittimissa.

Blu-ray-levyltä toistettaessa käytettiin Blu-ray 1920x1080-50i 10Mbps video stream ja Blu-ray 1920x1080-50i 16Mbps video stream -formaatteja (kuva 35). Näissäkin formateissa 3D stereoscopic modena käytettiin side by side (half), jolloin kuvan todellinen resoluutio on 960x1080. Kun haluttiin todellinen Full HD 3D -kuva, käytettiin MVC 1920x1080-24p 24Mbps video stream -formaattia (Multiview Video Coding). Kaupasta ostettu 3D Blu-ray-levy käyttää samaa MVC-formaattia. [49; 50.]

MVC on laajennus MPEG-4 AVC-formaatista (H.264), jota tavallinen 2D Blu-ray käyttää. Formaattien erona on, että MVC:ssä on kaksi eri bittivirtaa. Toisessa bittivirrassa on päänäkymä ja toisessa siitä riippuvainen näkymä. Päänäkymässä käytetään 2D H.264-formaattia. Riippuvainen näkymä ei ole erillinen video streami. Se pystyy viittaamaan päänäkymästä tietoja ja tällä tavalla säästämään kaistaa. Lisäksi riippuvainen näkymä sisältää tiedon toisesta näkökulmasta, joka vaaditaan 3D-kuvan tuottamiseen. [49; 50.]

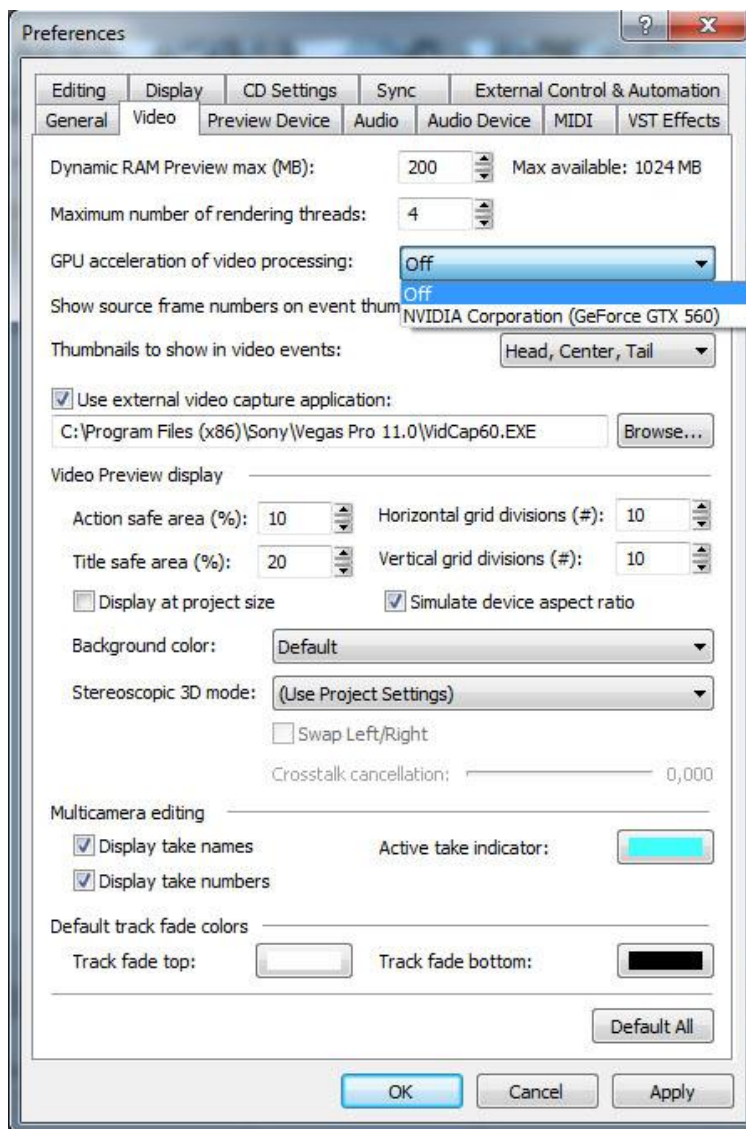


Kuva 35. Videoformaattit

Testissä ilmeni muutamia aikaa vieviä ongelmia. Suurin ongelma oli videomateriaalin polttaminen Blu-ray-levylle ja sen toistaminen Blu-ray-soittimessa. Testin alussa kokeiltiin useiden eri formaattien polttoa Blu-ray-levylle, mutta mikään ei toiminut soittimessa. Lopulta ongelmaksi paljastui Blu-ray-soitin, jolle piti tehdä ohjelmistopäivitys. Internetistä ladatun ohjelmistopäivityksen jälkeen ongelmat korjaantuivat.

Toinen ongelma ilmeni, kun videota renderöitiin MVC 1920x1080-24p 24Mbps video stream -formaattiin. Tällöin Sony Vegas ei suorittanut renderöintiä loppuun, vaan jäi aina jumiin. Vegas Pro 11 sisältää preview-kiihdyttimen, joka vaikuttaa myös renderöintiin. Kiihdyttimellä on omat vaatimuksensa myös näytönohjaimelle. Mikäli näytönohjain ei täytä näitä vaatimuksia, renderöinti jää jumiin. Kiihdyttimen saa

suljettua pois käytöstä kohdasta Options/Preferences/Video - GPU acceleration of video processing (kuva 36). Testissä käytettiin Nvidia GeForce GTX 560 -näyttönohjainta.



Kuva 36. Kiihdyttimen ottaminen pois käytösä

7 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutustua tämän hetken sekä tulevaisuuden TV-tekniikoihin, mediatyhtiöiden nykytilanteeseen sekä uusiin tekijöihin ja innovaatioihin, joilla tilannetta voitaisiin parantaa. Ensiksi työssä käytiin läpi mediatyhtiöiden tilanne ja mietittiin, miten tilannetta voitaisiin parantaa. Yksi mahdollisista ratkaisuista oli HbbTV, joka mahdollistaa Internetin käytön TV-lähetyksissä. Tällä tekniikalla on mahdollisuuksia nousta erittäin suosituksi niin kuluttajien kuin tuottajienkin keskuudessa. Tulevaisuudessa HbbTV voi mahdollistaa kuluttajille erittäin monipuolisia palveluita, sekä sosiaalisen median sovelluksia. TV-yhtiöillä on puolestaan käytössään aivan uudenlainen alusta mainostamiselle.

Tämän jälkeen paneuduttiin -UHDTV ja 3D TV -tekniikkaan. Työssä esitettiin Japanin yleisradion Nippon Hoso Kyokain tekemiä tutkimuksia läsnäolon ja todellisuuden tunteen välittymisestä TV-katsojalle. Paras läsnäolo saavutetaan, kun katselukulma on 80-100 astetta. Tutkimusten mukaan suurempi erottelutarkkuus on välttämätöntä paremman TV-elämyksen saavuttamiseksi.

Lähteet

- 1 Mainosrahoitteinen televisio. Verkkodokumentti.
http://yle.fi/uutiset/heikki_hellman_mainosrahoitteinen_televisio_on_ajautunut_syvaan_kriisiin/6910964. Luettu 8.11.2013.
- 2 Sanoman jättitappiot. Verkkodokumentti.
<http://www.mtv.fi/uutiset/talous/artikkeli/yt-neuvotteluista-ilmoittaneella-sanomalla-jattitappiot/2370576>. Luettu 8.11.2013.
- 3 Sanoma lopettaa nelosen uutiset. Verkkodokumentti.
http://yle.fi/uutiset/sanoma_lopettaa_nelosen_uutiset_ja_vahentaa_vakea/6909999. Luettu 8.11.2013.
- 4 Yle vuosikertomus. 2012. Verkkodokumentti.
http://yle.fi/yleisradio/sites/default/files/attachments/yle_vuosikertomus_2012.pdf. Luettu 28.10.2013.
- 5 Nelonen. Verkkodokumentti. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Nelonen>. Luettu 28.10.2013.
- 6 Tv-mainonta. Verkkodokumentti.
<http://www.mtv.fi/spotti/mainostaminen/tvmainonta>. Luettu 29.10.2013.
- 7 Katkomainonta. Verkkodokumentti.
<http://www.mtv.fi/spotti/mainostaminen/tvmainonta/91210/katkomainonta>. Luettu 29.10.2013.
- 8 Ohjelmaostaminen 2013. Verkkodokumentti.
<http://www.mtv.fi/spotti/mainostaminen/mediatiedot/91557/ohjelmaostaminen-2013>. Luettu 29.10.2013.
- 9 Paikallinen mainonta 2013. Verkkodokumentti.
<http://www.mtv.fi/spotti/mainostaminen/mediatiedot/91644/paikallinen-mainonta-2013>. Luettu 29.10.2013.
- 10 Kohderyhmäkauppa 2013. Verkkodokumentti.
<http://www.mtv.fi/spotti/mainostaminen/mediatiedot/91554/kohderyhmakauppa-2013>. Luettu 30.10.2013.
- 11 Ohjelmayhteistyö. Verkkodokumentti.
<http://www.mtv.fi/spotti/mainostaminen/tvmainonta/91218/ohjelmayhteistyö-ja-sen-eri-mahdollisuudet>. Luettu 30.10.2013.

- 12 Tuotesijoittelu Julkkis-Big Brotherissa jalkautuu reaaliaikaisesti sosiaaliseen mediaan. Verkkodokumentti. <http://spottiblogi.com/>. Luettu 31.10.2013.
- 13 Verkkomainonta. Verkkodokumentti. <http://www.mtv.fi/spotti/mainostaminen/verkkomainonta/124792/verkkomainonta-mtv-mediassa>. Luettu 31.10.2013.
- 14 Mainostaminen Katsomossa. Verkkodokumentti. <http://www.mtv.fi/spotti/mainostaminen/verkkomainonta/116339/katsomon-mainospaikat-ja-hinnat>. Luettu 4.11.2013.
- 15 Rani Malhotra. IEEE Consumer Electronics Magazine July 2013. Luettu 5.11.2013.
- 16 Nikola Kuzmanovic, Velibor Mihic, Tomislav Maruna, Milan Vidakovic, Nikola Teslic. IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 58, No. 3, August 2012. Luettu 5.11.2013.
- 17 ETSI TS 102 796. Verkkodokumentti. http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102700_102799/102796/10279601_02_01_60/102796v010201p.pdf. Luettu 5.11.2013.
- 18 Digi World Institute by IDATE. Luettu 7.11.2013
- 19 Masayuki Sugawara, Kenichiro Masaoka. 2013. UHDTV Image Format for Better Visual Experience. Proceedings of the IEEE Vol. 101, No. 1, January 2013. Luettu 10.11.2013.
- 20 Eisuke Nakasu. Super Hi-Vision on the Horizon. 2012. IEEE Consumer Electronics Magazine April 2012. Luettu 10.11.2013.
- 21 Toru Kuroda. 2010. Current Status on Super HDTV Development in Japan IEEE. Luettu 10.11.2013.
- 22 Takayuki Yamashita. 2012. TV Technology Issue November / December 2012 Vol. 28, No. 12. Luettu 15.11.2013.
- 23 NHK. 22.2 multichannel sound system for Super Hi-Vision. Kuva. http://dbnst.nii.ac.jp/view_image/2514/4521?height=768&width=790. Luettu 16.11.2013
- 24 Recommendation ITU-R BT.2020
- 25 What is ultra hdtv. Verkkodokumentti. <http://www.ultrahdtv.net/what-is-ultra-hdtv/>. Luettu 16.11.2013.

- 26 4K TV. Kuva. <http://dot-color.com/2012/12/04/so-you-bought-a-4k-tv-now-where-is-the-4k-content/rec2020-vs-rec709-001/>. Luettu 16.11.2013.
- 27 Ari, Ikonen. 2009. Teräväpiirtotelevisio. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. ISBN 978-952-92-6406-3.
- 28 3D-TV. Verkkodokumentti. <http://electronics.howstuffworks.com/3d-tv.htm>. Luettu 3.10.2013
- 29 How 3D-TV works. Verkkodokumentti. <http://www.toshiba.com/us/how-3d-tv-works>. Luettu 3.10.2013.
- 30 Hakan Urey, Kishore V. Chellappan, Erdem Erden, Phil Surman. 2011. State of the Art in Stereoscopic and Autostereoscopic Displays. Proceedings of the IEEE Vol. 99, No. 4. Luettu 3.10.2013.
- 31 How 3D works. Verkkodokumentti. <http://www.3dvttechnology.org.uk/how-3d-works>. Luettu 3.10.2013.
- 32 3D-TV buying guide. Verkkodokumentti. <http://reviews.cnet.com/3dtv-buying-guide/>. Luettu 3.10.2013.
- 33 The 3 main types of 3D-technology. Verkkodokumentti. <http://www.3dvttechnology.org.uk/>. Luettu 3.10.2013.
- 34 Polarization. Verkkodokumentti. <http://www.3dvttechnology.org.uk/polarization>. Luettu 7.10.2013.
- 35 Polarizer. Kuva. <http://fi.wikibooks.org/wiki/Tiedosto:Wire-grid-polarizer.svg>. Luettu 7.10.2013.
- 36 How do linear polarization filter work. Verkkodokumentti. <http://www.awater3d.com/en/faq/faq-overview/linear-polarization-filters/?PHPSESSID=189f4dd849b780169928184e50c57bbe>. Luettu 7.10.2013.
- 37 Active 3D vs passive 3D. Verkkodokumentti. http://reviews.cnet.com/8301-33199_7-57437344-221/active-3d-vs-passive-3d-whats-better/. Luettu 7.10.2013.
- 38 Active 3D. Verkkodokumentti. <http://www.3dvttechnology.org.uk/active-3d>. Luettu 7.10.2013.
- 39 Lenticular lens. Kuva. <http://paulbourke.net/stereographics/lenticular>. Luettu 15.10.2013.

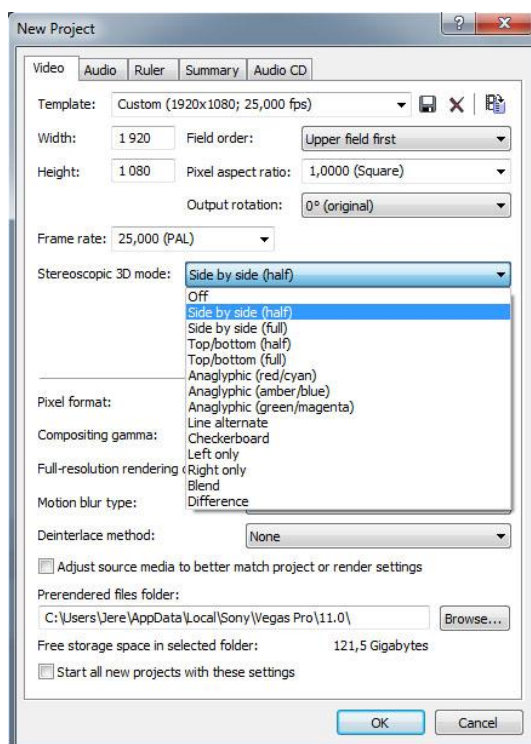
- 40 Parallax Barrier Technology. Verkkodokumentti. <http://www.3dtvtechnology.org.uk/parallax-barrier>. Luettu 15.10.2013.
- 41 Autostereoscopic displays. Verkkodokumentti. <http://sp.cs.tut.fi/mobile3dtv/technology/displays.shtml>. Luettu 15.10.2013.
- 42 Parallax Barrier. Kuva. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Parallax_barrier_vs_lenticular_screen.svg. Luettu 15.10.2013.
- 43 Hdmi. Verkkodokumentti. http://www.hdmi.org/manufacturer/hdmi_1_4/. Luettu 15.10.2013.
- 44 3D blu-ray. Verkkodokumentti. http://news.cnet.com/8301-17938_105-20063310-1/how-3d-content-works-blu-ray-vs-broadcast/. Luettu 15.10.2013.
- 45 Full HD 3D. Verkkodokumentti. <http://www.best-3dtvs.com/what-is-full-hd-3d-fhd3d/>. Luettu 15.10.2013.
- 46 HDMI 2.0. Verkkodokumentti. http://reviews.cnet.com/8301-33199_7-57603018-221/hdmi-2.0-what-you-need-to-know/. Luettu 16.10.2013.
- 47 What is over-under 3D. Verkkodokumentti. <http://www.best-3dtvs.com/what-is-over-under-top-and-bottom-3d/>. Luettu 16.10.2013.
- 48 What is side by side 3D. Verkkodokumentti. <http://www.best-3dtvs.com/what-is-side-by-side-3d/>. Luettu 16.10.2013.
- 49 Blu-ray 3D format. Verkkodokumentti. <http://www.tomshardware.com/reviews/blu-ray-3d-3d-vision-3d-home-theater,2636-3.html>. Luettu 7.2.2014.
- 50 MVC encoding. Verkkodokumentti. http://www.sonycreativesoftware.com/dostudio/understanding_3d_authoring_blu-ray_3d_mvc_encoding. Luettu 7.2.2014
- 51 Michael Robin and Michel Poulin, Digital Television Fundamentals, 2nd edition, McGraw-Hill, New York, 2000, ISBN 0.07-135581-2, pp. 345-352. Luettu 11.2.2014.

1 3D-tuotantoprosessi

1.1 3D-videon toistaminen blu-ray-levyltä käyttäen MVC 1920x1080-24p -formaattia

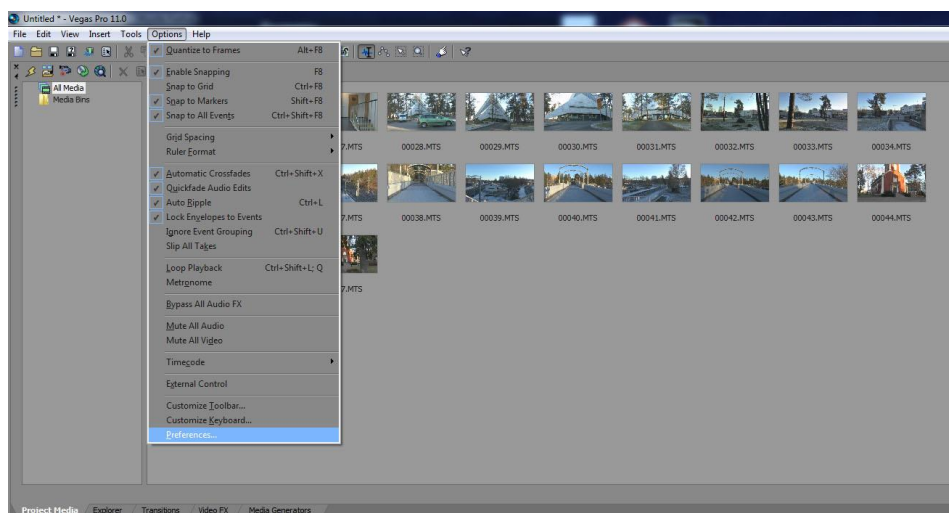
1.1.1 Asetukset

Projektin alussa valitaan asetukset kohdasta File / New. Asetukset kannattaa valita samoiksi, joita 3D-kamera käyttää: Full-HD-resoluutio 1920 x 1080 25fps. kuten kuvassa 1. Stereoscopic 3D modeksi valitaan side by side (half). Kun tehdään Full-HD 3D:tä käyttäen MVC 1920x1080-24p -formaattia, stereoscopic 3D -asetus voi olla mikä tahansa neljästä: side by side (half / full), tai top/bottom (half/full). Jos stereoscopic 3D mode on pois päältä, videota ei ole mahdollista renderöidä MVC 1920x1080-24p -formaattilla. Ääniasetuksiin ei tehty muutoksia, jolloin formaattina toimii Dolby Digital AC-3. Asetuksia on mahdollisuus vaihtaa projektin edetessä kohdasta File / Properties.

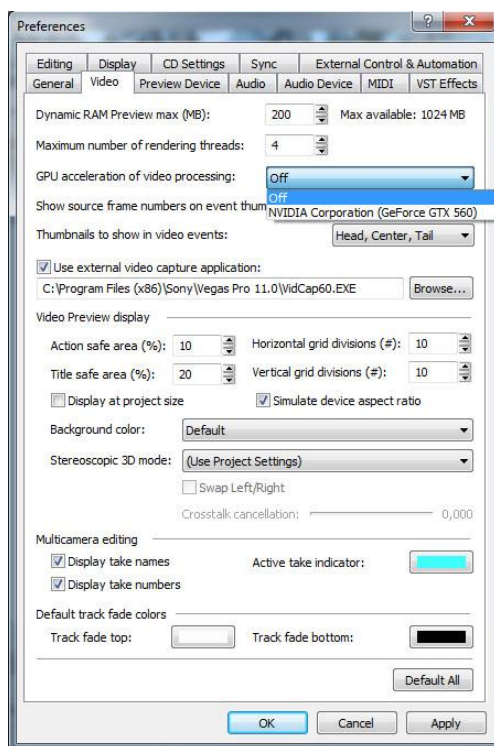


Kuva 1. Vegas-asetukset

Vegas Pro 11 sisältää preview-kiihdyttimen, joka vaikuttaa myös renderöintiin. Kiihdyttimellä on omat vaatimuksensa myös näytönohjaimelle. Mikäli näytönohjain ei täytä näitä vaatimuksia, renderöinti jää jumiin. Kiihdyttimen saa suljettua pois käytöstä kohdasta Options/Preferences/Video - GPU acceleration of video processing (kuva 2 ja 3).



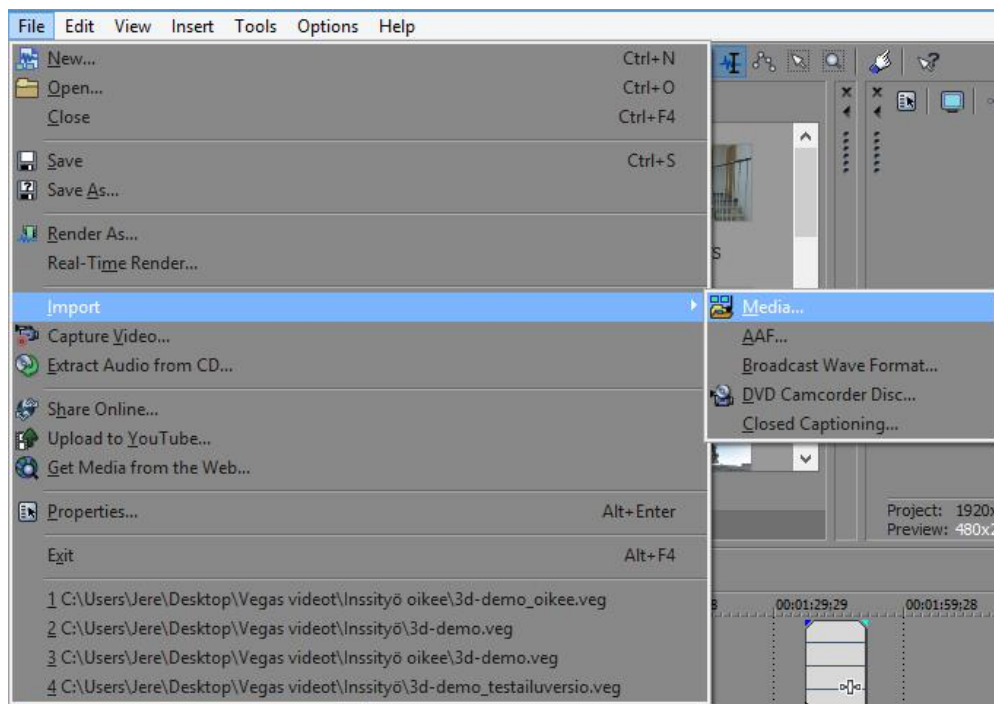
Kuva 2. Options / Preferences



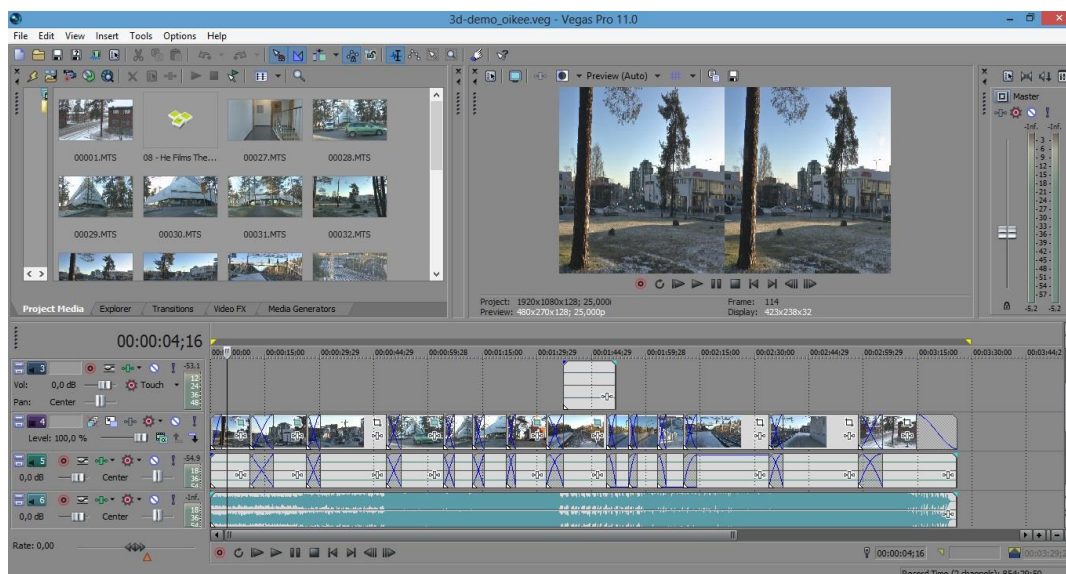
Kuva 3. GPU acceleration of video processing

1.1.2 Median lisääminen

Kohdasta File/Import/Media on mahdollista lisätä projektiin video, sekä musiikki (kuva 4). Tämän jälkeen videoita editoidaan haluamalla tavalla. Kuvassa 5 on valmiiksi editoitu video aikajanalla.



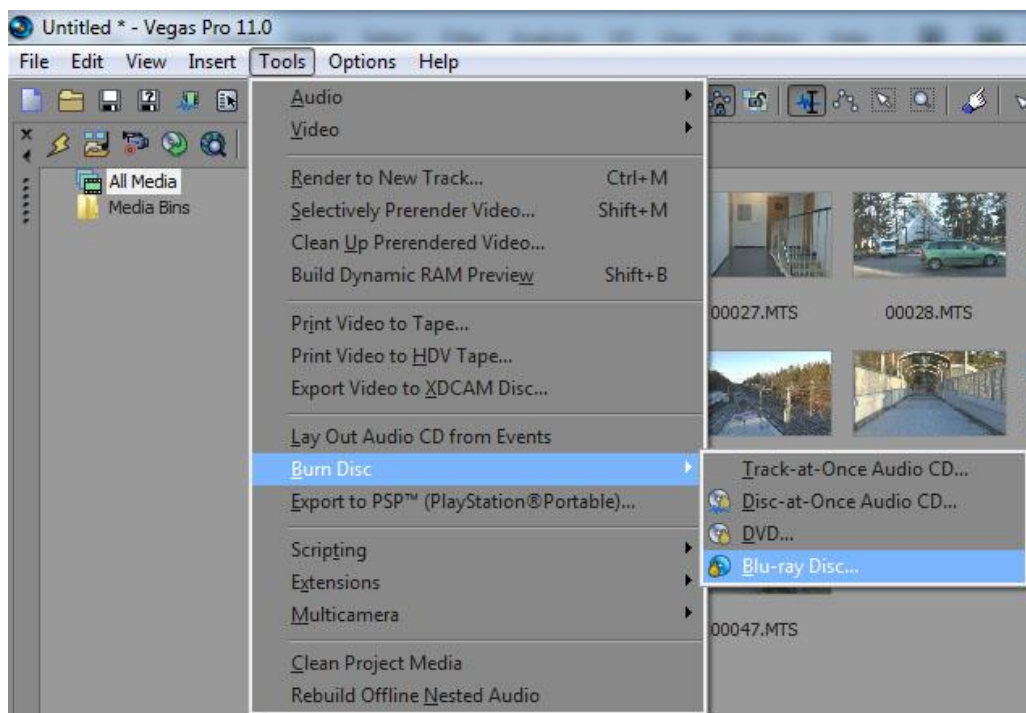
Kuva 4. Uuden median lisääminen



Kuva 5. Valmis projekti aikajanalla

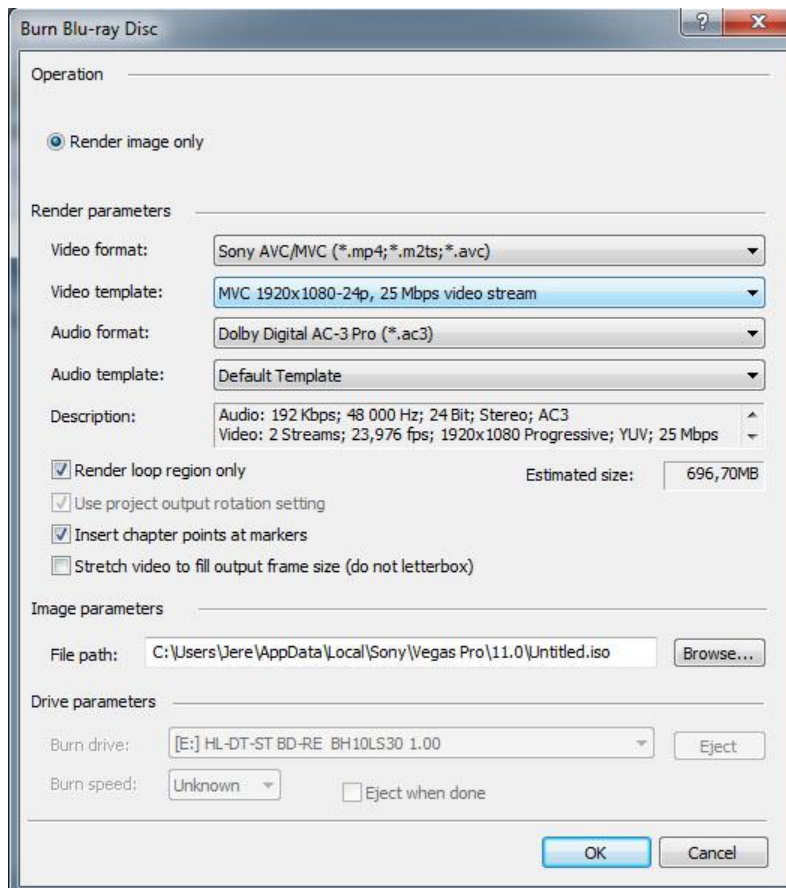
1.1.3 Renderöinti

Vegas Pro 11:sta on ominaisuus, jota käyttämällä videon polttaminen blu-ray-levylle on helppoa. Kun video halutaan renderöidä ja toistaa blu-ray-levyltä valitaan Tools/Burn Disc/Blu-ray Disc (kuva 6). Kyseinen valikko renderöi videon haluttuun MVC -formaattiin ja tekee siitä image-tiedoston. Image-tiedosto on helppo polttaa ilmaisella ImgBurn ohjelmalla.



Kuva 6. Renderöinti blu-ray-levylle sopivaan formaattiin

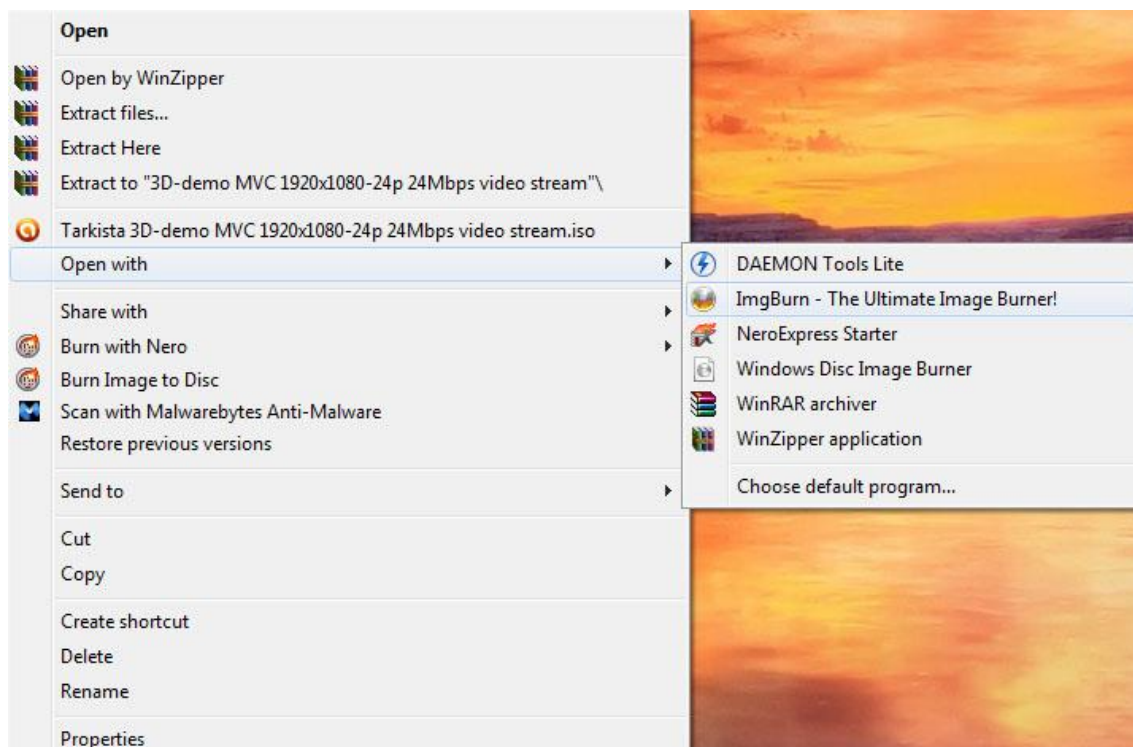
Tämän jälkeen valitaan MVC 1920x1080-24p, 25Mbps video stream (kuva 7).



Kuva 7. Blu-ray-levyn asetukset

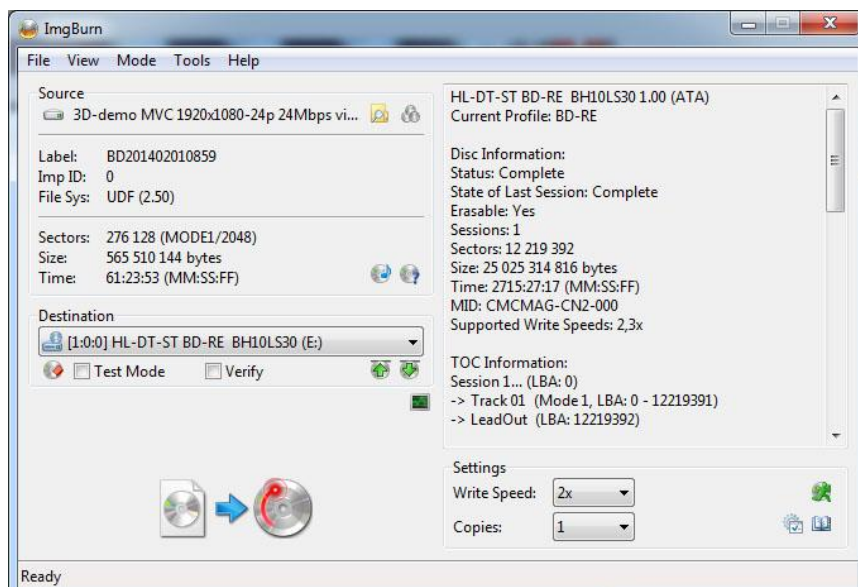
1.1.4 Blu-ray-levyn poltto

Image-tiedosto on helppo polttaa blu-ray-levylle klikkaamalla tiedostoa hiiren oikealla näppäimellä ja valitsemalla Open with/ImgBurn - The Ultimate Image Burner (kuva 8)



Kuva 8. Image-tiedoston avaaminen ImgBurn ohjelmalla

Tämän jälkeen painetaan vasemmalla alhaalla olevaa ikonia write (kuva 9).

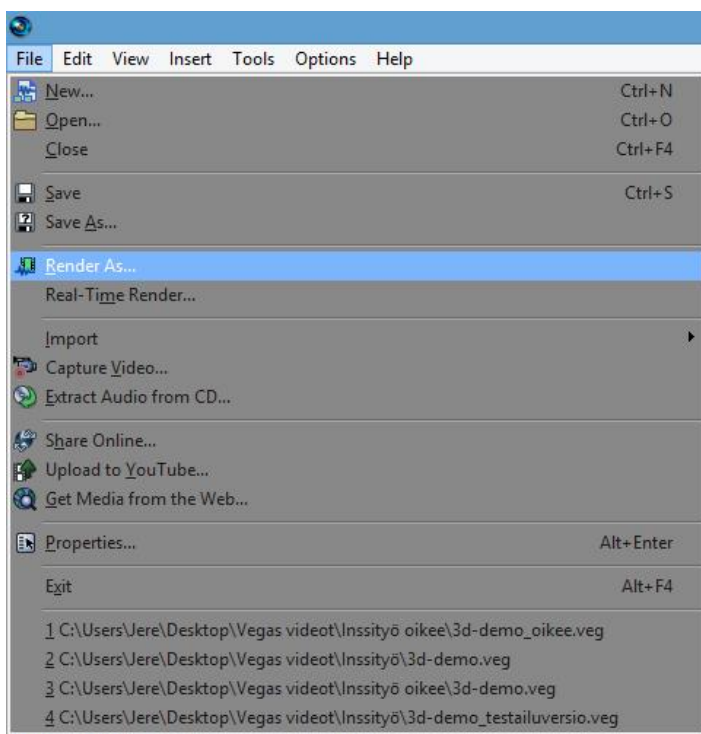


Kuva 9. Blu-ray-levyn polttaminen

1.2 3D-videon toistaminen muistitikulta käyttäen AVCHD 1920x1080-50i -formaattia

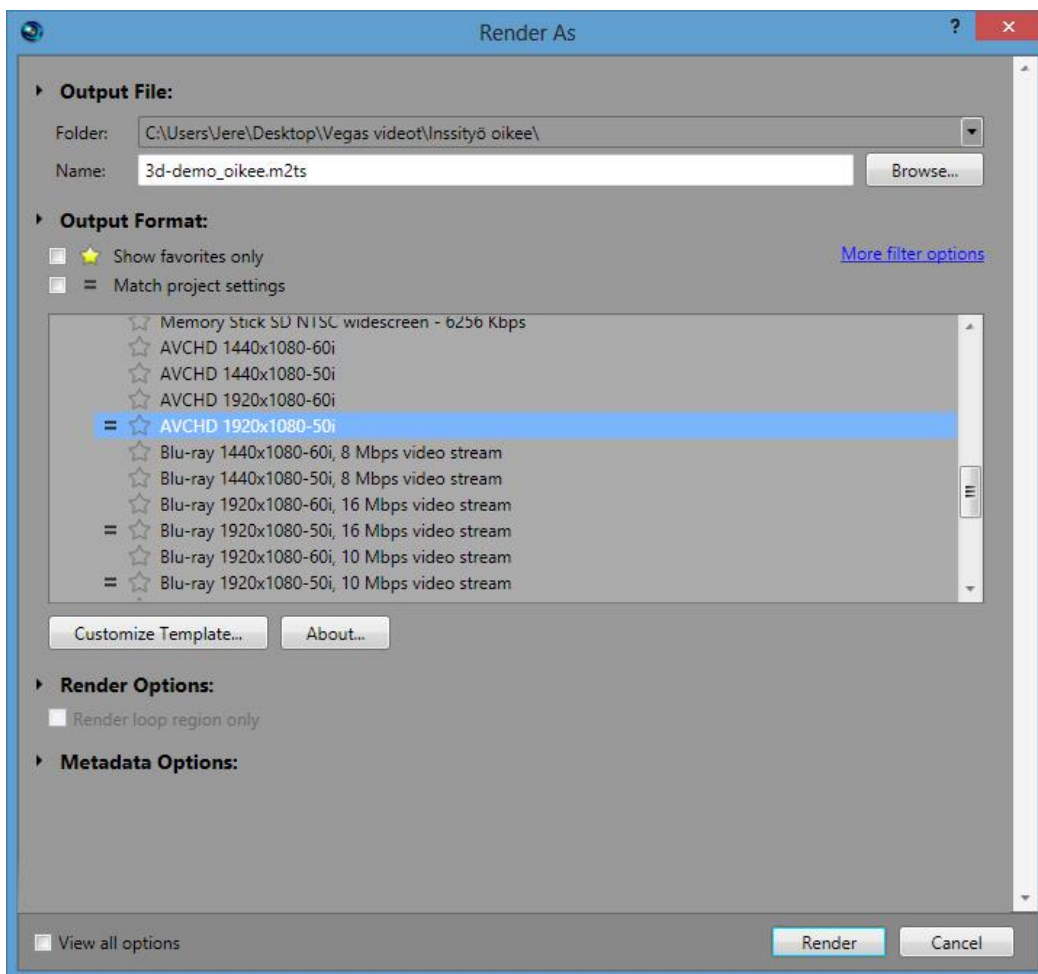
Projektin asetukset ja median lisääminen tapahtuu samalla tavalla kuin aikaisemmin. Ainoa muutos on stereoscopic 3D mode, joka on valittava 3D-television mukaan. Projektissa käytettiin asetusta side by side (half), jolloin kuvan todellinen resoluutio on 960x1080.

Editoinnin jälkeen video renderöidään haluttuun formaattiin kohdasta File/Render As (kuva 10). Renderöintiin kannattaa varata runsaasti aikaa, sillä se kestää useita tunteja riippuen videon pituudesta ja editoinnista.



Kuva 10. Renderöinti

Vegas 11 näyttää formaatit, jotka sopivat projektin asetuksiin "=" merkillä kuten kuvassa 11. Listasta valitaan AVCHD 1920x1080-50i, joka käyttää MPEG-4 AVC (H.264) -videokoodekkia ja painetaan render. AVCHD on helppokäyttöinen varsinkin kun halutaan tehdä lyhyitä testivideoita, koska video on mahdollista siirtää muistitikulle ja toistaa sitä kautta 3D-televisiossa. AVCHD tallenteita voidaan esittää ilman muutoksia useimmissa Blu-ray-soittimissa.



Kuva 11. Videoformaatit

Renderöinnistä valmistunut .m2ts tiedosto siirretään muistikulle ja toistetaan 3D-televisiossa.

