

Maa-57.270 Fotogrammetrian seminaarityö

Autostereoskooppinen näyttö

2005

Jaakko Järvinen

Sisällysluettelo

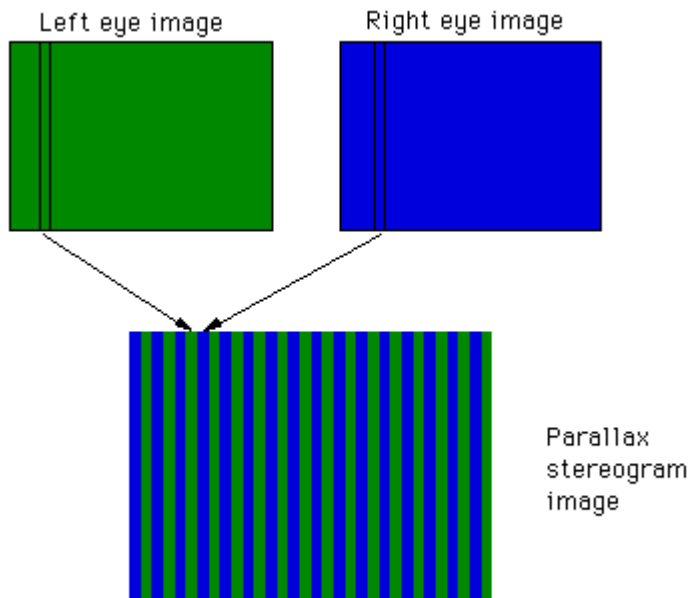
1. Johdanto	3
2. Komposiittikuvat autostereoskooppisten kuvien toteutuksessa	3
2.1 Juovallisen Näköestekalvon käyttö (barrier sheet)	3
2.2 Linssihilakalvon käyttö (lenticular sheet)	4
3. Autostereoskooppinen Cambridge näyttö	5
3.1 Näytön suunnitteluun vaikuttavat muuttujat	8
3.2 Cambridge näytön katselualueen analysointia	9
4. Yhteenveto	10
Viitteet	11

1. Johdanto

Autostereoskooppisella näkemisellä tarkoitetaan tapaa tuottaa stereokuvia, joiden stereotarkastelu voidaan suorittaa sellaisenaan ilmaan mitään erityisiä laseja tai menetelmää, kuten kuvapari ristiin- tai suoraan katsomista apuna käyttäen. Ideana on siis, että autostereoskooppisen kuvan avulla voidaan tuottaa tarkastelijalle stereonäkymä ilman apuvälineitä tai erikoismenetelmiä kuvaa tarkastellessaan (Bourke 1999).

2. Komposiittikuvat autostereoskooppisten kuvien toteutuksessa

Käytännössä autostereoskooppisen kuvan toiminta perustuu siihen, että stereokuvaparin molemmat kuvat tulostetaan samalle paperille kapeina vuorottelevina kaistaleina. (Kuva 1). Kaistaleet tulostetaan siten, että oikeanpuoleisen kuvan raita tulee vasemman kuvan raidan vasemmalle puolelle. Tulostuksen jälkeen molemmat stereokuvaparin kuvat sisältävän komposiittikuvan päälle asetetaan osittain tai kokonaan läpinäkyvä hilakalvo, jonka avulla vasen silmä näkee vain vasemmalle silmälle tarkoitetut kuvaraidat ja samoin oikea silmä näkee vain oikeanpuoleisen kuvan raidat.



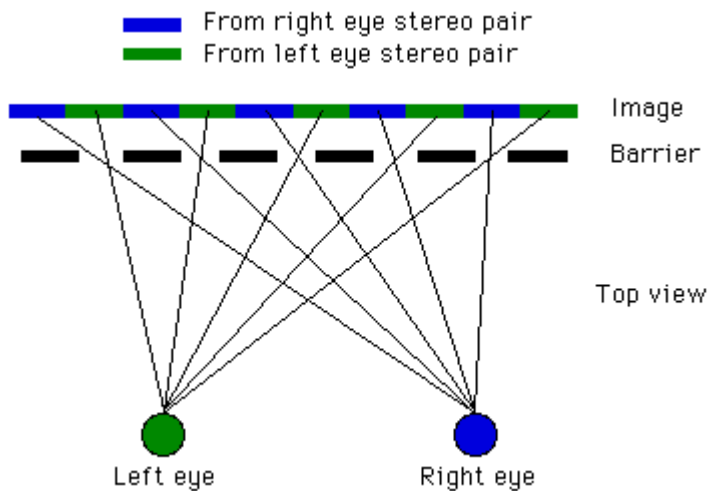
Kuva 1. Komposiittikuvan valmistaminen (Bourke 1999)

Katseluhetkellä komposiittikuvan kuvaraitojen jaottelu vasemman ja oikean silmän näkemiin raitoihin voidaan toteuttaa kahdella tavalla. Yksi visualisointitapa perustuu osittain läpinäkymättömän, niin kutsutun juovittaisen näköestekalvon (barrier sheet) käyttöön. Toinen menetelmä puolestaan käyttää hyväkseen kapeista vierekkäisistä linseistä muodostuvaa kalvoa (lenticular sheet), jossa eri silmien näkemien kuvaraitojen jaottelu tapahtuu linseissä tapahtuvan valon taittumisen avulla.

2.1 Juovallisen näköestekalvon käyttö (barrier sheet)

Yksi tapa toteuttaa eri silmille näkyvien kuvaraitojen erottelu on asettaa komposiittikuvan päälle sopivalle etäisyydelle kuvan pinnasta hilakalvo, jossa vuorottelevat läpinäkyvät ja läpinäkymättömät alueet (Kuva 2). Tämän menetelmän perusideana on se, että vasemman ja oikean silmän eroavista sijainneista johtuen ne näkevät komposiittikuvan eri osia tasaisen näköestekalvon

läpinäkyvistä raoista läpinäkymättömien kohtien peittäessä samanaikaisesti toiselle silmälle tarkoitetut kuvaraidat.

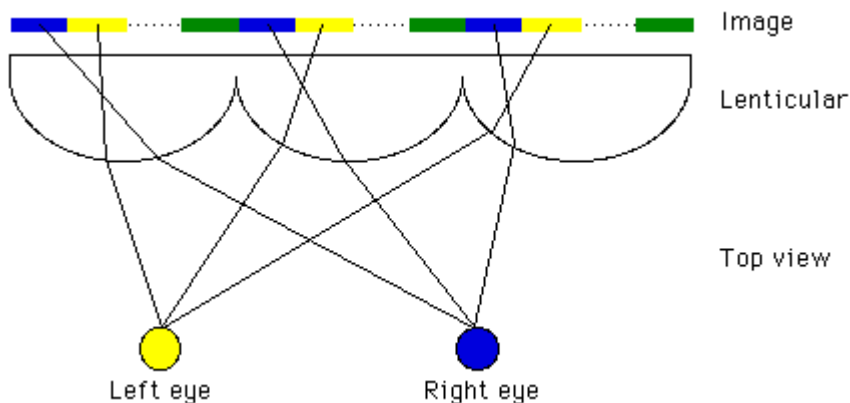


Kuva 2. Juovallisen näköestekalvon käytön periaate (Bourke 1999)

Näköestekalvon käytön huonona puolena on se, että läpinäkymättömistä raidoista johtuen vain osa valonsäteistä pääsee kulkemaan kalvon lävitse. Tästä johtuen kuvan katselu vaatii hyvät valaistusominaisuudet ja jopa kuvan valaisemisen takaapäin lisävalaistuksen aikaan saamiseksi. Näköestekalvon käytön kohdalla on syytä huomioida myös sellainen seikka, että kyseinen stereovisualisointimenetelmä soveltuu vain yhden katsojan tarkasteltavaksi kerrallaan.

2.2 Linssihilakalvon käyttö (lenticular sheet)

Näköestekalvon kohdattu todettu hilankalvon läpinäkymättömistä kohdista johtuvaa valomäärän heikkenemistä voidaan vähentää käyttämällä linssihilakalvoa näköestekalvon sijaan. Linssihilakalvo muodostuu kapeista ja pitkulaisista sekä mahdollisimman homogeenisestä linssirivistöstä. Tällainen kalvo voidaan valmistaa esimerkiksi muovista jyrsimällä rakojen kohdat pois tasaisesta levystä.



Kuva 3. Linssihilakalvon kuvaraitajaottelun periaate (Bourke 1999)

Linssihilakalvossa vasemmalle ja oikealle silmälle näkyvien kuvaraitojen jaottelu tapahtuu valon taittumisen avulla linsien ja ilman rajapinnassa (Kuva 3). Erillään sijaitsevien silmien katseet kohdistuvat saman linsin kohdalla hieman eri kohtiin linsin pinnalla, mistä johtuen ne näkevät myös hieman eri kohtiin linsin taustalla olevan kuvan pinnalla. Koska valonsäteet kulkevat näköestekalvosta poiketen kalvon lävitse sen koko linssihilakalvon alueella, säilyy kuvasta silmiin saapuvan valon määrä suurempana.

Toteutettaessa autostereoskooppista kuvaa linssihilakalvon avulla, voidaan käyttää useampia kuvia yhden stereokuvaparin käytön sijaan. Tällöin kuvaus tapahtuu siten, että kuvia otetaan tasaisin välimatkoin, liikuttamalla kameraa kuvakantasuoraa pitkin sivusuunnassa kuvauksen välissä. Tämän jälkeen komposiittikuva muodostetaan lisäämällä vuoronperään kuvaraita kultakin käytettävältä kovalta kuvan 3 mukaisesti. Useammasta kuin kahdesta kuvasta koostuvaa autostereoskooppista komposiittikuvaa kutsutaan panoramaagrammiksi ja sen avulla voidaan tarkastella laajempaa näkymäaluetta samalta kovalta muuttamalla katselusuuntaa sivusuunnassa kuvan edessä.

Panoraamagrammi voidaan toteuttaa myös siten, että kameraa kierretään ympäri vakiomittaisena säilyvän kuvausvarren päässä suunnattuna kuvausympyrän keskipisteessä sijaitsevaan kohteeseen, kuten esimerkiksi maljakkoon. Tällöin voidaan muodostaa panoraamakuva, jossa maljakko näyttää ikään kuin pyörivän akselinsa ympäri katselijan liikkeessä sivusuunnassa kuvan edessä.

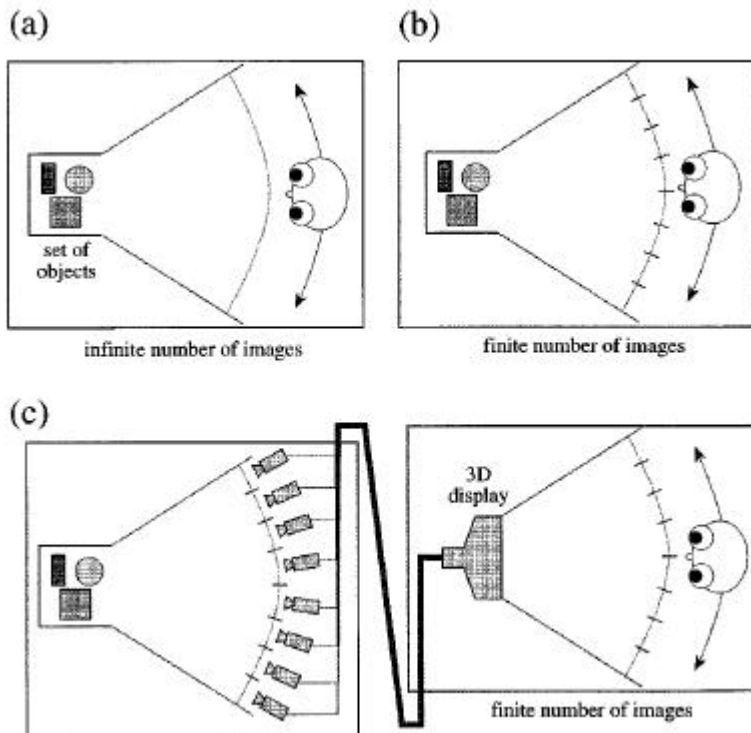
Autostereoskooppista kuvaa toteutettaessa voidaan käyttää myös liikeparallaksia näennäisen liikkeen muodostamiseksi kuvan tarkastelukulmaa muutettaessa. Esimerkkinä tällaisen liikeparallaksiefektin lisäämisestä autostereoskooppisesti tarkasteltavaan kuvaan tarjoaa tilanne, jossa otetaan ensin yksi stereokuvapari kohteen ollessa yhdessä paikassa ja toinen kuvapari täsmälleen samalta kuvauskohdalta edellisen kuvanparin kanssa kohteen liikuttua hieman paikasta toiseen.

Hilakalvoa käyttämällä voidaan sitten määrittää sen stereokuvaparin raidoitus, joka katselijalle kulloinkin näytetään komposiittikovalta ja siten katsojalle muodostuu illuusio liikkeestä kuvalla toisistaan kohteen sijainnin osalta hieman eroavien stereokuvaparien käytön avulla. Tällöin puhutaan liikeparallaksin käytöstä.

3. Autostereoskooppinen Cambridge-näyttö

Cambridge-näyttö on autostereoskooppinen limittäiseen moniaikaisuutteen (interleaving time-multiplexed) perustuva 3D-näyttö. Se tuottaa katsojalle samanaikaisesti sekä stereo- että liikeparallaktisen kuvan ilman tarvetta erityislasiin käyttöön (Dodgson 1995). Molempien edellä mainittujen parallaksien samanaikainen käyttö tuottaa katsojalle varsin voimakkaan aistimuksen kohteen kolmiulotteisuudesta.

Cambridge-näytön toiminta perustuu siihen, että katselualan jaetaan useampaan osa-alueeseen näyttöruudulla normaalisti näkyvän yhden ainoan 2D näkymän sijaan. Näin ollen katsojan on mahdollista saada lisää viitteitä kohteen kolmiulotteisuudesta myös sivuttaissuuntaisen liikkumisen ja pään kääntelyn avulla (Kuva 4).



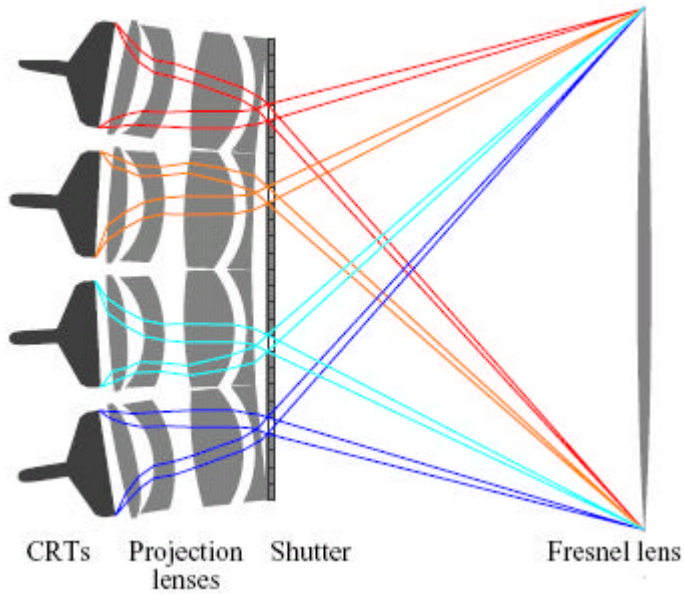
Kuva 4. Gambridge-näytön toimintaperiaate (Dodgson 1995, Fig. 1)

Kuvan kohdassa (a) näkyvä tilanne edustaa ihmisen normaalia kohteen tarkastelutapaa, jolloin kohde on hänen edessään ja hänellä on käytettävissään ääretön määrä tarkasteluun. Kohdassa (b) näiden tarkastelupisteiden lukumäärä on jaettu diskreetisti rajalliseksi. Oleellista tätä katselualueen diskretisointia toteutettaessa on kuitenkin se, että kumpikin silmä näkisi vain oman näkymäsarakeensa.

Itse Gambridge-näytön toiminta, kohta (c) perustuu juuri tällaiseen rajalliseen mutta kuitenkin riittävää tarkastelupisteiden lukumäärään, jotta stereokuvan tarkasteleminen voi tapahtua myös tarkastelijan liikkua sivusuuntaisesti.

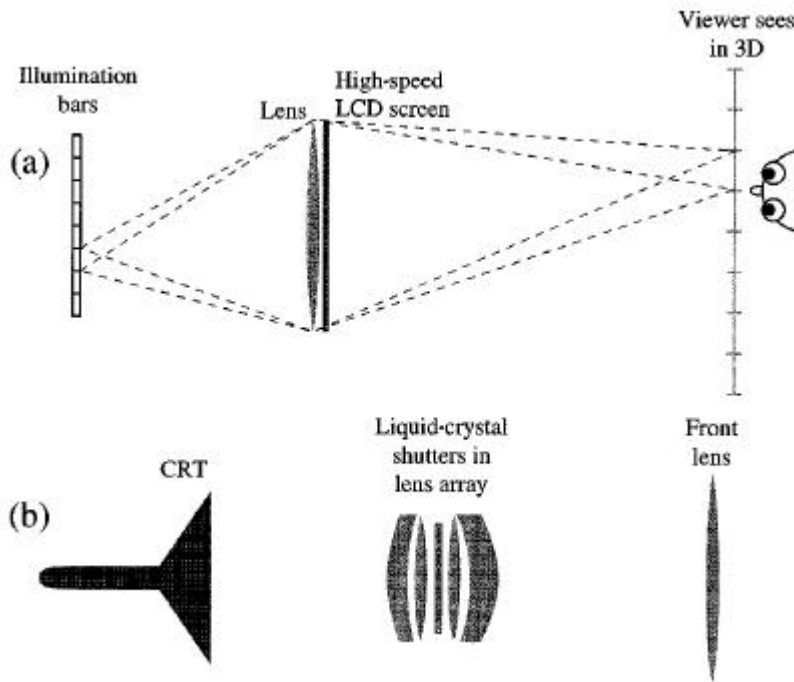
Tarkasteluetaisyys suhteen sopivan levyiset vierekkäiset kuvasarakeet toimivat sitten ikään kuin stereokuvaparin tapaan, tarjoten näin oman kuvan sekä vasemmalle että oikealle silmälle stereonäkymän muodostamista varten. Sopivan sarakelevyeyden valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat lähinnä käytettävissä olevien kaveroiden määrä, tarkastelijan silmävälin koko (oletetaan usein olevan 6,5 senttimetrin levyinen) sekä tarkastelijan etäisyys näytön pinnasta.

Eri valonlähteistä tulevat stereokuvan osakuvat joudutaan sitten vielä yhdistämään kokoomalinnin avulla yhdeksi tarkastelusuunnan mukaan muuttuvaksi kuvaksi (Kuva 5).



Kuva 5. Stereokuvan osakuvien kokoaminen yhdeksi kuvaksi katsojaa varten (Dogson ym., 2000b, Fig. 3)

Cambridge-näytön perusmallin toteutuksessa käyttää hyväksi LCD-näyttötekniikka (liquid crystal display) ja sarjaa vierekkäisiä suorakaiteen muotoisia valonlähteitä (Kuva 6). Kukin valonlähteistä sytytetään vuorollaan kohdan (a) mukaisesti ja LCD-näytön pinnalla näytetään erilaisten kohteiden kuvia sopivasti hieman erilaisina vierekkäisille kuvasarakkeille. Valopalkkien ja näytön välissä olevan linssin tarkoituksena on kohdentaa LCD-näytölle saapuvat valonsäteet siten, että kaikki järjestelmän avulla tuotetut näkymät näkyvät katselijalle kolmiolotteisina sopivan tarkasteluetäisyyden päässä.



Kuva 6. Cambridge-näytön toteutuksen rakenne (Dodgson 1995, Fig. 2)

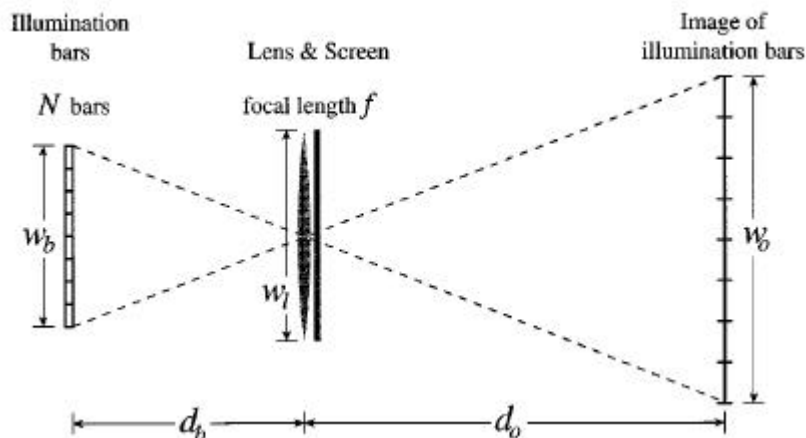
Cambridge-näytön toteutusta LCD-näytön avulla rajoittaa lähinnä näytöltä vaadittava suuri virkistystaajuus. Esimerkiksi kahdeksan näytön käyttö samanaikaisesti 60 Hz:n taajuutella vaatii

näytöltä 480 Hz:n virkistystaajuutta, johtuen siitä että kunkin erillisen näytön valaisemaa kuvan osa-alueita näyttää vain 1/8 ajan verran koko kuvan virkistystaajuudesta. Jos Cambridge-näytön koko tahdottaisiin kasvattaa vaikkapa 32 samanaikaiseen näyttöön vaatisi linssisysteemin välissä olevalta LCD-sulkijarivistöltä lähes 2 kHz:n virkistystaajuutta.

Vaihtoehtona LCD:n käytölle on perinteisempien 1 kHz:n CRT-näyttöjen (catod ray tube) käyttö yhdistettynä monimutkaisempaan linssijärjestelmään ja hitaampien liquid-crystal sulkimien käyttöön linssijärjestelmän sisällä. CRT-tekniikkaan perustuvan autostereokuvantuottojärjestelmän rakennetta esitellään tarkemmin saman kuvan kohdassa (b). Käytännössä tällainen monesta CTR-näytöstä koostuvan näyttöjärjestelmän toteutus on osoittautunut yksinkertaisesta periaatteestaan huolimatta esimerkiksi värierottelun takia varsin hankalaksi tehtäväksi. (Dogson ym., 2000a ja Dogson ym., 2000b).

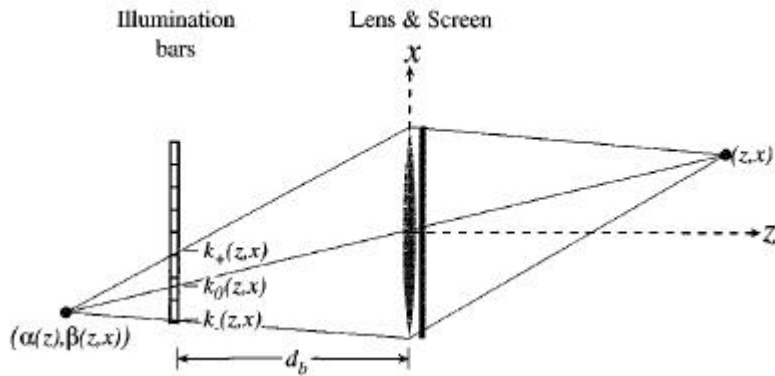
3.1 Cambridge näytön suunnitteluun vaikuttavat muuttujat

Yksi Cambridge-näytön suunnitteluun ja toteutukseen runsaasti vaikuttava tekijä on käytettävissä olevan näyttötekniikan lisäksi myös sen katselualueen koko W_0 , jolla autostereokuvan tarkasteleminen on tarkoitus suorittaa katsojan keskimääräinen silmäväli huomioiden (Kuva 7). Muita tekijöitä ovat muun muassa käytettävien näyttöjen resoluutio, eli näytölle alueelle W_b mahtuvien valaisuraitojen lukumäärä N sekä valonsäteiden kokoamiseen ja ohjaamiseen tarvittavan linssin koko W_l ja polttoväli. Nämä kaikki tekijät vaikuttavat sitten luonnollisesti valaistusristikon ja linssin d_b sekä linssin ja katselualueen sijainnin väliseen etäisyyteen d_o .



Kuva 7. Cambridge-näytön toteutukseen vaikuttavat suuret (Dodgson 1995, Fig. 3)

Autostereoskooppisen näytön suunnittelua varten on hyvä määritellä myös koordinaatisto, jonka lähtökohtana on tarkastelijan pupilin kuvautuminen linssin lävitse valaistusristikolle (Kuva 8). Tällaisen koordinaatiston muodostamisen jälkeen suunnitteilla olevan Cambridge-näytön toiminta voidaan määrittää tarkastelilähtöisessä koordinaattijärjestelmässä varsin yksinkertaisesti pelkästään edellä esitettyjen muuttujien d_0 , W_0 , W_l ja N avulla.



Kuva 8. Laskennallinen yhteys tarkastelupisteen ja laitteiston välillä (Dodgson 1995, Fig. 4)

3.2 Cambridge-näytön katselalueen analysointia

Cambridge-näytön suunnittelussa yksi tärkeimpiä huomioon otettavia asioita on tietysti sen tarjoaman autostereokatselualueen suuruus. Tasomaista näyttöpintaa käytettäessä kartiomaisten näkymäsarakeiden leveys kasvaa suhteessa etäisyyteen näyttössä (Kuva 9). Ihmisen stereotarkastelussa käyttämän silmävälin suuruus sen sijaan säilyy kaiken aikaa muuttumattomana, suoritettiinpa stereotarkastelu sitten kuinka kaukaa tai läheltä näyttöä hyvänsä.

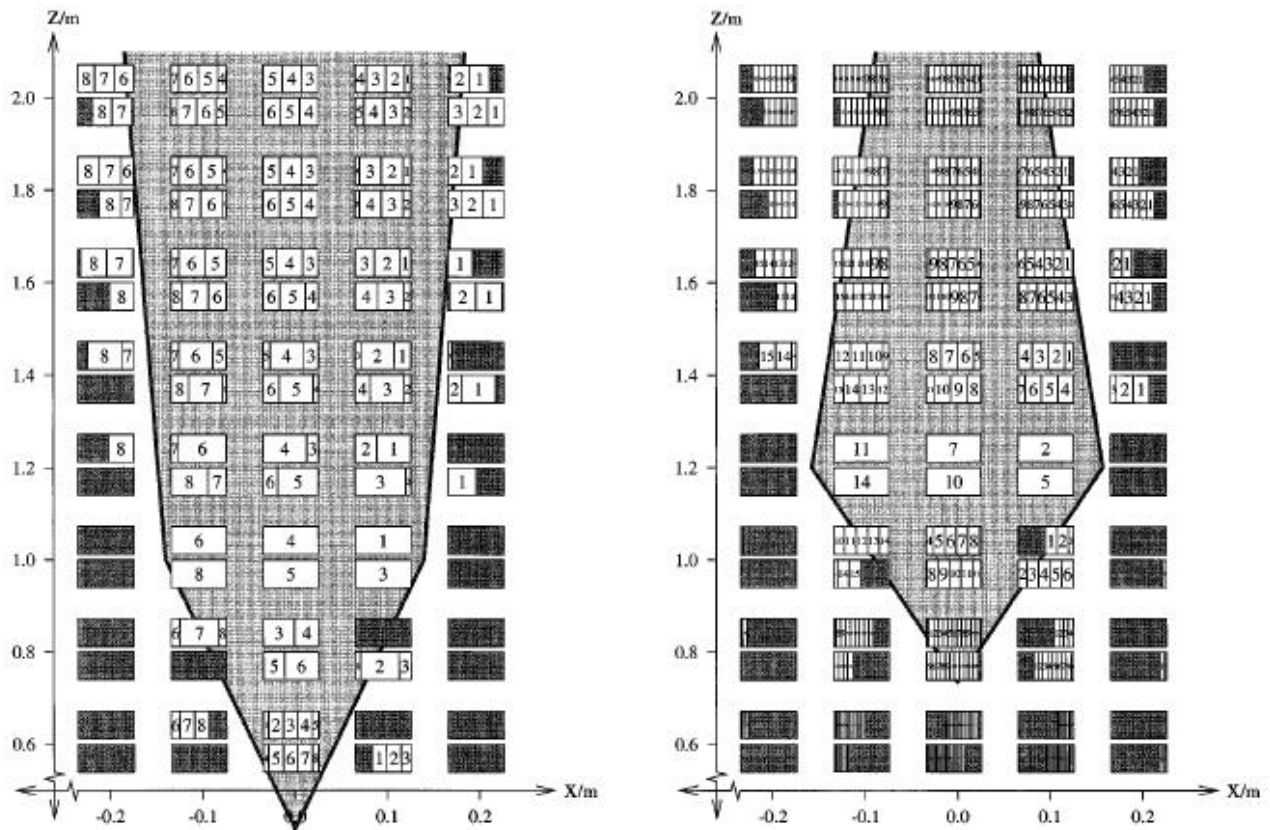


Kuva 9. Esimerkki Cambridge-näytön toteutuksesta (Dogson ym., 2000a, Fig. 6)

Näkymäsarakeiden leveyden muuttumisesta johtuen vaihtuvat sitten myös tarkastelijan silmiin tulevat kuvat tarkasteluetaisyyden mukaan. Mikäli stereotarkastelu suoritetaan liian läheltä näyttöä, hyppäävät ihmisen silmät tavallaan yhden näkymäsarakeen ylitse, jolloin siihen kuuluva kuva jää kokonaan saapumatta silmiin sen jäädessä näkymättömiin silmien välille.

Liian suuri etäisyys näytöstä johtaa sitten puolestaan tilanteeseen, jossa katsojan molemmat silmät joutuvat yhden ja saman näkymäsarakeen sisälle. Tällaisessa tilanteessa molemmat silmät näkevät samanaikaisesti täsmälleen saman kuvan, mistä johtuen stereovaikutelmaa ei luonnollisesti pääse syntymään.

Käytettävissä olevan autostereokuvan toimivan tarkastelualueen muotoon ja toimivuuteen ja muotoon voidaan vaikuttaa muun muassa käytössä olevien kameroiden lukumäärää lisäämällä (Kuva 10).



Kuva 10. Kuvauksessa käytettävien kameroiden lukumäärän vaikutus stereotarkastelualan kokoon ja muotoon a) 8 kameran ja b) 16 kameran tapauksessa. (Dodgson 1995, Fig. 6 ja Fig. 7)

Kuvasta näkyvät numeroidut suorakaiteen kuvaavat aina pareittain niitä näyttöjä, jotka näkyvät eri silmille aina tietyllä etäisyydellä näytöstä. Ylemmät suorakaiteet edustavat vasemman silmän näkemää näyttöä ja alemman vastaavasti oikean silmän näkemää näyttöä. Kuten kuvien osoittamasta harmaalla kuvatusa stereonäkemäalueesta nähdään, tarjoaa 16 näytön käyttö (b) jonkin verran leveämmän ja toimivamman autostereonäkymäalueen suhteessa puolta vähemmän 8 näytön järjestelmän käyttöön.

4. Yhteenveto

Autostereoskooppiset kuvat ja hyvin pitkälle samanlaista visualisointitapaa noudattavat tarjoavat toimivan tavan tuottaa stereoskooppisia näkymiä luonnollisissa väreissä. Menetelmän vahvuutena on mahdollisuus tuottaa stereonäkymiä useille katsojille kerrallaan ilman tarvetta erikoislasiin tai erityisten katselutekniikoiden käyttöön.

Tässä seminaarityössä esitelty Cambridge-näyttö on yksi tapa tuottaa staattista ja liikkuvaa stereokuvaa yhdelle tai useammalle tarkastelijalle kerrallaan. Cambridge-näytön toteutus alkuperäisessä muodossaan on kuitenkin, yksinkertaisesta periaatteestaan huolimatta, ollut käytännössä varsin monimutkainen toteuttaa. Pääsyy tähän on ollut riittävän nopeiden LCD-näyttöjen puuttuminen ja tarve käyttää lukuisia erillisiä CRT-näyttöjä sen sijaan.

Tekniikan kehittyminen on kuitenkin tuonut mukanaan entistä parempia työvälineitä autostereoskooppisten näyttöjenkin toteutukseen. Nykypäivänä autostereoskooppinen näyttö voidaan toteuttaa lisäämällä sopiva hilakalvo suoraan tietokonenäytön pinnalle, jolloin tarkoitukseen sopiva näyttöohjain hoitaa sitten kuvaraitojen oikeanlaisen muodostamisen hilakalvon taustalle.

Viitteet

- 1) Bourke 1999 – Autostereoscopic lenticular images,
<http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/stereographics/lenticular/>
- 2) Dodgson 1995 – Analysis of the viewing zone of the Cambridge autostereoscopic display,
<http://ao.osa.org/ViewMedia.cfm?id=46933&seq=0>
- 3) Dodgson, Moore, Lang, Martin, Canepa 2000a – A 50" time-multiplexed autostereoscopic display, <http://www.cl.cam.ac.uk/Research/Rainbow/projects/asd/spie00.pdf>
- 4) Dogson, Moore, Lang, Martin, Canepa 2000b - A time sequential multi-projector autostereoscopic display, <http://www.cl.cam.ac.uk/users/nad/pubs/JSID-8-2.pdf>