

Aki Silventoinen

Ääni virtuaalitodellisuudessa ja binauraalisen 3D-äänen vaikutus äänityössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi (AMK)

Elokuvan ja television koulutusohjelma

Opinnäytetyö

3.11.2015

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Aki Silventoinen Ääni virtuaalitodellisuudessa ja binauraalisen 3D-äänien vaikutus äänityössä 47 sivua + 3 liitettä 3.11.2015
Tutkinto	Medianomi AMK
Koulutusohjelma	Elokuvan ja television koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Äänisuunnittelu
Ohjaaja(t)	Aura Neuvonen, Antti Pönni, Päivi Takala-Gould
<p>Tässä opinnäytetyössä käsitellään virtuaalitodellisuutta yleisellä tasolla ja erityisesti äänisuunnittelun näkökulmasta. Tavoitteena on kehittää äänisuunnittelun malleja ensimmäisen persoonan virtuaalitodellisuussovelluksille. Opinnäytetyössä virtuaalitodellisuudella viitataan tekniikkaan, jossa ns. VR-lasien avulla "astutaan sisään" tietokonepohjaisesti luotuun keinotekoiseen, kolmiulotteiseen maailmaan.</p> <p>Työssä esitettäviä tutkimuskysymyksiä ovat: Onko binauraalisten 3D-äänten luominen soveltuva tapa toteuttaa virtuaalitodellisuuden äänisuunnittelua? Mikä on binauraalisen 3D-äänien merkitys VR-kokemuksessa? Miten 3D-äänit tehdään VR-sovelluksiin?</p> <p>Tietoa hankittaessa testattiin useita erilaisia Oculus Rift Developer Kit 2:n sovelluksia ja laadittiin esimerkkitapaus (case) vertailevaa analyysia varten. Case-äänityössä tehtiin äänen kannalta kaksi erilaista versiota AB-vertailua varten. Demon A-versiossa on binauraaliset 3D-äänit ja demon B-versioon laadittiin tavanomaiset 3D-äänit.</p> <p>Case-äänitöiden vertailu sekä erilaisten Oculus Rift -demojen kokeileminen osoittivat, että virtuaalitodellisuussovelluksiin kannattaa laatia dynaamiset, adaptiiviset ja binauraaliset HRTF-mallinnusta sisältävät 3D-äänit, joita kuunnellaan stereokuulokeilla. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää VR-sovellusten ja pelien äänisuunnittelussa.</p>	
Avainsanat	Äänisuunnittelu, VR, Virtuaalitodellisuus, Virtuaalitodellisuuslasit, HMD, Oculus Rift, 3D-ääni, Binauraalinen ääni, Kuulokekuuntelu

Author Title	Aki Silventoinen Virtual Reality Sound Design and Binaural 3D Sounds
Number of Pages Date	47 pages + 3 appendices 3 November 2015
Degree	Bachelor of Arts
Degree Programme	Film and Television
Specialisation option	Sound Design
Supervisors	Aura Neuvonen, Antti Pönni, Päivi Takala-Gould
<p>This Bachelor's thesis investigates virtual reality sound design. The purpose of the study is to develop sound design models for first person virtual reality applications. The thesis introduces virtual reality on a general level from the perspective of a sound designer.</p> <p>The thesis discusses the importance of audio as part of the virtual reality immersion and presents virtual reality sound design factors. The thesis refers to the virtual reality technology which uses the so-called virtual reality (VR) glasses to view a computer generated artificial three-dimensional VR world.</p> <p>The thesis focuses on virtual reality experience provided by the Oculus VR and Oculus Rift Developer Kit 2 virtual reality glasses. The search for virtual reality information included testing of several Oculus Rift DK 2 compatible applications and demos.</p> <p>The research questions in the thesis are: How to create binaural 3D sounds in virtual reality applications? What is the importance of 3D sound implementation for VR experience and immersion? How are 3D sounds implemented in VR games and other applications?</p> <p>A case study considering virtual reality sound design and audio work is included in the thesis for further analysis. There are two different versions of demos involved in the study. Version A features binaural 3D rendered sounds, whereas version B has "normal" sounds. Otherwise the two audio demos are identical.</p> <p>The A–B comparison between the demos revealed that in order to enhance the first person virtual reality immersion, VR audio has to be dynamic, adaptive, HRTF-modelled, binaural and three dimensional by nature. The optimal listening experience can be achieved with stereo headphones.</p>	
Keywords	Sound design, virtual reality, Oculus Rift, head mounted display, binaural 3D sound, spatialization, headphones

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Oculus VR ja Oculus Rift -virtuaalitodellisuuslasit	2
2.1	Oculus Rift DK2:n käyttäminen	4
2.2	Oculus Rift – silmärajo virtuaalitodellisuuteen	5
3	Todellisuus ja virtuaalitodellisuus	8
3.1	Virtuaalitodellisuuksia	10
3.2	Todellisen maailman häiriöttömyys	11
3.3	Vuorovaikuttaminen	12
3.4	Uusia mahdollisuuksia virtuaalitodellisuudessa	13
3.5	Virtuaalitodellisuuden kuusi aistitasoa	13
4	Virtuaalitodellisuuden hallinta- ja ohjainlaitteet	15
4.1	Virtuaalitodellisuuden ohjaaminen käsillä	16
4.2	FPS-pelien VR-ohjaimet	16
4.3	Puhe- ja katseohjaus	17
4.4	Virtuaalitodellisuuden käyttäminen	18
4.5	Äänisuunnittelu VR-ohjainlaitteiden kannalta	18
5	Äänisuunnittelu VR-laseille	19
5.1	Äänikerronnan taustaa	20
5.2	Peliäänisuunnittelun taustaa	21
5.3	Perspektiivin muutos VR-tilassa	22
5.4	Äänen reaaliaikaisuus virtuaalitodellisuudessa	24
5.5	Minkälaista ääntä kannattaa spatialisoida?	25
5.6	Foley-tehosteet ja äänikirjastot peliäänisuunnittelussa	25
5.7	Askeleet virtuaalisessa maailmassa	26
5.8	Äänen fysiikan vapaus virtuaalitodellisuudessa	27
6	Kuuntelu virtuaalitodellisuudessa	28
6.1	Kuulokekuuntelu	29
6.2	3D-kaiutinjärjestelmät	30
6.3	HRTF-data ja HRIR-siirtofunktio	30
6.4	Two Big Earsin audioliitännäinen 3Deception	31

7	Case study: AB-audiodemo	33
7.1	Audiodemon arkkitehtuuri ja objektit	34
7.2	Audiodemon äänilähteet	34
7.3	Audiodemon analysointi	35
7.3.1	Audiodemon A-versio	36
7.3.2	Audiodemon B-versio	38
7.4	Demoversioiden vertailutaulukko	40
7.5	Johtopäätökset	42
8	Virtuaalitodellisuuden tulevaisuus: VR vai AR?	44
9	Yhteenveto	46
	Lähteet	48
	Liitteet	
	Liite 1 VR Audio Brian Hookin mukaan	
	Liite 2 Kuvat	
	Liite 3 RME Digicheck	

Käsitteet ja lyhenteet

3D-ääni = yleinen ilmaisu äänelle, joka sisältää suuntainformaatiota suhteessa kuulijaan
Adaptiivinen = mukautuva, esim. Oculus Riftin näkymä mukautuu käyttäjän pään liikkeisiin
AR = Augmented Reality, lisätty todellisuus, jossa virtuaalisia kohteita on osana todellista näkymää
Binauraalinen ääni = kaksiaäninen; ihmisen kuuloa ja kuulemista simuloiva stereoäänitekniikka
Ensimmäinen persoona = sama kuin POV: Point of View; kokijan näkö- ja kuulokentän kautta koettu
Goniometri = äänen amplitudin, monokorrelaation ja vaiheen ilmaisuun käytetty mittari äänityössä
Head Tracking = päänsuranta; HMD:n käyttäjän pään liikkeet ja katseen suunta
HMD = Head Mounted Display; päässä käytettävä, silmien eteen asetettava näyttö
HRIF-siirtofunktio = Head Related Impulse Functions; äänilähteen etäisyys HRTF-funktioon
HRIR-siirtofunktio = Head Related Impulse Response; äänilähteen synnyttämät heijastukset
HRTF-data = Head Related Transfer Functions; torson, pään ja korvien mallintaminen kuulemisessa
HUD = Heads Up Display, näyttövalikko
Immersio = virtuaalitodellisuuteen "uppoaminen", läsnäolo, vaikuttaminen
Impulssivaste = järjestelmän aikavariantti, äänen synnyttämän kaiun kesto ja sammuminen tilassa
Koherentti äänikenttä = yhtenäinen, yhdenmukainen ja tasapainoinen äänikenttä
Lokalisaatio = äänen paikallistuminen ihmisen kuulojärjestelmässä
Käyttäjän seuranta = järjestelmä seuraa esim. käyttäjän sijaintia ja siirtää tiedon tietokoneohjelmaan
Mallintaminen = jonkin tietyn todellisuuden osan esittäminen muuten kuin sillä itsellään
Monoääni = yksikanavainen ääni, monoäänien toistamiseen riittää yksi kaiutin
Oculus Rift = kuluttajamarkkinoiden virtuaalitodellisuuslasit (HMD) aktiivisella päänsurannalla
Plugin = Plugari, audioliitännäinen, tietokoneohjelma äänen signaaliprosessointia varten
PT = Pro Tools, Avidin valmistama yleisesti käytetty ja tunnettu äänityöstöohjelma
Simulointi = Todellisuuden jäljittelyä esimerkiksi tietokoneohjelman tai virtuaalitodellisuuden avulla
Spatiaalinen ääni = ulotteinen, lokalisaatiota mallintava suuntainformaatiota sisältävä ääni
Sovellus = tietokonepohjainen ohjelma, suunniteltu käyttäjäystävällisesti tiettyä tarkoitusta varten
Stereoääni = kaksikanavainen ääni, stereoäänien toistamiseen tarvitaan kaksi kaiutinta
Surround = monikanavainen ääni, esim. 5.1 äänikenttä, jossa ääni paikallistuu kuuntelijan ympärille
Unity = pelimoottori, pelien tekemiseen suunniteltu yleisesti käytetty tietokoneohjelma
Vaikutelma = jonkin havainnon tai tapahtuman aiheuttama välitön tuntemus ja kokeminen
VE = Virtual Environment, virtuaalinen ympäristö, jossa virtuaaliset ja todelliset elementit yhdistyvät
Virtuaalitodellisuus (engl. Virtual Reality) = mallinnettu, keinotekoinen ympäristö, paikka tai tila
Virtuaaliläsnäolo = läsnä olemisen tunteen saavuttaminen virtuaalitodellisuusympäristössä
VR = Virtual Reality, Virtuaalitodellisuus
Äänikuva = äänten luonne, sijainti ja suunta äänikentässä, myös kuuntelujärjestelmän ominaisuus
Äänisuunnittelu = hallittua äänten valintaa, niiden amplitudin ja taajuussisällön jäsentelyä teoksessa
Äänen diffraktio = äänen kulkeutuminen raoista tai aukoista ja siten uudelleenjärjestäytyminen
Äänen okklusio = massaisen kohteen osittainen vaikutus äänen kulkeutumiseen kuuntelijalle

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee virtuaalitodellisuutta ja äänisuunnittelua virtuaalitodellisuussovelluksille. Tavoitteena on kehittää äänisuunnittelun malleja ja käsitellä virtuaalitodellisuutta yleisellä tasolla äänisuunnittelun näkökulmasta. Työssä pohditaan äänen merkitystä osana teosta ja esitetään virtuaalitodellisuuden äänisuunnitteluun vaikuttavia tekijöitä.

Virtuaalitodellisuudella viitataan tässä työssä tekniikkaan, jossa ns. virtuaalitodellisuuslasien avulla voidaan ”astua sisään” keinotekoisesti luotuun kolmiulotteiseen maailmaan. Ääni on oleellinen vaikuttaja virtuaalitodellisuuden kokemisen suhteen ja vaatii ammattimaista toteutusta sekä äänisuunnittelua uskottavan virtuaalisen maailman luomiseksi ja virtuaalitodellisuuden menestymiseksi.

Toimivien virtuaalitodellisuuslasien saapuminen kuluttajamarkkinoille luo runsaasti uusia mahdollisuuksia teoksen, median ja viihteen kokemiselle sekä viestin välittämiseksi. Aidosti kolmiulotteinen maailma vaatii kuitenkin aidosti kolmiulotteiset äänet toimiakseen. Kun virtuaalitodellisuuden sisällöntarjonta ja kaikki tekniset vaatimukset ovat kohdillaan, voi kuluttajien matka kohti uusia maailmoja ja VR-kokemuksia alkaa.

Kuluttajille suunnattuja uuden sukupolven virtuaalitodellisuuslaseja on jo alkanut ilmettyä markkinoille. Laitevalmistajia tällä hetkellä ovat mm. Oculus VR (tuote: Oculus Rift), HTC/Valve (tuote: HTC Vive), Sony Playstation (tuote: Playstation VR), Microsoft (tuote: HoloLens), Samsung (tuote: Gear VR) ja Google (tuote: Cardbox). Osa em. tuotteista on jo julkaistu kuluttaja- ja kehittäjämarkkinoilla. Myös lukuisia pienempiä ja vähemmän tunnettuja valmistajia on mukana kilpailussa, etenkin mobiilin virtuaalitodellisuuden puolella (jossa käyttäjän älypuhelin asetetaan HMD:n sisälle).

Tässä opinnäytetyössä keskitytään Oculus Rift Developer Kit 2:n tarjoamaan VR-kokemukseen (jatkossa DK2). DK2 on lyhenne Developer Kit 2:sta, joka tarkoittaa ensisijaisesti sovelluskehittäjille suunnattua Oculus Riftin prototyyppiä. Opinnäytetyötä varten olen testannut useita erilaisia tekniikkademoja, pelejä ja virtuaalitodellisuussovelluksia DK2-virtuaalitodellisuuslaseilla. Näin ollen huomiot virtuaalitodellisuuksien ääni- ja pelisuunnittelusta perustuvat subjektiivisiin ja kokemusperäisiin havaintoihin demotarjonnasta. Testausalustana toimi Macintosh OSX -käyttöjärjestelmä.

DK2:n kokeilemisen ja havainnoinnin lisäksi käytin opinnäytetyön menetelmänä oman demon työstämistä (case study), johon toteutin ensimmäisen persoonan Oculus Rift -pelimoodia tukevaan lyhyeen demopeliin adaptiiviset ja binauraaliset 3D-peliäänet. Esimerkkitapauksen (case studyn) äänisuunnittelussa käytettiin Unity 5 -ohjelmaa ja sen tarjoamia äänityökaluja. Lisäksi hyödynnettiin Pro Tools 11 -äänentäyttöohjelmaa sekä kolmannen osapuolen Unity-audioliitännäistä ja siihen liittyvää audiodemoa.

Opinnäytetyön case study -demosta on tehty äänen kannalta kaksi erilaista versiota AB-vertailua varten. A-versiossa on binauraaliset 3D-äänet ja B-versiossa on tavalliset 3D-äänet. Näin ollen kahta visuaalisesti samanlaista, mutta äänen kannalta erilaista versiota vertailemalla voitiin tutkia, mikä on binauraalisten 3D-äänten vaikutus VR-kokemukseen. Vertailussa käytettiin oman kuulon lisäksi RME:n Digicheck-mittarointia.

Käytetyt laitteet virtuaalitodellisuustesteissä ja VR-äänisuunnittelussa olivat Oculus Rift DK2 -virtuaalilasit, Beyerdynamic DT-700 Pro -kuulokkeet ja Applen iMac (Late 2011) tietokone. Kokeiluissa käytettyjä Input device- eli ohjainlaitteita olivat Applen Track Pad, Applen Mini Keyboard ja Logitechin Bluetooth-hiiri. Tietokoneen äänikorttina toimi RME:n Fireface UC. Testaukset Oculus Rift -äänidemoissa ja äänityöt case study- demoissa laadittiin näin ollen tavanomaisilla kuluttajamarkkinoiden laitteilla.

2 Oculus VR ja Oculus Rift -virtuaalitodellisuuslasit

Oculus VR on vuonna 2012 perustettu VR-teknologiayritys. Yrityksen perustivat Palmer Luckey ja Brendan Iribe. Yrityksen päätuote on Oculus Rift -virtuaalitodellisuuslasit. Yritys perustettiin tarpeeseen tuottaa markkinoille laadukas, halpa ja toimiva virtuaalitodellisuuslaite ensisijaisesti pelaajia varten. (Lähdemateriaali 1). Facebook osti yrityksen n. 2 miljardilla dollarilla maaliskuussa vuonna 2014. (Ungerleider 2014.)

Palmer Luckey tunnettiin ennen Oculus Riftiä laajan VR-kokoelman omistajana, joka sisälsi vanhoja virtuaalitodellisuuskypäroitä ja katselulaitteita. Hän oli tyytymätön laitetarjontaan ja niiden kehitystyöhön. Virtuaalitekniikatutkimusta ja laitteita oli olemassa, mutta ne olivat liian kalliita, kömpelöitä ja kuluttajien saavuttamattomissa. (Lähdemateriaali 1). Kuluttajamarkkinoille suunnatun laitteen puuttuessa Palmer keksi idean Oculus Riftistä (Luckey 2012).

Ensimmäinen versio laitteesta nähtiin E3-tekniologiamessuilla kesäkuussa 2012. Prototyypin julkaisun yhteydessä aloitettiin Kickstarter-rahoituskampanja, jossa tuotekehitystä tukevat asiakkaat lahjoittavat pääomia kampanjoituun teknologiaan, tässä tapauksessa Oculus Riftin kehitystyöhön. 300 dollaria tai enemmän lahjoittaneet saivat käyttöönsä laitteen ensimmäisen prototyypin, Developer Kit 1:n. (Robertson 2012.) Kampanjalla kerättiin lopulta ennätyselliset 2,43 miljoonaa dollaria määräaikaan mennessä. Oculus Rift on yksi menestyneimmistä Kickstarter-kampanjoista. (Horsey 2012.)

Kehittäjille julkaistuja Oculus Riftin versioita tähän mennessä ovat DK1, Crystal Cove, DK2 ja Crescent Bay. Nämä tuotekehitysmallit eroavat toisistaan esimerkiksi kooltaan, painoltaan, resoluutioltaan, virkistystaajuudeltaan ja päänsurannan vasteajaltaan. (Lähdemateriaali 1.) Jokainen malli on ollut selkeästi parempi suhteessa edelliseen, ja samalla virstanpylväs matkalla kohti ensimmäistä kuluttajamarkkinoiden tuotetta.

Developer Kit 2:n resoluutio on 1080x960 pikseliä per silmä (Oculus VR 2015). Pikseliverkon voi edelleen nähdä kyseistä mallia käyttäessään. Kuluttajille suunnatussa Oculus Riftin mallissa näytön resoluutio tulee olemaan huomattavasti korkeampi, jopa Full HD -tasoa per silmä. Pikseliverkko tiivistyy oleellisesti, eikä käyttäjä näe enää yksittäisiä pikseleitä, mikä parantaa VR-kokemusta huomattavasti. (Lähdemateriaali 1.)

Oculus Riftin kuluttajaversioon hinnan arvellaan tällä hetkellä asettuvan suunnilleen 200–400 dollarin väliin (Chacos 2014). Oculus Riftin hinnaksi on arvioitu myös 200 dollaria ja 200 puntaa (Egan 2014). Laitteen eurohinta tulee em. arvioihin perustuen olemaan 200–400 euroa. Tietokone, joka pystyy käyttämään Oculus Riftiä ja sen sovelluksia maksaa arviolta 800–1500 euroa. Laitevaatimukset ja hintataso Oculus Riftin hankkimiseksi ovat näin ollen edelleen kuluttajien saavutettavissa.

Kokeakseen Oculus Rift VR -lasien tarjoamat mahdollisuudet on koko pakettiin sijoitettava arviolta vähintään 1000 euroa, mieluummin 2000 euroa, jotta voi hankkia riittävän tehokkaan prosessorin ja näytönohjaimen tietokoneeseen. Tietokoneen tehoihin liittyvät vähimmäisvaatimukset ja lista vaadittavista komponenteista löytyvät Oculus VR:n verkkosivuilta. Oculus Riftin ensimmäinen kuluttajille suunnattu versio julkaistaan vuoden 2016 alkupuoliskolla (The Oculus Team Blog 1 2015). Hinta ei ole vielä tiedossa.

Kynnys virtuaalitodellisuuskatselulaitteen hankinnalle ei ole enää niin korkea kuin vaikkapa 90-luvulla, jolloin laitteet olivat kalliita eivätkä edes toimineet kunnolla. Esimerkiksi VFX1 Headgear Virtual Reality System vuodelta 1995 ei koskaan menestynyt liian korkean hinnan, huonon kuvanlaadun ja heikkojen teknisten ominaisuuksiensa vuoksi. 90-luvun kokeilut ja huonot kokemukset ovat yhä ihmisten mielissä, mikä vaikeuttaa VR:n uuden aallon menestymistä. (Robertson & Zelenko 2014.)

2.1 Oculus Rift DK2:n käyttäminen

Oculus VR:n ilmoittama Oculus Rift DK2:sta käyttävän laitteiston tekniset vähimmäisvaatimukset ovat siedettävät. Laitteen fyysisiä liitäntöjä varten tarvitaan kaksi USB 2 -protokollaa käyttävää USB-porttia. Kuvansiirtoa varten tarvitaan yksi HDMI-portti. Tietokoneen käyttöjärjestelmän tulee olla vähintään Windows 7, Mac OS 10.8 tai Ubuntu 12.04 LTS. (Oculus VR 2015.)

Vaadittavista tietokoneen komponenteista, kuten näytönohjaimesta ja prosessorista, mainitaan vain, että tietokoneen tulee pystyä käyttämään nykyisiä 3D-pelejä 1080 p-resoluutiolla virkistystaajuudella (75 Fps Frames per second) eli 75 kuvaa sekunnissa (Oculus VR 2015). Arviolta viisi vuotta vanhat tietokoneet kykenevät tällaiseen ajoon mainiosti. Oculus Riftin kuluttajaversio tulee kuitenkin tarvitsemaan huomattavasti uudemman ja tehokkaamman, PC-pohjaisen tietokoneen (Oculus VR 2015).

Tavoiteltu virkistystaajuus ensimmäisessä kuluttajaversiossa on jopa 120 Fps. Jo DK2-mallin HDMI-kaapelin ohjaimessa tuettu resoluutio on hyvin korkea (4K/60p), joten tulevaisuudessa tehoja tullaan tarvitsemaan etenkin näytönohjaimelta. (Lähdemateriaali 2, Teardown, Step 10). On pidettävä mielessä kuitenkin, että Oculus Rift on suunniteltu kuluttajien massamarkkinoille. Näin ollen laitteen tulisi toimia hieman vanhemmassakin laitekannassa, eikä vain uusimmissa tietokoneissa.

Oculus Rift DK2:n käyttäminen on helppoa. HMD:n eli Oculus Riftin asentoa ja paikkaa kuvaava infrapunakamera asetetaan tietokoneen näytön päälle tai paikkaan, josta on suora näköyhteys Oculus Riftiin. Infrapunakamera käyttää yhtä USB-porttia virransaantiin ja datan siirtoon. Oculus Riftin käyttövirta otetaan toisesta USB-portista. Kuva siirtyy Oculus Riftin ja tietokoneen välillä HDMI-kaapelin kautta. Oculus Rift DK2 näkyy tietokoneen systeeminhallinnassa toissijaisena näyttönä, jonka resoluutiota, kirkkautta ja virkistystaajuutta voi säädellä monen muun parametrin lisäksi.

Tietokoneelle pitää asentaa Oculus VR:n nettisivuilta ladattavat Oculus Rift DK2:n USB-ajuri ja säätöpaneeli (Oculus Configure Panel). Kun ajuri ja ohjelmat on asennettu, käyttäjä voi tehdä itseensä liittyviä säätöjä ja asetuksia parhaan mahdollisen VR-käyttökokemuksen saavuttamiseksi. Paneelilla voi säätää ja asettaa mm. virtuaalisen näkymän kehyksien rajat, silmien etäisyyden Oculus Riftin linseistä ja käyttäjän pituuden sekä sukupuolen ja muita VR-kokemusta parantavia yksityiskohtia. Säädöt voi tallentaa omaan käyttäjäprofiiliin, joten ne pitää tehdä periaatteessa vain kerran.

Oculus Rift DK2 on teoriassa hyvin yksinkertainen laite. Karkeasti sanottuna käyttäjän silmien edessä on kännykän näyttö. Oculus Rift DK2 käyttää ”riisuttua” Samsung Galaxy Note 3:n näyttöä, ja näyttöä katsellaan kahden erikoisvalmistetun linssin läpi. Kännykän näytölle piirtyy kaksi kuvavirtaa, yksi per linssi. Kuvavirrat poikkeavat toisistaan vaiheeltaan hieman aiheuttaen stereoskooppisen vaikutelman ihmisen näköjärjestelmässä. (Lähdemateriaali 2.)

Päänseuranta Oculus Rift DK2:ssa on toteutettu siten, että HMD:n muovisen pinnan alla on vierä vieressä pieniä LED-valopisteitä, jotka näkyvät vain infrapunakameralla. Oculus Riftiä katseleva infrapunakamera seuraa näiden valopisteiden sijaintia ja liikkeitä, ja tietokoneohjelma laskee saadun tiedon avulla käyttäjän katselusuunnan virtuaalitodellisuudessa. Pisteiden sijainti päivittyy taajuudella 1000 Hz eli 1000 kertaa sekunnissa, mikä johtaa sulavaan ja nykimättömään päänseurantaan. (Lähdemateriaali 2.)

2.2 Oculus Rift – silmärajo virtuaalitodellisuuteen

Kun kytkennät ja tekniset asetukset on tehty, on aika kokeilla laitetta ensimmäistä kertaa. Oculus Rift on nimensä mukaisesti rajo tai repeämä (engl. rift) todellisuuden ja virtuaalitodellisuuden välillä. Sana oculus tarkoittaa pyöreää ikkunaa tai aukkoa (viittaus arkkitehtuuriin) tai silmää (viittaus latinaan; oculus=silmä). Näin ollen Oculus Rift tarkoittaa suunnilleen silmärajoa todellisuuden ja virtuaalitodellisuuden välillä. Oculus VR:n logona toimii tyylitelty silmä pupilleineen. (Lähdemateriaali 7).



Kuva 1: Oculus VR:n logona toimii tyylitelty silmä ja pupilli (Kuvan lähde: www.oculus.com)

Onko siirtymä virtuaalitodellisuuteen niin dramaattinen ja kiehtova kuin tieteiskirjallisuus ja elokuvat ehdottavat? Tässä kohtaa voi todeta, että riippuu käyttäjästä kokemukseni mukaan. Toiset vaikuttavat olevan haltioissaan ensi hetkistä alkaen Oculus Riftiä ko- keillessaan, kun taas toiset inhoavat tai vierastavat näkymää ensi hetkistä alkaen. Ko- kemukseen vaikuttavat monet käyttäjään liittyvät ulkoiset ja sisäiset seikat, joita käsitte- len myöhemmin. Onneksi pian jokainen voi itse kokeilla, miltä siirtymä tuntuu.



Kuva 2: Näkymä Oculus VR:n virtuaalitodellisuusedemosta "Tuscany" Oculus Riftin läpi katsottu- na. Kuvan lähde: www.oculus.com

Oheinen omakohtainen kokemukseni ensimmäisestä kerrasta DK2- virtuaalitodellisuuslasien kanssa oli miellyttävä. Ensimmäinen kertani laitteen parissa tapahtui 9.12.2014. Seuraava on suora lainaus tutkimusmuistiinpanoistani:

Istuin tukevasti tuolilla, ja asetin virtuaalitodellisuuslasit ja kuulokkeet päähäni. MacBook Pro:lle oli ladattu Oculus World Demo nimeltä Tuscany. Asetin virtuaa- litodellisuuslasit silmilleni. Yhtäkkiä kasvojeni edessä keikkui kolmiulotteista teks- tiä ja jonkinlainen valikko. Kyseessä oli Oculusin HUD (Heads-up display), josta näkee tietoja laitteen toiminnasta. FPS-arvo osoitti vihreää tilaa arvolla 75 FPS. Parantelin Oculus Riftin asentoa päässäni. Nyt se alkaa!

Painoin space-näppäintä, ja HUD-valikko poistui näkökentältäni. Silmieni edessä avautui kaunis ja vihreä maisema. Näin ruohoa, kivisen talon ja aidan sekä suihkulähteen josta vesi pulppusi. Ilmassa leijaili rauhallisesti voikukan siemeniä siellä täällä, osa kauempana, osa lähempänä. Näin myös perhosia, jotka lensivät läheltäni aivan kuin kiusoitellakseen minua. Kuulin suihkulähteen virtaavan veden äänen ja puissa suhisevan lämpimän tuulen.

Katselin ylös taivaita, katselin alaspäin nurmikkoja. Oculus Riftin päänsuranta toimi reaaliajassa, eikä nykimistä esiintynyt. Vaikuttavaa! Virtuaalisen maailman aurinko loi nk. lens flaren näkökenttääni. Työnsin käteni eteenpäin ja hämmästel, kun ne eivät ilmestynetkään eteeni. Tunsin samanaikaisesti outoutta ja kiehtovuutta. En löytänyt sormillani enää oikeita nappeja näppäimistöltä, joten minun oli kurkattava VR-maskin alta todelliseen maailmaan. "WASD liikkumista varten. Q ja E tai Track Pad kääntymistä varten", yritin painaa mieleeni.

Lähdin "liikkumaan" tässä uudessa ja kiehtovassa maailmassa, ja menin sisälle taloon, jossa ei ollut ovea. Suihkulähteen ja tuulen äänet etääntyivät, ja niiden tilalle saapui palavan tulen ääni. Totta tosiaan, huoneessa oli takka ja portaat. Ihmisiä ei näkynyt missään. Kenen talo tämä oikein on? Katsoin ulos huoneen ikkunasta, jossa ei ollut ikkunalasia, ja näin auringonkukkasia pihalla. Päätin kuitenkin kiivetä portaat ylös ensin. Portaissa tunsin ensimmäistä kertaa outoa hui- mausta. Vatsanpohjaa kutitti, kun käännyn ja laskeuduin portaat alas. Korkeus- erot todella tuntuivat, ja portaiden yläpäässä huimasi oudosti.

Siirryin yläkerrassa olevalle parvekkeelle, ja katselin merellistä maisemaa. Uloteisuus oli kouriintuntuva. Korppi tai jokin vastaava lintu raakkui pihan puussa. Parvekkeelta näin virtuaalisen maailman horisontin, joka rajautui kukkuloihin. Päätin lähteä ulos pihalle katselemaan maisemia. Portaiden yläpäässä vatsaa sieppasi taas. Kun saavuin pihalle, tunsin kummallista liikutusta. Tämähän toimii. Tämä todellakin toimii! Nauratti.

Kävelin talon pihalla ja siirryin suurten auringonkukkasten eteen. Kolmiulotteisuus oli häikäisevän konkreettista. Huomasin taas kurottelevani käsiäni maailmaan koskettaakseni auringonkukan terälehteä, mutta turhaan. Maailma näytti osittain aidolta, mutta yksityiskohtien liikkumattomuus ja karheus synnytti oudon ja osittain pelottavankin tunteen ajattomuudesta. Aivan kuin kyseinen paikka talo- ineen ja pihapuineen olisi aina ollut olemassa, täällä jossakin.

Näkemäni perusteella sijoitin paikan maantieteellisesti jonnekin välimeren rannikolle, kenties osaksi Kroatiaa tai Sisiliä. Katselin kauempana aidan takana näkyvää asutusta. Pääsisinpä tuonne, ajattelin. Siellä on ihmisiä varmasti. Kivinen aita rajasi kokemuksen maailmasta pihapiiriin. Jossain vaiheessa, saan tutustua tähän maailmaan kokonaisuudessaan, mutta en tänään. Oli aika ottaa virtuaali- todellisuuslasit pois silmien edestä ja riisua kuulokkeet. Kun katselin pöytää ja MacBookia, tunsin outoa etovuutta ja huimausta. Aikaa oli kulunut yli puoli tuntia.

Sain myöhemmin mahdollisuuden kokeilla samaa VR-demoa uudestaan, mutta tällä kertaa äänet oli koodattu RealSpace3DAudion audioliitännäisellä. Tämä audiokoodaus syvensi ja paransi kokemusta entisestään, kun VR-demon äänet paikallistuivat tarkasti eri suuntiin ja adaptoituivat erinomaisesti pään liikkeisiin.

3 Todellisuus ja virtuaalitodellisuus

Mitä on todellisuus? Mitä virtuaalitodellisuudella tarkoitetaan? Näihin kysymyksiin on vastattava jollakin tasolla, ennen kuin voi käsitellä virtuaalitodellisuutta. Esko Valtaoja kirjoittaa kirjassaan *Kaiken käsikirja* osuvasti: "On ihan mahdollista, että todellisuus on olemassa. Mutta kukaan ei vielä ole onnistunut todistamaan sitä" (Valtaoja 2012, 7). Todellisuus on selvästi olemassa, mutta sen todistaminen on vaikeaa.

Todellisuuden luonteesta on kiistelty iät ja ajat. Joidenkin mielestä todellisuus on aistiemme summa. Joidenkin mielestä todellisuus on hahmottamiskykymme ulkopuolella, eikä tarkkaa kuvaa todellisuudesta voida saavuttaa. On olemassa ihmisen aisteilla havaittava todellisuus ja todellisuus jota ei voida aistia. (Lähdemateriaali 3).

Esko Valtaoja kirjoittaa kirjassaan *Kaiken käsikirja* (2012, 9) seuraavasti: "Voin olla unessa, voin hallusinoida, voin olla liuoksessa lilluvat aivot hullun supertiedemiehen laboratoriossa, voin elää virtuaalitodellisuudessa."

Englanninkielinen ilmaisu Virtual Reality kääntyy suomenkielelle virtuaalitodellisuus, keinotodellisuus tai lumetodellisuus. Virtuaalitodellisuus voidaan etymologisesti ymmärtää kuvitelluksi ja keinotekoiseksi todellisuudeksi. Esimerkiksi kielitoimiston sanakirjan mukaan "virtuaalitodellisuus" tarkoittaa seuraavaa: "tietokonesimulaation tuottamien aistimusten avulla luotu keinotekoinen ympäristö, keino-, lume-, tekotodellisuus". (Kielitoimiston sanakirja, 2015.)

Myös englanninkielinen haku sanalle "virtual" tuottaa mielenkiintoisia tuloksia. Haku suoritettiin sivustolla www.etymonline.com. Tulokset haulle:

late 14c., "influencing by physical virtues or capabilities, effective with respect to inherent natural qualities," from Medieval Latin *virtualis*, from Latin *virtus* "excellence, potency, efficacy," literally "manliness, manhood" (see *virtue*). The meaning "being something in essence or effect, though not actually or in fact" is from mid-15c., probably via sense of "capable of producing a certain effect" (early 15c.). Computer sense of "not physically existing but made to appear by software" is attested from 1959. (etymonline 2015.)

Nykyaikaiseen virtuaalitodellisuuteen liittyy erityisesti kohta "not physically existing but made to appear by software". Ajatus kuvaa parhaiten tämänhetkistä tilannetta virtuaalitodellisuuden kehitystyössä. Mielenkiintoista on, että tietokoneisiin liittyvä termi "virtual" kehitettiin jo vuonna 1959. (etymonline 2015.)

Joissakin scifi-elokuvissa, kuten Matrix (The Matrix, USA 1999.) tai 13. Kerros (Thirteenth Floor, Saksa/USA 1999) kehittynyt virtuaalitodellisuus kuvataan samanveroiseksi kuin todellisuus. Elokuvissa virtuaalitodellisuus on yhtä todentuntuinen kuin todellisuus, eikä käyttäjä kykene havainnoimaan elävänsä keinotodellisuudessa.

Edellä mainituissa elokuvissa esitetään kysymys, voiko kokemamme todellisuuskin olla kokonaan keinotekoinen? Tämä ajatus linkittyy osittain antiikin filosofin Platonin luolavertaukseen, jossa ihmisen todellisuus on sitä, mitä hän aisteillaan kykenee vastaanottamaan kunakin hetkenä (Lähdemateriaali 3). Alla esitetään nk. perhosvertaus, jossa käsitellään onnistuneesti todellisuuden aisteihin perustuvaa suhteellisuutta:

Itämaisessa filosofiassa samankaltainen argumentti esiintyy Zhuangzin filosofiassa niin sanottuna ”perhosen uni”-mietelmänä. Mietelmässä Zhuangzi näkee unta jossa hän on perhonen. Herättyään hän havaitsee olevansa Zhuangzi. Mutta miten hän voi määrittää onko hän Zhuangzi, joka on juuri lakannut uneksimasta olevansa perhonen, vai perhonen, joka on juuri alkanut uneksia olevansa Zhuangzi. (Uniargumentti, Wikipedia 2015).

Ihmisen havaitsema todellisuus koostuu aisti-informaatiosta ja aivojen sähkökemiallisista prosesseista. Tietoisuus kumpuaa aivoista ja aistien tarjoamasta informaatiosta. Ihmisen maailma on sellainen, jollaisena aistit sen näkevät ja kokevat. Toisaalta maailma on totta kaikilla sen ilmenemistasoilla. Todellisuus on laajempi kuin ihmisen aisteilla kyetään havainnoimaan. Ihminen ei esimerkiksi näe infrapunasäteilyä tai gammasäteilyä, mutta ne ovat silti olemassa. (Lähdemateriaali 3.)

Ihmisen kuusi perusaistia ovat näkö-, kuulo-, maku-, haju-, tasapaino- ja tuntoaisti. Lisäksi puhutaan joskus asentoaistista. Aisteja stimuloimalla ihminen saadaan tuntemaan ja havainnoimaan osia todellisuudesta. Aisteja voidaan stimuloida myös tarkoituksenmukaisesti, ikään kuin keinotekoisesti. Tähän nojaa virtuaalitodellisuuden mahdollisuus. (Lähdemateriaali 3.)

Morton Heilig esitteli 1950-luvulla laitteen nimeltä Sensorama, joka lisäsi elokuvakokemukseen värinää, tuulta ja hajuja. Näin ollen katsojan kokemus elokuvasta oli osallistuvampi kuin vain perinteisesti näkö- ja kuuloaistia stimuloiden. Samalla tavalla virtuaalitodellisuuskokemusta voidaan syventää eri aisteja stimuloimalla. Heilig myös patentoi 1960-luvulla pään päälle puettavan katselulaitteen eli Head Mounted Displayn (HMD), joka hyödynsi stereoskooppista näköaistia. (Hellman 2014.)

Ihmiselle voidaan tuottaa kokemus esimerkiksi leijonasta soittamalla hänelle leijonan karjaisun ääni. Ääneen voidaan lisätä bassotaajuuksia, jolloin se myös tuntuu fyysisesti kuulijan kehossa. Samalla voidaan näyttää kuvia tai liikkuvaa 3D-kuvaa leijonasta. Tämä voidaan tehdä ympäristössä, joka muistuttaa leijonan elinympäristöä. Ilmaan voidaan suihkuttaa tuoksuja ja hajuja, jotka liittyvät leijonan elinympäristöön tai suoraan leijonaan. Tämä ei vielä tee leijonaa todelliseksi, mutta *ihmisen kokemus leijonasta* voi olla todellinen, vaikka se tuotetaan keinoitekoisesti.

Tällaiseen keinoitekoiseen aistimanipulaatioon nojaa virtuaalitodellisuuden mahdollisuus. Ihmiselle voidaan tuottaa todellisen tuntuista kokemuksia keinoitekoisesti. Ihminen voi mielikuvituksensa ansiosta edesauttaa keinoiteodellisuutta siten, että kokemus tuntuu todellisemmalta. Osa ihmisistä uskoo ja omaksuu virtuaalitodellisuuden helpommin kuin toiset. Lapsenmieliset ja kuvitteluun kykenevät ihmiset kokevat keinoiteodellisuuden helpommin kuin skeptisemmät ja torjuvammat mielet. (Lähdemateriaali 4.)

3.1 Virtuaalitodellisuuksia

Virtuaalitodellisuuden ajatellaan usein liittyvän tietokoneisiin ja tietokoneella simuloituihin maailmoihin. Näin usein onkin tänä päivänä ja useimmat virtuaalitodellisuustekniikat nojaavat tietokoneen käyttöön tavalla tai toisella. Usein käytetään tietokoneen laskentakapasiteettia ja tietokoneohjelmia hyväksi kuvitteellisen tilan tai paikan luomiseksi laskennallisesti, esimerkiksi kaksi- ja kolmiulotteista grafiikkaa, animaatioita sekä kolmiulotteista ääntä soveltaen. Videopelit ovat hyvä esimerkki tällaisista luomuksista.

Virtuaalitodellisuus voidaan toisaalta luoda esimerkiksi lavastuksen, rekvisiitan, valaistuksen ja ääniympäristön avulla. Jokin paikka voidaan keinoitekoisesti rakentaa jonnekin muualle, ja ihminen voi kokea tämän simuloitun maailman erittäin toden tuntuksena. Tällaisia nk. Virtual Environment (VE) tiloja on jo rakennettukin, ja ne ovat yksi tapa luoda virtuaalitodellisuuksia (Strickland 2015).

Esimerkiksi turistikohteissa on toteutettu tämän kaltaisia ratkaisuja, kuten maanjäristyssimulaattori Backlot Studio Tram Tour Universalin studioilla Hollywoodissa. Maanjäristyssimulaattori käyttää ainakin valaisua, vettä, ääntä ja voimakasta värinää tehokeinoinaan. Maanjäristyssimulaattori saa ihmiset tuntemaan, että meneillään on maanjäristys, vaikkei oikeaa järistystä tapahdu. (Universal Studios 2015.)

Oleellista virtuaalitodellisuuden kokemisen kannalta on nk. virtuaaliläsnäolon tuntu (Lähdemateriaali 4). Miten läsnäolon tunne voidaan saavuttaa? Kokemukseni mukaan joillekuille riittää pelkkä meditaatio, johon voi liittyä ajatuksen voimalla paikasta toiseen siirtyminen. Havaintojeni mukaan ihminen voi myös uppoutua tietokonepeliin niin syvästi, että pelatessaan hän hävittää ajan ja paikan tajunsa, ja kokee olevansa ikään kuin sisällä pelimaailmassa. Joku voi saada saman kokemuksen elokuvateatterissa.

Virtuaalitodellisuuden ajatellaan olevan jotakin, minne käyttäjä voi sujahtaa sisälle, mutta niinkin arkinen asia kuin esimerkiksi tietokoneen työpöytänäkymä on virtuaalitodellisuutta. Kansiot ja kuvakkeet, joita käyttäjä katselee työpöydällä, ovat virtuaalisia malleja, jotka kuvastavat piilossa olevia todellisuuden rakenteita ja auttavat ihmistä tietokoneen käyttämisessä. Ihmiset uskovat tietokoneen työpöytään ja sen olemassa-oloon. Tietokoneen työpöytä on todellinen niin kauan kuin sähköä riittää. (Visala 2014.)

Tässä opinnäytetyössä virtuaalitodellisuudella viitataan tekniikkaan, jossa VR-lasien avulla ”astutaan sisään” tietokonepohjaisesti luotuun keinotekoiseen, kolmiulotteiseen maailmaan. Tällainen virtuaalitodellisuuskokemus perustuu aktiiviseen VR-maailman katselemiseen (Head Tracking) sekä VR-maailman kuuntelemiseen, mutta myös VR-ohjainlaitteiden antamaan palautteeseen (esimerkiksi ohjaimen värinä tai kitkantuntu). Virtuaalitodellisuus koostuu ohjelmallisesta sisällöstä, HMD:n antamasta visuaalisesta palautteesta, kuulokkeiden luomasta äänikentästä sekä erilaisista VR-ohjaimista ja palautteenantolaitteista, jotka kaikki yhdessä edistävät läsnäolon tunnetta.

3.2 Todellisen maailman häiriöttömyys

Tärkeä seikka nk. immersion saavuttamiseksi on häiriöttömyys. Ulkoisten häiriötekijöiden on oltava riittävän pieniä tai kokonaan eliminoituja, jotta keskittyminen koettavaan virtuaalitodellisuuteen ei häiriinny (Lähdemateriaali 3). Jotta immerssiivinen virtuaalitodellisuuskokemus voidaan saavuttaa, on aisti-informaation saavuttava pääosin virtuaalitodellisuuden kautta ja sen ehdoilla.

Hyviä konsteja VR-häiriöttömyyden saavuttamiseksi ovat mm. kännykän äänettömälle asettaminen, huoneen valojen sammuttaminen, HMD:n ja ohjainten johtojen hallitseminen (vedonpoisto ja ripustaminen) sekä kuulokkeilla äänieristäminen. Kun häiriötekijät on poistettu, kokemus virtuaalisesta maailmasta voi olla syvällisempi.

Tässä mielessä Oculus Riftin kaltaiset virtuaalitodellisuuslasit ja kuulokkeet ovat tehokas tapa virtuaalisen läsnäolon saavuttamiseksi, sillä lasit peittävät ihmisen katselukentän kokonaan ja kuulokkeet (etenkin suljetut mallit tai vastamelukuulokkeet) sulkevat ulkopuoliset häiriöäänet tehokkaasti pois. Parhaiten VR-käyttöön soveltuvien kuulokkeiden mallista on jonkin verran mielipiteitä. Joidenkin mielestä on parasta, ettei VR-käyttäjä kuule ulkoisia ääniä ollenkaan, toisten mielestä on hyvä kuulla edes jotakin, kuten vaikkapa toisen henkilön saapuminen huoneeseen tai palohälytyskuulutukset.

Kokemukseni mukaan osa käyttäjistä on sitä mieltä, että on parempi, että toiset ihmiset poistuvat kokonaan pelialueelta virtuaalitodellisuuskokemuksen ajaksi. VR-kokemus on toisille ihmisille intiimimpi tapahtuma kuin toisille. Havaintojeni mukaan jo pelkkä tunne siitä, että joku tuijottaa hämmästyksestä auki olevaa käyttäjän suuta, voi olla kiusaannuttavaa ja siten VR-kokemusta häiritsevä tekijä.

3.3 Vuorovaikuttaminen

Kokemuksiini perustuen virtuaalisessa maailmassa ihminen alkaa vaistomaisesti etsiä jotakin. Aluksi katsellaan ympärille. Sitten kokeillaan, voiko liikkua. Sen jälkeen etsitään jotakin, jonka kanssa voi tehdä jotakin, mieluiten käsillä. Kokija haluaa nähdä ja tietää lisää VR-maailmasta. Ihminen on perusluonteeltaan utelias. Pian käyttäjä alkaa ajattelemaan tai etsimään muita ihmisiä, jos virtuaalitodellisuus on sen kaltainen, että siellä voi olla ihmisiä. Tarve sosiaalisuuteen ja vuorovaikutukseen elää VR-maailmassakin.

Ihmiselle vuorovaikutuksen tarve on luontaista ja perustarve. Jo pieni vauva hakee aktiivisesti kontaktia vanhempinsa. Ja kun vauva onnistuu, hän tuntee mielihyvää. (MLL 2015). Kokemukseni mukaan tämä perustavanlaatuinen tarve ihmisessä on läsnä myös virtuaalitodellisuudessa ja vaikuttaa VR-kokemuksen miellyttävyyteen. Ihminen haluaa, että virtuaalitodellisuudessa voi tehdä jotakin. Pelkkä maisemien katseleminen ei riitä, vaan ihminen etsii vuorovaikutussuhteita myös virtuaalitodellisuudessa.

Onnistunut virtuaalitodellisuus tarjoilee käyttäjälleen ennen kaikkea emotiivisia elementtejä. Läsnäolon tuntu, vaikutelma, vuorovaikutus, sosiaalisuus sekä dramaattisuus ovat kaikki avaintekijöitä onnistuneen virtuaalitodellisuuskokemuksen luomisessa. Ihminen haluaa kokea virtuaalitodellisuudessaakin yhteenkuuluvuutta muiden ihmisten kanssa. Kyse on sosiaalisesta ja emotionaalisesta teknologiasta (Milk 2015).

3.4 Uusia mahdollisuuksia virtuaalitodellisuudessa

Uudet tekniikat usein yhdistelevät vanhoja keksintöjä ja ajatuksia. Virtuaalitodellisuuden kokemiseen liittyy unelmia siitä, miten ihminen voisi ajatuksen voimalla siirtyä paikasta toiseen. Oculus Rift ja muut VR-tekniikat mahdollistavat tällä ikiaikaisella ajatuksella leikittelyn, ja mm. sen vuoksi virtuaalitodellisuusmaailmat ovat niin kiehtovia. Ihminen voi kokea olevansa jossakin muualla ajassa ja tilassa tai jopa kokea olevansa kokonaan muu henkilö. Tällainen leikittely kiehtoo ihmismieltä.

Oculus Riftillä on jo kokeiltu miltä näyttää näkymä miehen vartalosta katsellen naisen näkökulmasta ja toisinpäin. Tällöin on kyse ikään kuin virtuaalisesta sukupuolenvaihdosta tai sukupuolen perspektiivin vaihdosta. Ihminen on saatu Oculus Riftin ja muiden aistiärsytysten avulla tuntemaan olevansa toinen henkilö, kuin käyttäjä katselisi maailmaa toisen ihmisen silmin. Tällainen vuorovaikuttaminen saattaa vaikuttaa suoraan ihmisen empatiakykyyn. (Souppouris 2014.)

3.5 Virtuaalitodellisuuden kuusi aistitasoa

Tässä opinnäytetyössä ihmisen aistit jaetaan toimestani kuuteen erilaiseen tasoon, joita manipuloimalla virtuaalitodellisuuskokemusta voidaan syventää ja tehostaa. Perustasot ovat visuaalinen, auditiivinen, tuoksullinen, tasapainollinen ja tuntoaistillinen taso. Ylin (kuudes) taso on vuorovaikuttaminen.

Myös makuaisti pitäisi periaatteessa huomioida jaottelussa, vaikka virtuaalitodellisuudesta löytyvää ruokaa ei voikaan syödä. Makuaistia voisi periaatteessa stimuloida virtuaalitodellisuuskokemuksen aikana, mikä tosin edellyttää syömistä, juomista tai maistamista. Tiedossa ei ole laitteita, jotka tekisivät tämän käyttäjän puolesta pelin aikana. Tämän vuoksi jätän makuaistin toistaiseksi jaotteluni ulkopuolelle.

Virtuaalitodellisuuden ensimmäinen taso on näkeminen, eli visuaalisuus. Kokemus VR-tilasta pyritään tuottamaan visuaalisesti kolmiulotteisuutta hyödyntäen. Ihmisellä on kaksi silmää, joihin voidaan molempiin ohjata oma, itsenäinen kuvavirtansa. Vaihe-erot kuvavirran otosten välillä luovat stereoskooppisen vaikutelman ihmisen näkökenttään, jolloin esitetyt kuvat aistitaan kolmiulotteisina. Ihminen näkee tällöin virtuaalitodellisuuden stereoskooppisesti ja aistii syvyyden VR-maailmassa. (Lingard 1995.)

Toinen virtuaalitodellisuuden taso on auditiivinen taso, jossa huomioidaan äänet. Äänen nk. binauraalinen luonne korostuu kuulokekuuntelussa. Ihmisellä on kaksi korvaa, joiden välissä on nk. akustinen maski eli pää. Tämän akustisen maskin vuoksi äänet saapuvat vasempaan ja oikeaan korvaan aina hieman eriaikaisesti, jolloin äänten välille syntyy vaihe-eroja. (Lingard 1995.) Kokemukseni mukaan ääni synnyttää mm. massan tuntua kohteille esimerkiksi elokuvissa. Samat lainalaisuudet pätevät VR-sovelluksissa.

Kolmas virtuaalitodellisuuden taso on hajut ja tuoksut. Ihmisen hajuaisti ei ole tarkka verrattuna moniin eläimiin (kuten esimerkiksi koiraan), mutta hajuaisti on silti voimakas vaikuttaja ihmisen kokemuspäirissä. Ihminen reagoi fysiologisesti erilaisiin tuoksuihin. Esimerkiksi epämiellyttävä tuoksu saattaa jopa oksettaa. (Lähdemateriaali 8.) Tulevaisuudessa VR-käyttäjän nenän päälle saatetaan asettaa maski, joka tarjoilee käyttäjälle tuoksua VR-kokemuksen edetessä. Tällaisia laitteita ei vielä ole tarjolla tietääkseni.

Virtuaalitodellisuuden neljäs taso on tasapainoasti. Kokemukseni mukaan visuaalinen palaute virtuaalitodellisuuden tapahtumista voi vaikuttaa ihmisen tasapainoastiin. Tasapainoastia voisi häiritä myös esimerkiksi kaltevan tason tai heiluvan tuolin avulla. Tällaisia motorisoituja laitteita pelikäyttöön, jotka voivat luoda tuntemuksia kiihtyvyydestä, voi kokeilla jo nyt esimerkiksi arcade-pelihalleissa tai huvipuistoissa.

Virtuaalitodellisuuden viides taso on tuntoaisti. Tällä hetkellä on jo saatavilla laitteita tuntoaistin stimuloimiseksi, kuten tärisyvät peliohjaimet tai nk. force feedback -rattiohjaimet autopelejä varten. Myös tärisyvät lattiat, heiluvat penkit ja veden tai tuulen ohjaaminen kokijan kasvoille esityksen aikana ovat jo käytettyjä tekniikoita tuntoaistin stimuloimiseksi. Tuntoaistiin perustuvia palautetekniikoita, kuten haptisia tai taktiilisia datahanskoja, on suunniteltu osaksi virtuaalitodellisuuskokemusta. (Lingard 1995.)

Edellä kuvattuja tasoja sitoo yhteen virtuaalitodellisuuden ylimmäinen kuudes taso, joka on vuorovaikuttaminen. Mikään edellä kuvatuista viidestä tasosta ei toteudu ilman vuorovaikutustapahtumia. Luontevat vuorovaikutustapahtumat ja keinot kokea VR-maailma ovat avaintekijöitä (Strickland 2015). Kun kaikki tasot toteutuvat kokoaan tai vain osittainkin, käyttäjä saattaa kokea ”emotionaalisen ehdollistumisen”. Tämä tarkoittaa sitä, että käyttäjä kokee virtuaalitodellisuuden syvällisesti, todellisena maailmana.

4 Virtuaalitodellisuuden hallinta- ja ohjainlaitteet

Tämänhetkisessä perusasetelmassa virtuaalitodellisuuden käyttäjä hallitsee ja ohjaa liikkumistaan ja vuorovaikuttamistaan virtuaalitodellisuudessa hiirellä ja näppäimistöllä tai esimerkiksi käsissä pidettävällä peliohjaimella. Osittain Oculus Riftin suosion myötä viime aikoina on suunniteltu monia erilaisia VR-ohjaimia ja VR-ohjausrajapintoja, joilla kokemusta virtuaalitodellisuudesta voidaan syventää.

Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi STEM System ja Control VR. STEM System koostuu viidestä sensorista, jotka asetetaan käsiin, jalkoihin ja päähän, joiden sijaintia infrapunavastaanotin seuraa siirtäen sensorien paikkatiedot langattomasti tietokoneohjelmaan. Näin ollen virtuaalisessa maailmassa liikkuminen voidaan toteuttaa käyttäjän raajojen liikkeiden avulla. Käsissä pidettävissä sensoreissa on lisäksi ohjainsauvat ja nappuloita ohjaamista ja vuorovaikuttamista varten. (Lähdemateriaali 2.)

Control VR-järjestelmässä käyttäjä pukee käsiinsä nk. datahanskat, jotka siirtävät käsi- ja sormien liikkeet sekä paikkatiedot langattomasti tietokoneohjelmaan. Tämä mahdollistaa tarkan sormityöskentelyn ja VR-maailman esineisiin tarttumisen esimerkiksi pinsettioitteella. Järjestelmä on tarkka ja nopea vasteajaltaan ja mahdollistaa autenttiset käsien ja sormien liikkeet virtuaalitodellisuudessa. (Lähdemateriaali 2.)

Edellä mainitut uudet tekniikat ovat lupaavia ohjainrajapintoja virtuaalitodellisuusmaailmoihin, sillä näppäimistö ja hiiri yms. perinteisten ohjainlaitteiden käyttö toisinaan häiritsee VR-kokemusta. Käyttäjä ei voi vilkuilla näppäimistöä ja hiirtä VR-kokemuksen aikana, koska VR-maski peittää näkyvyyden. Omien käsien näkyminen ja niiden avulla vuorovaikuttaminen virtuaalisessa maailmassa lisäävät läsnäolon tunnetta voimakkaasti. Käsien kanssa vuorovaikuttaminen on luonnollisen tuntuista ihmiselle.

Käsiohjauslaitteiden lisäksi on kehitetty jalkatyöskentelyyn nojaavaa ohjaustekniikkaa virtuaalisiin maailmoihin. Prototyyppiasteella olevia laitteita on jo nyt kehitteillä, kuten Virtuix Omni ja Cyberith Virtualizer (Lähdemateriaali 2). Tämän kaltaiset laitteet mahdollistavat kävelyn, juoksemisen, polvistumisen ja hyppäämisen virtuaalisessa maailmassa. Laitteet on suunniteltu, rakennettu ja ennen kaikkea hinnoiteltu siten, että kuluttajilla on realistinen mahdollisuus hankkia niitä. (Lähdemateriaali 2.)

4.1 Virtuaalitodellisuuden ohjaaminen käsillä

Facebook osti vuonna 2014 yrityksen nimeltä Nimble VR, joka on kehittänyt VR-käsiohjaustekniikkaa, jossa käyttäjän ei tarvitse pukea datahanskoja ylleen lainkaan. Nimblen laite kuvaa käyttäjän kädet ja sormet HMD:n edessä siirtäen niiden liikkeet reaaliaikaisesti osaksi virtuaalitodellisuutta. Käyttäjä voi näin ollen ohjata virtuaalitodellisuutta suoraan omilla käsillään ja nähdä ne osana VR-maailmaa. (McWhertor 2014.) Nimble VR:n järjestelmä on suunnittelijoiden mukaan luonnollisen tuntuinen, koska kädet ja sormet voivat liikkua vapaasti ilman lisälaitteita, ja tekniikassa on riittävän alhainen vasteaika. (Nimble VR 2014.)

Oculus Riftin kuluttajaversioon tulee luultavasti Nimble VR:n kehittämä kamera- ja liikeohjaustekniikka. Tätä ajatusta puoltaa se, että Facebook, joka omistaa Oculus VR:n, osti myös Nimble VR:n alaisuuteensa. Facebook rahoittaa Nimblen tuotekehitystä. Nimblen kamera on riittävän kevyt ja pienikokoinen, että se voidaan rakentaa suoraan Oculus Riftiin. Näin ollen Nimble VR:n käsiohjauksesta tulee luultavasti luonnollinen osa Oculus Riftin käyttökokemusta. (The Oculus Team Blog 2 2015.)

Jos VR-ohjaukseen lisätään vielä datahanskat, joissa on haptinen palautejärjestelmä, kuten nk. force feedback -toiminto sormissa, voi käyttäjä saada myös tuntoaistikokemuksen. Esimerkiksi esineisiin tarttuminen voi synnyttää realistisen tuntoaistipalautteen. Tällaisia laitteita on jo suunnitteilla ja prototyyppinä valmistettu, kuten Dexmo F2. Dexmon laitteessa on pieniä kiinnittimiä, niveliä ja servomootoreita, jotka luovat paineen ja liikkeen tuntua käyttäjän sormiin. (Halfacree 2014.)

4.2 FPS-pelien VR-ohjaimet

Markkinoille on saapumassa myös erilaisia VR-aseita, joilla voi pelata tehokkaasti FPS eli First Person Shooter -pelejä, kuten Battlefield- tai Call of Duty -pelisarjoja. VR-aseissa voi olla runsaasti erilaisia sensoreita, kuten gyroskooppi (aseen asennon tarkkailija) sekä taktiilisia palautejärjestelmiä, kuten rekyylin synnyttäjä. Tällöin ase ”potkaisee” aidon tuntuisesti, kun sillä ammutaan pelissä (Ceustermont 2015). Ammusten loppuessa VR-aseen voi ladata fyysisesti lippaan poistamalla ja uudelleen asettamalla, kuten oikea ase toimii. (Lang 2015.)

VR-aseen avulla käyttäjä voi hallita muitakin FPS-pelitapahtumia kuin pelkkää ampu- mista, kuten lippaan vaihdon, varmistimen poistamisen käytöstä tai sniper moden eli kiikaritähstäinkatselun aktivoimisen pelissä. Trinity VR pyrkii luomaan VR-aseen, jonka avulla voi tähdätä ja osoittaa eri suuntiin riippumatta pelaajan katseen suunnasta. (Brandom 2014). Tämän tekniikan ansiosta pelaaja voisi periaatteessa ampua virtuaa- lisen maailman kulmien taakse. Tämän VR-aseen seuranta tapahtuu samalla periaat- teella kuin Oculus Riftin seuranta eli infrapunalla.

4.3 Puhe- ja katseohjaus

Puheohjaus saattaa olla yksi keinoista ohjata virtuaalitodellisuuden pelitapahtumia. Tietokoneen ohjaaminen tapahtuu totutusti tieteisfantasioissa puheen avulla, mutta todellisuudessa ihmiset tuntuvat jostakin syystä hieman vierastavan puheohjausta. Myös puheohjauksen toteuttaminen käytännössä on hankalaa. Mistä tietokoneohjelma tietää, milloin käyttäjä puhuu tietokoneelle ja milloin vierustoverille? Toisinaan ympäris- tö saattaa olla meluisa ja ohjelma voi mennä sekaisin lukuisista audiovihjeistä.

Esimerkiksi käsien taputtaminen tai sormien napsauttaminen voisivat olla peli- maailmassa ns. triggeröiviä tapahtumia, eli pelitapahtumia voisi ohjata näillä var- sin luonnollisen tuntuilla eleillä, joihin liittyy myös äänitapahtuma. Oculus Riftin infrapunakameraan voisi liittää mikrofonin, joka kuuntelee puhetta ja muita käyt- täjän tuottamia ääniä. (Lainaus tutkimusmuistiinpanoista 20.12.2014.)

Puheohjausta on kehitetty jo vuosia, ja eräät sovellukset ovat jo melko hyvällä tolalla. Esimerkiksi Applen tekoälyavustaja Siri ymmärtää puhetta varsin hyvin ja osaa myös vastata käyttäjän kysymyksiin melko sujuvasti. Keskustelu tietokoneohjelman kanssa ei kuitenkaan vielä missään nimessä ole luontevaa. Luultavasti kehittynyt tekoälyavustei- nen puhe- ja ääniohjaus kuitenkin toimii VR-sovelluksen ohjaimena tulevaisuudessa.

Käyttäjä voi todennäköisesti myös keskustella luontevasti virtuaalisten hahmojen (eli nk. Avatarien) kanssa. Tämä avaa erinomaisia mahdollisuuksia VR-tarinankerronnalle ja erilaisille keskustelusovelluksille. VR-ohjaukseen saatetaan liittää myös käyttäjän katsetta ja katseen tarkennusta seuraavaa teknologiaa. Tällaista tekniikkaa on kehittä- nyt ainakin FOVE, jonka valmistama VR-kypärä sallii katseen tarkentamisen luontevas- ti ja realistisesti eri kohtiin ja etäisyyksille VR-maailmassa. (FOVE 2015.)

4.4 Virtuaalitodellisuuden käyttäminen

Kun kaikki edellä mainitut tekniikat yhdistetään, käyttäjä voi kokea uskomattoman VR-elämyksen, ainakin teoriassa. Käytännössä erilaiset johdot, varusteiden pukeminen ja pelin alkuun saattaminen saattavat olla hyvinkin hankalaa. Ehkäpä tarvetta tulevaisuudessa onkin nk. VR-avustajalle, joka auttaa pelaaja käynnistämään pelikokemuksen.

VR-kokemukset saattavat tapahtua kotien lisäksi myös arcade-pelihalleissa tai VR-kahviloissa, joissa on kaikki saatavilla olevat VR-ohjainlaitteet ja tilat valmiina pelaajia varten. Esimerkiksi HTC:n Vive VR-järjestelmä vaatii kokonaisen tyhjän huoneen toimiakseen kunnolla (Lähdemateriaali 2). Harvalla kuluttajalla on mahdollisuutta valjastaa tyhjää huonetta VR-käyttöön tai varallisuutta hankkia kaikkia VR-ohjaimia käyttöönsä.

Tulevaisuuden VR-pelaajalla saattaa olla käytössään Virtuix Omni pelimaailmassa liikkumista varten, kaksi erilaista VR-asetta kuten VR-kivääri toisessa kädessä ja VR-pistooli asekotelossa, suljetut vastamelukuulokkeet, Nimblen VR-kamera käsiohjausta varten, puheohjausyksikkö sekä tietenkin virtuaalitodellisuuslasit katselemista varten. Toimivatko kaikki tekniikat yhdessä ja samassa pelissä moitteettomasti, jää nähtäväksi.

4.5 Äänisuunnittelu VR-ohjainlaitteiden kannalta

Äänisuunnittelun kannalta VR-ohjainlaitteiden käyttäminen on mielenkiintoista. Kun käyttäjä kävelee tai juoksee pelimaailmassa käyttäen esimerkiksi Virtuix Omnia, onko askelten kuuluttava synkronissa käyttäjän jalkojen suhteen? Muuttuuko ääni, kun käyttäjä liikkuu eri tavoilla? Pitääkö kaiken tapahtua synkronissa suhteessa käyttäjään?

Kun erilaisia VR-ohjaimia käytetään peleissä, luultavasti myös vaatimukset äänityön osalta kasvavat. Kun pelikokemus muuttuu yhä realistisemmaksi, on myös äänisuunnittelun vastattava tähän haasteeseen. Kun grafiikka ja fysiikka peleissä ovat aidon oloisia, myös ääneltä odotetaan enemmän ja ennen kaikkea yhteensopivuutta VR-maailman kanssa. Virtuaalitodellisuuden äänisuunnittelija vastaa suuriin haasteisiin.

Vaikuttaa siltä, että tulevaisuuden virtuaalitodellisuuksien sovelluksissa vaikutetaan ennen kaikkea käsiä käyttäen ja virtuaaliset kädet ovat näkyvillä virtuaalitodellisuudessa. Äänisuunnittelun kannalta tämä skenaario on otettava huomioon. Äänellä on suuri merkitys palautteen antajana vuorovaikutuksen suhteen.

Käyttäjä todennäköisesti olettaa, että käsistä ja vuorovaikutuksesta kappaleiden tai menuvalikoiden kanssa kuuluu jonkinlaista ääntä. Minkälaista ääntä ja miten, siinä on uusia haasteita VR-äänisuunnittelijoille ja pelinkehittäjille.

VR-pelaaja saattaa esimerkiksi nostaa kätensä näkyviin virtuaalisessa maailmassa ja napsauttaa sormiaan. Tällöin pelimaailmasta pitää kuulua sormien napsahduksen ääni. Pelaaja saattaa myös varioida erilaisia napsauksia. Tällöin syntyvän äänenkin pitäisi muuttua. Lisäksi, jos virtuaalitodellisuuden halutaan olevan todenmukainen, pelaajan pitäisi kuulla napsahdusäänen synnyttämä kaiku virtuaalisessa tilassa. Tämän saavuttaminen vaatii mm. tietämystä siitä, miten ääni käyttäytyy erilaisissa tiloissa.

5 Äänisuunnittelu VR-laseille

Äänisuunnittelu määritellään tässä opinnäytetyössä toimestani seuraavasti. Äänisuunnittelu on hallittua ja perusteltua äänen tuotantoa ja työstämistä teoksessa. Ääntä voidaan työstää esimerkiksi äänten amplitudia ja taajuussisältöä jäsentelemällä. Äänisuunnittelun tarkoituksena on luoda eheä kokonaisuus ja parantaa teoksen kokemusarvoa ja ymmärrettävyyttä, edistää sen tunnelmaa, viestiä ja vaikuttavuutta sekä syventää kerronnan dramaturgiaa.

Äänisuunnittelu pyrkii löytämään parhaat työtavat halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Ilman äänisuunnittelua auditiiviset ja audiovisuaaliset teokset jäävät vaillinaisiksi. Äänisuunnittelua pidetään onnistuneena silloin, kun ääneen ei varsinaisesti kiinnitetä huomiota, mutta ääni vaikuttaa kokemukseen ja vastaanottajaan.

Äänen tulee olla mielenkiintoista sekä vaihtelevaa. Äänen pitää tarvittaessa ohjata vastaanottajaa ja antaa palautetta tapahtumista. Äänen pitää kestää toistokertoja hyvin. Ääntä ei saa olla liikaa eikä liian vähän. Äänen pitää sopia teoksen kontekstiin, mutta tarvittaessa rikkoa vastaanottajan kanssa sovittuja audiovisuaalisia sääntöjä.

Ääni ei saa viedä liikaa käyttäjän huomiota tai ohjata huomiota toisaalle, paitsi tarkoituksenmukaisesti. Äänen pitää olla miellyttävää, mutta tarvittaessa raastavaa. Äänen tulee olla teoksen vastaanottajan kokemusta tehostava ja ymmärrystä edistävä. Tarvittaessa ääni kiinnittää käyttäjän huomion johonkin ja ohjaa tapahtumia itsenäisesti.

Äänisuunnittelijan tehtävä on löytää toimivimmat ja parhaimmat keinot halutun lopputuloksen saavuttamiseksi, kulloisenkin budjetin sallimissa rajoissa. Äänisuunnittelijan tulee toteuttaa työ siten, ettei sovittu budjetti projektissa ylitä. Äänityön tulee vastata muun työn taiteellista tasoa, jottei työn yhtenäisyys kärsi.

Kokemukseni mukaan äänen läsnäolo on tärkeää virtuaalitodellisuudessa. Tapahtumien taustalla on aina ajan kulku. Ajan kulku mahdollistaa kokemuksen maailmasta. Äänen kuuluminen muuten staattisessa maailmassa kertoo käyttäjälle siitä, että aika on olemassa. Ääni on tapahtuma, joka tarvitsee tilaa ja aikaa toteutuakseen. Kuva voi olla liikkumaton, jolloin se edustaa yhtä ajan hetkeä. Ääni ei voi olla liikkumaton, sillä silloin kuuluu vain hiljaisuutta.

5.1 Äänikerronnan taustaa

Ääntä on luultavasti aina käytetty tarinankerronnan ja kokemuksen voimistamiseen. Voimme kuvitella, kuinka ensimmäiset tarinankertajat metsästäjä-keräilijöiden nuotiotuilla tehostivat kertomuksiaan tuottamalla ääntä tarinan tueksi suullaan, käsillään, jaloillaan tai esineillä. Lähteitä kivikauden takaisista nuotiotapahtumista tuskin on saatavilla, mutta nykyihmisen tapa värittää puhettaan erilaisilla äänillä ja äännähdyksillä tarinaa kertoessaan on luultavasti ollut olemassa jo muinaisina aikoina.

Ääneen on kiinnitetty huomiota pitkään tarinankerronnan lisämausteena. Ääntä on käytetty esityksen tehostajana ja vaikuttamisen keinona. Esimerkiksi antiikin kreikan teattereissa lavalla oli kuoro esittämässä musiikkia ja erilaisia tehostelaitteita käytettiin usein. Teatterit rakennettiin akustisesti siten, että näyttelijöiden ääni ja esityksen tapahtumat kantautuivat helposti takariviin saakka. (Lähdemateriaali 4). Antiikin ajan teattereiden akustiikka oli usein erinomainen (Mäkinen 2003).

Ääni on otettu huomioon tavalla tai toisella uusissa tarinankerronnan keinoissa. Etenkin musiikilla on tehostettu esitysten vaikuttavuutta. Elokuviin ääni saapui jo 1920-luvulla. Ensimmäisiä äänielokuvia olivat *Don Juan* vuonna 1926 (Juva 1995, 22) ja *The Jazz Singer* vuonna 1927 (Slowik 2014, 57–58). Äänen vaikutus elokuvakerronnassa oli lähtemätön. Etenkin musiikin käyttäminen osana elokuvien tarinankerrontaa on voimakas ja luultavasti eniten käytetty katsojan tunnetilaan vaikuttava keino.

Ennen varsinaisten äänielokuvien aikaa mykkäelokuvia säestettiin soittamalla musiikkia teatterissa paikan päällä ja luomalla synkronoituja äänitehosteita reaaliaikaisesti elokuvateatterissa (Juva 1995, 22). Äänen ja musiikin tarkoituksena oli syventää esityksen dramaturgiaa ja sen välittämää tunnetta sekä aiheuttaa katsojassa myös attraktioelokuvalle tyypillisiä reaktioita, kuten hämmästyksiä. Äänellä voi alleviivata ja korostaa esityksen kannalta tärkeitä tapahtumia.

Ääntä on käytetty palautteenantajana monilla yhteiskunnan osa-alueilla. Monet niistä ovat niin arkisia, ettei niitä osaa edes ajatella. Liikennevalojen ääni, hissien ääntelyt, tietokoneiden järjestelmä-äänit, virastojen jonotukseen ja asiointiin liittyvät äänet, kauppojen liha- ja kalatiskien jonotusjärjestelmän äänet. Listaa voi jatkaa loputtomasti. Kaikissa em. toiminnoissa on mukana äänipalaute, joka ohjaa vastaanottajaa.

5.2 Peliäänisuunnittelun taustaa

Perinteisesti 3D-ääninä peleissä on ajateltu tapaa, jolla suurin osa peleistä luovat ”kolmiulotteisen” äänen. Tällöin äänet saapuvat pelaajan vasemmalta tai oikealta puolelta. Äänen etäisyys tai läheisyys luodaan äänen voimakkuutta tai taajuussisältöä reaaliaikaisesti muuttamalla esimerkiksi nk. low pass -filteriä eli alipäästösuodinta käyttämällä, jonka avulla äänestä voi saada etäisemmän kuuloista. (Nair 2014).

Pelaajien kuuntelujärjestelmissä on käytetty tavallisten stereokaiuttimien lisäksi 5.1 ja 7.1 kaiutinjärjestelmiä, kuulokkeita sekä erinäisiä ”surround-äänien” koodausmetodeja (kuten Creativen EAX ja CMMS-3D), joilla on saavutettu melko kelvollisia ja uskottavia aistimuksia äänilähteen suunnista (Lähdemateriaali 4). Erilaisilla koodausmetodeilla voi myös tehdä tavanomaisesta stereoäänestä surround-ääntä. Ääneen voidaan lisätä binauraalisia tekijöitä, kuten nk. HRTF-dataa (katso luku 6.3).

Kokemukseni mukaan 3D-ääneen kiinnitettiin peleissä enemmän huomiota etenkin 1990-luvulla ja 2000-luvun alussa. Tämä johtui luultavasti 3D-pelien yleistymisestä. Kun monikanavaiset surround-tekniikat yleistyivät, kaksikanavainen 3D-ääni jäi välillä unholaan. Nykyään virtuaalitodellisuuspelaamisen kiinnostuksen kasvaessa on huomattu jälleen, että realismia tavoitellessa pelkkä visuaalinen palaute kolmiulotteisesta tilasta ei riitä, vaan myös äänen on oltava kolmiulotteista. (Nair 2014).

Perinteiset tavat tuottaa äänen suuntainformaatiota surround-järjestelmillä eivät ole soveltuvia uuden ajan virtuaalitodellisuussovelluksia ajatellen. Perinteiset surround-tekniikat ovat nk. hardware accelerated -järjestelmiä, jolloin äänen toistamiseen tarvitaan esimerkiksi erikoistunut äänikortti, monikanavainen kuuntelujärjestelmä kaiuttimineen ja ääntä koodaava vahvistin. Jotta uudet virtuaalitodellisuuslasit voisivat yleistyä ja saada mahdollisimman monia käyttäjiä, on niiden toimittava riittävän halvalla ja yksinkertaisella kokoonpanolla.

Äänisuunnittelu ensimmäisen persoonan virtuaaliseen maailmaan kannattaa laatia lähtökohtaisesti kahdelle kanavalle kuulokekuuntelu mielessä. Sovellukseen tai peliin on tällöin hankittava audiomoottori, joka muuttaa pelimaailman äänet reaaliajassa binauraalisiksi ja HRTF-dataa käyttäviksi ääniksi. Myöskään VR-tilassa syntyviä huone- ja tilaheijastuksia ei sovi unohtaa aitoja 3D-ääniä suunniteltaessa.

Usein äänten perusohjelmointi riittää aivan mainiosti perinteisissä peleissä. Taustalla on yleensä ajatus pelikoneen resurssien säästämistä esimerkiksi grafiikkaa varten. Lukuisten äänten jatkuva lataaminen ja prosessointi vaativat oman prosessoriaikansa pelikoneelta. Lisäksi äänten jatkuva lataaminen kuormittaa tehokkaasti RAM-muistia (Random Access Memory). Äänen reaaliaikainen binauraalinen koodaus ja huoneheijastusten reaaliaikainen laskenta vaativat myös tehokasta prosessorilaskentaa.

5.3 Perspektiivin muutos VR-tilassa

Virtuaalitodellisuuslaseilla pelaaminen luo vahvasti erilaisen läsnäolon tunteen peleissä kuin perinteinen litteältä näytöltä tapahtuva pelaaminen. Ihminen näkee pelimaailman sisältä päin ja kokee olevansa sisällä pelimaailmassa. VR-maailma ja käyttäjän perspektiivi ovat paljon vaikuttavampia virtuaalitodellisuuslaseilla pelatessa. Tämä perspektiivin muutos vaikuttaa VR-äänisuunnitteluun suoraan.

Esimerkiksi Oculus Riftiä käytettäessä perspektiivi muuttuu siten, että VR-maailmassa kaikki näyttää paljon suuremmalta kuin litteältä näytöltä. Kolmiulotteinen päänsurantaan perustuva VR-kokemus aiheuttaa muutoksen, joka väistämättä muuttaa äänellistä tarinankerrontaa. Äänilähteillä on selkeitä etäisyyksiä ja suuntia, jotka ovat merkityksellisiä VR-kokemuksen kannalta. Jotta virtuaalinen maailma voisi toimia, on näkymien ja äänen perspektiivin vastattava toisiaan.

Jos jokin ääni kuuluu esimerkiksi vasemmalta ja käyttäjä kääntyy vasemmalle, vasemmalla ollut äänilähde on nyt suoraan hänen edessään. Käyttäjän takaa kuuluva ääni siirtyy vaihteittain kuulokentän etupuolelle, kun käyttäjä kääntyy 180 astetta. Kun samat liikeradat toistetaan virtuaalitodellisuusmaailman kaikille äänille, joista osa on myös liikkeessä, on selvää ettei perinteinen tai tavanomainen äänisuunnittelu enää riitä, mikäli halutaan saavuttaa vaikuttava ja realistinen VR-kokemus.

Ylöspäin ja alaspäin katseleminen virtuaalitodellisuuslaseilla edellyttää selkeästi ylös tai alaspäin suuntautuvaa käyttäjän pään liikettä. Sivuille tai taakse katsominen edellyttävät yhtä selkeää liikettä, jopa käyttäjän kääntymistä. Kun käyttäjän liikeradat ovat luonnollisia, ääntenkin oletetaan käyttäytyvän VR-maailmassa luonnollisella tavalla. Muutos käyttäjän liikkumisessa VR-kokemuksen aikana on huomattava verrattuna perinteiseen litteältä näytöltä pelaamiseen, jolloin yleensä istutaan paikallaan.

Ihminen herkistyy perspektiivin muuttuessa eri tavalla virtuaalisessa maailmassa kuin perinteiseltä näytöltä tapahtuvassa pelaamisessa. Kun ihminen on virtuaalitodellisuudessa, hän luultavasti olettaa näkevänsä siellä myös esimerkiksi kehonsa virtuaalisesta peilistä ja raajansa osana VR-maailmaa. Kun ihminen koskettaa käsillään omaa vartaloon tai VR-maailman objekteja, hän luultavasti olettaa näistä tapahtumista syntyvän jonkinlaista ääntä myös virtuaalitodellisuudessa.

Perspektiivin muutos vaikuttaa psykologisesti käyttäjän kokemuksiin virtuaalisessa maailmassa. Kun esimerkiksi keinitodellisuuden rakennukset ja hirviöt ovat luonnollisessa koossa, jolloin niitä katsellaan esimerkiksi alhaalta ylöspäin, kohteiden synnyttämä vaikutelma muuttuu siten, että kohteet ovat paljon suurempia ja vaikuttavampia kuin litteältä näytöltä tarkasteltuna. Äänisuunnittelulla voidaan entisestään tehostaa tätä vaikutelmaa ja perspektiiviä.

Ajatellaan esimerkiksi ensimmäisen persoonan virtuaalitodellisuuskokemusta. Kun käyttäjä seisoo paikallaan virtuaalisessa maailmassa ja katsoo maailmaa kuunnellen sitä, mitä käyttäjä kuulee? Kuuluuko kaikesta ääni, minkä käyttäjä voi nähdä? Missä vaiheessa nk. off screen -ääni, eli näkökentän ulkopuolinen ääni alkaa kuulumaan kohteista? Kuuluuko liikkuvissa kohteissa esimerkiksi nk. Dopplerin ilmiötä eli äänen taajuuden muuttumista liikkuvan äänilähteen ja paikallaan olevan kuuntelijan suhteen?

Kuinka suuria huone- ja tilakaiut voivat olla, että ne vastaavat tai eivät vastaa näkymiä? Minkälaista ääntä kuuluu käyttäjän kävellessä virtuaalisessa maailmassa? Kuuluuko kenkien alla olevan materiaalin ääni? Kuuluuko pelaajan vaatteista kahinaa hänen liikkuessaan? Onko musiikkia? Entäpä kulman tai esteen takaa kuuluvat äänet (äänen okkluusio ja diffraktio)? Mitkä äänet ovat monoa, mitkä stereota ja mitkä binauraalisia 3D-ääniä? Minkälainen on äänen dynamiikka erilaisissa tilanteissa?

Kuten huomaamme, ääneen liittyviä kysymyksiä voi esittää runsaasti, kun ajatellaan virtuaalitodellisuuden äänisuunnittelua. Tuleeko virtuaalitodellisuus menestymään vielä tälläkään vuosikymmenellä, on suuri kysymys. Monien osa-alueiden on toimittava yhteen saumattomasti ensi kerrasta lähtien, jotta käyttäjät voivat nauttia virtuaalitodellisuudesta ja palaavat sen pariin. Ääni on yksi tärkeimmistä asioista, joka vaatii pohdintaa ja ammattimaista toteutusta nautinnollisen virtuaalitodellisuuden luomiseksi.

5.4 Äänen reaaliaikaisuus virtuaalitodellisuudessa

Ihmisen liikkua huonetilassa paikallaan pysyvien äänilähteiden etäisyys ja huoneheijastusten taajuudet muuttuvat suhteessa liikkajaan, mikä vaikuttaa aistitun äänen luonteeseen. Huoneen keskeltä kuuluva ääni kuulostaa erilaiselta huoneen nurkasta kuultuna kuin huoneen keskeltä. Tämä johtuu äänen voimakkuuden heikentymisestä suhteessa etäisyyden neliöön, mutta myös huoneheijastusten tulosuunnasta. (Lähde-materiaali 6.)

Kun äänilähde liikkuu, tilanne muuttuu jälleen. Nämä muutokset johtavat monimutkaisuuteen ja reaaliaikaisesti muuttuviin vaihe-eroihin äänissä. Kun pelihahmo liikkuu virtuaalisessa huonetilassa, myös äänilähteet liikkuvat ja etäisyydet heijastaviin/absorboiviin pintoihin muuttuvat. Karkeasti voi sanoa, että ääni kuulostaa joka hetki hieman erilaiselta, jos jokin parametri on liikkeessä.

Kun tavoitellaan realistista äänisuunnittelua virtuaalisessa maailmassa, äänilähteiden etäisyyksien muuttuminen ja huoneheijastusten vaikutukset on otettava huomioon. Muutokset heijastuksissa vaikuttavat aistitun ääneen luonteeseen ja suuntainformaatioon. Kun em. seikat toteutetaan äänisuunnittelussa, käyttäjä pystyy pelkästään kuuntelemalla toteamaan, missä kohdassa huonetta hän on suhteessa äänilähteeseen.

5.5 Minkälaista ääntä kannattaa spatialisoida?

Pienikin pään asennon muutos vaikuttaa hyvin paljon aistitun äänen suuntaan, etenkin jos ääni sisältää ylempiä taajuuksia. Tämä johtuu siitä, että ihminen suuntakuulo on tehokkaimmillaan audiospektrin osuudella 2–5 kHz. Tämä on jäännös ihmisen evoluutiosta, ajoista jolloin ihmisen oli tärkeää kuulla lähestyvien petojen sekä saaliseläinten äänet. Oksien äänet ja rapinat kuuluvat parhaiten kyseisellä audiospektrin alueella. (Akustiikan kurssin muistiinpanot, Riionheimo 2013, Metropolia AMK.)

Taajuusalue 2–5 kHz tarkoittaa, että kyseiset ääniaallot ovat 17,2–6,9 cm:n pituisia. Tämän verran on myös ihmisen korvien välinen etäisyys, eli keskimäärin 17 cm (Tarmia 2013, 25). Ihmisen suuntakuulo aistii näin ollen herkimmin korvien välistä etäisyyttä pienemmät taajuudet. Tämä tarkoittaa, että suuntakuulo on tehokkaimmillaan diskanttivoittoisia ääniä kuultaessa. Ihminen aistii päätä käännellessään herkimmin tällaisten ääniaaltojen vaihe-erot, ja näitä kannattaakin spatialisoida VR-sovelluksissa.

Kaikkien virtuaalitodellisuuden äänten ei kuitenkaan tarvitse olla suuntainformaatiota sisältävää ääntä. Vain suuntainformaatiosta hyötyvien äänten tulee olla binauraalista 3D-ääntä. Esimerkiksi VR-sovelluksen musiikki, kertojaääni, menu-valikkojen äänet tai äänimaailman pohjat voivat mainiosti olla tavanomaista mono- tai stereoääntä, koska tällaisilta ääniltä harvoin odotetaan määriteltyä suuntaa.

5.6 Foley-tehosteet ja äänikirjastot peliäänisuunnittelussa

Foley-tehosteilla tarkoitetaan liikkuvaan kuvaan tai animaatioon tehtyjä nk. synkronitehosteita, kuten askeleita, vaatteiden kahinaa tai tavaroista syntyviä ääniä (Carlsson 1997). Foley-tehosteet liittyvät usein jollakin tavalla ihmiseen ja ihmisen aiheuttamaan toimintaan (Marks 2009, 272). Foley-työn avulla voidaan elokuvissa tuottaa monille kuvan objekteille äänet, kuten esimerkiksi kuvassa näkyville eläimille.

Perinteistä Foley-työtä peliäänisuunnittelussa ei tehdä kovinkaan usein (Marks 2009, 272). Foley-työskentely soveltuu parhaiten lineaarisen kerronnan mediaan, jossa tapahtumat ovat tiukasti ennalta määrättyjä, kuten elokuvan leikkauksessa. Pelien äänitapahtumat (ja musiikki) ovat monesti ei-lineaarista kerrontaa. Foley-työskentely on huomattavasti kalliimpaa työtä kuin äänten hankkiminen äänikirjastoista. Perinteinen Foley-työ työllistää ihmisiä ja vaatii usein erillisen Foley-työhön suunnitellun tilan.

Järkevämpi tapa esimerkiksi moniosaisen äänitapahtuman luomiseksi on äänittää kaikki äänitapahtuman osatekijät erikseen tai hankkia äänet äänikirjastoista. Äänet voi sitten synkronoida jälkikäteen esimerkiksi pelitapahtuman animaatioita ohjaavien scripttien eli ohjelmakoodien avulla. Peliäänet ovat useimmiten äänikirjastoista hankittuja (Marks 2009, 272). Jos äänisuunnittelija kuitenkin äänittää äänet itse, äänistä saattaa tulla mielenkiintoisemman kuuloisia kuin pelkästään äänikirjastoja käytettäessä.

Tämä johtuu mm. siitä, että äänikirjastoista löytyvät äänet on monissa tapauksissa äänitetty eri paikoissa eri aikoina, erilaisilla mikrofoneilla ja laitteilla. Kun käytetään runsaasti erilaisia ääniä, joista kuuluu erilaisia äänen parametreja, kuten omakohinaa, etäisyyksiä tai huonekaikuja, käytettävien äänten yhtenäisyys saattaa kärsiä. Yhden äänitysjakson aikana mikrofoniin etäisyys ja laitteisto voidaan säilyttää muuttumattomana, jolloin käyttöön päätyvät äänet ovat lopulta yhtenäisempiä.

5.7 Askeleet virtuaalisessa maailmassa

Erilaisista liikkeistä pelaajan jalkatyöskentelyssä voi ajatella kuuluvan erilaisia ääniä virtuaalisessa maailmassa. Käyttäjä todennäköisesti kiinnittää enemmän huomiota jalkojen liikeääniin, pintoihin ja materiaaleihin sekä synkronointiin, jos hän voi oikeasti kävelemällä liikkua VR-maailmoissa käyttämällä esimerkiksi Virtuix Omnia. Tällöin vaatimukset äänityksen suhteen ovat suuremmat kuin perinteisessä pelaamisessa.

Askeläänet laaditaan peleihin usein esimerkiksi siten, että valitaan yksi tai kaksi erilaisista askelääntä, joiden taajuutta ja amplitudia moduloidaan hienovaraisesti ja reaaliaikaisesti askeltautumien edetessä. Kun pelihahmo kävelee pelimaailmassa, askeleet kuulostavat joka kerta hieman erilaiselta. Tämä luo illuusion askellustyylin ja askeleen painon muuttumisesta pelihahmon eri askeleilla, mikä on usein luonnollisen kuuloista. Monesti tällainen ohjelmointi on riittävä halutun efektin aikaansaamiseksi.

Äänisuunnittelija voi myös valita askeläänissä käytettäväksi erilaisia kenkiä ja materiaaleja, joista kuuluva ääni kuvastaa virtuaalisessa maailmassa näkyvää asiaa parhaimmalla mahdollisella tavalla. Kävely on luonnollisemman kuuloista, jos joku kävelee oikealta kuulostavan materiaalin pinnalla. Eri materiaaleista ja pinnoista syntyvät äänet pelimaailmassa ovat todennäköisesti luonnollisemman ja vaihtelevamman kuuloisia, jos ne on ääninäytelty ja äänitetty äänisuunnittelijan toimesta.

Tiedossa ei vielä ole, kuinka oleellista käyttäjästä itsestään syntyvät äänet ovat toimivan virtuaalitodellisuuden luomisessa. Luultavasti asiaan ei aluksi kiinnitetä edes huomiota. Vaarana on myös se, että liiallinen äänityö tekee kokemuksesta sekavan ja sotkuisen, jos ääniä kuuluu kaikesta ja koko ajan. Tässäkin mielessä äänisuunnittelijaa tarvitaan: mitkä ovat oleellisia ääniä, mistä voidaan karsia?

Virtuaalitodellisuuden äänisuunnittelu ja etenkin VR-pelaajasta lähtevät äänet VR-maailmassa ovat vielä toistaiseksi tutkimattomia asioita. Työn tekemiseen vaadittava tekniikka on vasta tuloillaan pelikehittäjien haltuun ja kuluttajamarkkinoille, eikä selviä rutiineita tai työskentelymalleja ole vielä olemassa. Virtuaalitodellisuuden äänityön vaatimukset ja mahdollisuudet selvinnevät vasta sitten, kun äänisuunnittelijoilla on hallussaan työkalut ja ideat, joiden avulla immersiiivinen ja kerronnaltaan epälineaarinen virtuaalitodellisuus voidaan toteuttaa.

5.8 Äänen fysiikan vapaus virtuaalitodellisuudessa

Äänen fysiikka on sidottu luonnonlakeihin, mutta virtuaalitodellisuudessa näin ei tarvitse olla. Virtuaalitodellisuudessa äänen fysikaalisia ominaisuuksia voi periaatteessa vapaasti muuttaa, jos äänen muuttujat ja niihin liittyvä informaatio on ohjelmoitu mukaan tietokoneohjelmaan. Tietokonepohjaisessa simulaatiossa äänen fysikaalisia parametreja voi tällöin vapaasti muuttaa. Hyvä esimerkki tällaisesta mahdollisuudesta on esimerkiksi Modartt Pianoteq 5, eli pianoa mallintava ohjelma ja audioliitännäinen.

Ohjelma mallintaa oikean pianon kaikki ominaisuudet reaaliajassa. Ohjelmassa pianon kielten pituutta voi muuttaa vapaasti. Käyttäjä voi laatia esimerkiksi flyygelin, jonka kielet ovat 10 metriä pitkät, mikä on käytännössä mahdotonta toteuttaa. Kielten pituus vaikuttaa pianon sointiin. Myös kaikukopassa käytetyn puun määrä lisääntyy, kun kielten pituutta säädetään. Myös käytetyn puun määrä ja kaikukopan suuruus vaikuttavat instrumentin sointiin. (Lähdemateriaali 5.)

Lisäksi ohjelmassa voi muuttaa äänen nopeutta ja arvoksi voi asettaa esimerkiksi 200 m/s normaali-ilmakehässä, mikä vaikuttaa pianon synnyttämään ja havaittuun ääneen. Ohjelmassa voi myös muuttaa virtuaalisten mikrofoniin sijaintia suhteessa pianoon, mikä vaikuttaa äänen tila-aistimukseen. Virtuaaliset mikrofonit voidaan sijoittaa myös pianon yläpuolelle tai jopa pianon sisälle. (Lähdemateriaali 5.)

Samankaltaisia toimintoja voisi sisällyttää sopiviin virtuaalitodellisuussovelluksiin. Esimerkiksi laitesukeltamista tai elämää kalana mallintavissa peleissä väliaineen ominaisuuksia voisi muuttaa siten, että sukelluksissa äänen nopeus olisikin 1483 m/s 21 Celsiusasteen lämpöisessä vedessä, mikä on äänen nopeus vedessä (Lähdemateriaali 5). Tällöin äänet, jotka syntyvät veden alla, liikkuvat nopeammin ja kantautuvat kauemmas kuin ilmakehässä. Äänimaailma kuulostaisi kenties aidommalta vedenalaiselta maailmalta ja virtuaalitodellisuus astetta todellisemmalta.

Äänen fysiikka virtuaalitodellisuudessa voi olla myös satunnainen, järjenvastainen tai todellisuudelle vastakohtainen joillakin tasoilla. Kaikki äänet voisivat esimerkiksi kaikua ikuisesti. Tällaiset kokeilut johtaisivat todennäköisesti suureen kakofoniaan, mutta järkevästi toteutettuna esimerkiksi vieraat maailmat voisivat olla *todella* vieraan kuuloisia.

6 Kuuntelu virtuaalitodellisuudessa

Kuuntelulla tarkoitetaan tekniikkaa ja laitteistoa, jonka avulla esityksen äänet toistetaan ja johon esitys hyvin usein on optimoitu sekä suunniteltu. Seuraavassa kappaleessa lainataan suomalaisen firman DSpeakerin nettisivujen tekniikkaosiosta löytyvää tekstiä, jossa tiivistetään mainiosti binauraalisen kuuntelun periaatteet. Teksti kiteyttää oleelliset tekijät, joiden ansiosta kaksikanavainen kuuntelu riittää mainiosti kolmiulotteisen äänen kokemiseen ensimmäisen persoonan virtuaalitodellisuussovelluksissa.

Yleisesti äänen suunta havaitaan ihmisen auditorisessa järjestelmässä, mikä sijaitsee aivoissa. Ihmisillä on kaksi korvaa, joten kahdella signaalilla täytyy olla mahdollista luoda kaikki suunnat ääneen, mitä ihminen voi havaita. Sunnan havaitsemisessa auttaa korvan ja vartalon eri osien aiheuttamat kuviot ääneen. On hyvin tärkeää myös, että molemmat korvat saavat oikeanlaisen ristikorrelaation, jotta äänen suunnasta voidaan olla varmoja. Tätä varten molemmat korvat ovat prosessissa tärkeitä. (VLSI Solution Oy 2015.)

Pää toimii akustisena maskina korvien välillä. Korvat eivät ikään kuin ”näe toisiaan” ja tämä seikka aiheuttaa ristikorrelaation äänen vaihe-eroissa. Vaihe- ja voimakkuuserot äänissä aistitaan suuntina aivojen prosessoinnin tuloksena, eli ääni kuulostaa aina tulevan jostain suunnasta: vasemmalta, oikealta, edestä, takaa, ylhäältä tai alhaalta. Audiitiivisilla vihjeillä voidaan virtuaalitodellisuudessa antaa tietoa tilan suuruudesta, objektien liikkeestä tai etäisyydestä suhteessa kokijaan. (Lähdemateriaali 6.)

6.1 Kuulokekuuntelu

Virtuaalitodellisuuden äänimaailman kuuntelu tapahtuu todennäköisesti kuulokkeita käyttämällä. Stereokuulokkeet käyttävät kahta äänikanavaa, mikä riittää kaiken suuntainformaation tuottamiseen. VR-audiokoodauksen tulee olla binauraalista, reaaliaikaisista ja dynaamista, koska käyttäjä kääntelee päätään virtuaalitodellisuudessa ja äänilähteetkin saattavat liikkua. Äänen tulisi olla adaptiivista ja dynaamista VR-maailmassa, koska äänilähteiden etäisyys ja sijainti muuttuvat jatkuvasti suhteessa kuulijaan.

Virtuaalitodellisuuden kuuntelu on helpointa kuulokkeilla. Tämä johtuu siitä, että kuulokkeiden kaiuttimet ovat lähellä käyttäjän korvia ja pienellä äänenvoimakkuudella, jolloin ei synny häiritseviä huoneheijasteita tai seisovia aaltoja (nk. huonemoodeja). Ulkoiset äänet eivät juurikaan sekoitu kuulokekuunteluun. Virtuaalitodellisuuteen laaditut kaikukentät ja pienet nyanssit äänessä voi aistia helpommin kuulokekuuntelussa, kuin (useimmiten) akustisesti heikossa ja meluisassa huoneessa kaiutinkuuntelussa.

Kuulokkeiden luoma stereokenttä on koherentti eli yhtenäinen ja tasapainossa, jos kuulokkeet ovat ehjät. Kuulokekuuntelussa käyttäjä voi liikkua tai kääntää päätään ilman, että äänikenttä häiriintyy ulkoisen maailman äänistä tai huoneakustiikasta. Kuulokkeet soveltuvat virtuaalitodellisuuden kuunteluun myös sen vuoksi, että ne ovat intiimi tapa saada tietoa virtuaalisesta maailmasta, aivan kuten virtuaalitodellisuuslasitkin. Lisäksi kuulokkeet voivat olla malliltaan langattomat, jolloin kaapeli ei haittaa virtuaalitodellisuuskokemusta. (Lähdemateriaali 6.)

On valmistettu myös 5.1-kuulokkeita, joissa on kuusi äänikanavaa, jotka tukevat 5.1-koodausta. Lisäksi on rakennettu kuulokkeita, jotka luovat käyttäjälle virtuaalisen 5.1-kuuntelun, missä virtuaaliset kaiuttimet pysyvät aina paikallaan käyttäjän aktiivisen päänsurannan vuoksi, vaikka käyttäjä liikuttaisi päätään. Tällaista tekniikkaa käyttää esimerkiksi suomalainen keksintö Dspeaker. Tekniikka mahdollistaa realistisen surround-äänen kuuntelun. (Lähdemateriaali 5.)

On muistettava kuitenkin, että 5.1-kuuntelu on periaatteessa turha tapa tuottaa 3D-ääni-informaatiota kuulokekuuntelussa, sillä ihminen ei luonnostaan aisti äänikenttää kuuden kanavan avulla, vaan kahden. Kaksi äänikanavaa ja kaksi korvaa riittävät mainiosti kaiken suuntainformaatiota sisältävän äänen tuottamiseen ja aistimiseen.

6.2 3D-kaiutinjärjestelmät

Lisäksi on kehitetty kaiutinjärjestelmiä, joiden avulla 3D-äänikentän voi luoda, mutta ne eivät sovellu hintansa, kokonsa ja vaatimansa akustisen tilan puolesta virtuaalitodellisuuden kuluttajamarkkinoille. Erilaisten kaiutinjärjestelmien synnyttämä 3D-äänikenttä voi olla erittäin toimiva ja sinänsä upea auditiivinen kokemus.

Hyvä esimerkki tästä on esimerkiksi varsin tunnettu kehittäjä Ambisonic, joka on suunnitellut ja rakentanut toimivan 3D-audioratkaisun, jossa äänet paikallistuvat erittäin realistisesti käyttäjän ympärille monikanavaista (pallon tai kuution muotoista) kaiutinjärjestelmää käyttäen (Lähdemateriaali 2).

Ambisonicin laitevaatimukset ylittävät kuitenkin VR-kuluttaja-audiotodellisuuden, eikä järjestelmä hintansa puolesta sovellu samoille markkinoille Oculus Riftin ja muiden vastaavien VR-lasien kanssa. Ambisonic käyttää 12 kaiutinta ja vähintään neljää diskreettiä audiokanavaa 3D-äänen luomiseksi. Järjestelmä tukee myös stereoääntä ja 5.1-koodausta. (Lähdemateriaali 2.)

Ambisonic vaatii kokonaisen huoneen kaiutinjärjestelmää varten sekä laadukkaan akustiikan toimiakseen. Järjestelmän rakentaminen on kallista em. seikkojen vuoksi, eikä siten sovellu yleiseksi ääniratkaisuksi virtuaalitodellisuuden kuluttajamarkkinoille (Lähdemateriaali 2).

6.3 HRTF-data ja HRIR-siirtofunktio

Äänen realistinen ja reaaliaikainen mallintaminen kolmiulotteisessa virtuaalisessa tilassa edellyttää äänilähteen luomisen lisäksi mm. tilan etäisyyksien, heijastusten, imeytymisen, okklusion ja diffraktion laskentaa, mutta myös virtuaalisen käyttäjä-kuuntelijan ”fyysisten” ominaisuuksien huomioon ottamista mallinnuksessa.

Viimeksi mainitun tiedon saamiseksi sovelletaan nk. HRTF-dataa ja HRIR-siirtofunktiota binauraalisen 3D-äänen mallinnuksessa. HRTF-lyhenne tulee sanoista head related transfer functions ja HRIR-lyhenne sanoista head related impulse responses (Lähdemateriaali 6).

Henkilökohtaista HRTF-laskentaa on mahdollista suorittaa tulevaisuudessa jopa kotioiloissa. Käyttäjä voi ottaa laskennassa vaadittavat valokuvat päästään ja hartioistaan kaikista suunnista. Tämän jälkeen käyttäjä syöttää valokuvat tietokoneohjelmaan, joka laskee niiden perusteella käyttäjän HRTF-datan. (Lähdemateriaali 6.)

Riittävän laadukas HRTF-data sisältää ainakin seuraavat tiedot: pään koko ja muoto, korvien koko ja sijainti päässä, korvanlehdet muodot, niskan pituus ja hartialinja. Näillä tiedoilla tietokone laskee käyttäjän HRTF-datan, jonka voi syöttää edelleen muihin ohjelmiin, jotka tarvitsevat tietoa 3D-äänien laskentaan. (Lähdemateriaali 6.)

Monet ohjelmat käyttävät keskiarvoja HRTF-datasta, jotka on luotu laboratorioolosuhteissa mittaamalla suuren ihmisjoukon HRTF-tiedot, joista sitten on luotu keskiarvoja. Näistä malleista käyttäjä voi valita itseään eniten muistuttavan HRTF-profiilin virtuaalitodellisuuden kuuntelua varten. (Lähdemateriaali 6.)

HRTF-datan lisäksi laskennassa käytetään myös nk. HRIR-eli head related impulse response-siirtofunktiota. HRIR:n avulla huomioidaan äänilähteen synnyttämät varhaiset heijastukset virtuaalisessa tilassa. HRTF-profiili kuvastaa ihmisen korvien, pään ja torsion muotoja. HRIR-funktio kertoo tietokoneohjelmalle, miten äänilähteen synnyttämä ääni kulkeutui huonetilassa käyttäjän kuunteluun. (Lähdemateriaali 6.)

Joskus käytetään myös ilmaisua HRIF, head related impulse functions, jolla kuvataan HRTF-datan eroavaisuuksia määritetyllä ajan hetkellä. Yksi äänilähde kuulostaa lähes aina erilaiselta kahdessa korvassa. Saman äänen spektri on erilainen kahdessa korvassa määritetyllä ajan hetkellä johtuen käyttäjän fyysistä ominaisuuksista, asennosta suhteessa äänilähteeseen ja huoneheijastusten tulosuunnista. Eroavaisuudet korvien kuulemassa äänessä ilmaistaan HRIF-siirtofunktion avulla. (Lähdemateriaali 6.)

6.4 Two Big Earsin audioliitännäinen 3Deception

Äänimoottoreita tai audioliitännäisiä (nk. plugineja), jotka käyttävät HRTF-dataa on saatavilla jonkin verran eri valmistajilta. Eräs helppokäyttöisemmistä lienee kehittäjän Two Big Earsin tarjoama audioliitännäinen 3Deception, jota voi käyttää esimerkiksi Unityssa. Ohjelman ilmaisversio sallii jopa 10 äänilähdettä käytettäväksi samanaikaisesti ohjelmassa. (Lähdemateriaali 6.) Tunnettu tarjoaja on myös RealSpace3D Audio, jonka äänimoottoria Oculus Rift ilmeisesti tulee käyttämään kuluttajaversiossaan.

Em. ohjelmat mahdollistavat VR-äänten aistimisen siten, että jos käyttäjä sulkee silmänsä, voi pelkästään kuuloaistilla havainnoida liikkuvan kohteen liikesuunnan. Jos äänilähde esimerkiksi nousee tai laskeutuu, käyttäjä voi kuulla suunnan muutokset jopa yhden asteen tarkkuudella (ainakin 3Deceptionin audioliitännäisessä). Näin ollen peleihin ja muihin VR-sovelluksiin voidaan laatia kohtauksia, joissa toimitaan enemmän kuuloaistimuksen kuin visuaalisen palautteen kautta. Esimerkiksi VR-kauhupeleissä tällaiset pimeässä tapahtuvat, osittain klaustrofobiset kohtaukset voisivat olla erinomaisia.

Kehittäjä (Two Big Ears) vaatii splash screenin käyttämistä, eli firman 3Deception logon tulee näkyä pelin aloitusruudussa. Ohjelmasta voi hankkia myös maksullisen version, jolloin 3D-äänten lukumäärä projektissa on rajoittamaton eikä splash screeniä tarvitse käyttää. Ohjelma sallii käyttäjän vaikuttaa moniin audioparametreihin, kuten äänen voimakkuuteen, etäisyyteen, äänen alkamiseen ja sammumiseen tilassa.

Ohjelman mahdollistama binauraalinen koodaus toimii reaaliaikaisesti, mutta ei aiheuta suurta prosessorikuormaa. Plugin asennetaan Unityn pääkameraan Unityn Audio listenerin oheen, jolloin osa pelin äänistä kulkee käyttäjän kuunteluun 3Deceptionin TBE Global Listenerin läpi. 3Deceptionin Global Listener kuuntelee 3Deception äänilähteitä (3Deception Audio Source), jotka koodataan binauraalisesti.

Liitännäistä käytetään Unityssä siten, että ensin tuodaan Unityyn Two Big Earsin paketti "3Deception" Unityn "Import Assets"-toiminnolla. Äänilähteet, joiden halutaan olevan binauraalista koodausta käyttäviä, kytketään 3Deception Source komponentteihin. Unityn Main Camerassa pitää aina olla perinteinen Audio Listener. Tämän lisäksi Main-kameraan liitetään 3Deceptionin "TBE Global Listener", jonka läpi 3Deception Audio Source-komponentteihin kytketyt äänet kulkeutuvat käyttäjän kuunteluun.

Lisäksi käyttäjä voi määrittää 3Deception huonetilan, jossa binauraalinen koodaus ja huoneheijastukset tapahtuvat. Komponentti nimeltä 3Deception Room liitetään esimerkiksi osaksi käyttäjän rakentamaa huonetta. Binauraalinen koodaus on tehokkainta ja parhaimman kuuloista, kun käytetään 3Deception-huonetta. Komponentti ottaa huomioon pelaajan sijainnin huoneessa koodausta tehtäessä, joten äänen heijastukset tapahtuvat luonnollisemmin eri paikoissa huonetta. Heijastusten laskennan ja mallintamisen ansiosta käyttäjä voi periaatteessa jopa kuulla, milloin pelihahmo on liikkeessä, nurkassa tai seinän vieressä.

7 Case study: AB-audiodemo

Onko binauraalisten 3D-äänien laadinta oikea tapa toteuttaa virtuaalitodellisuuden äänimaailma? Tässä kohtaa voinee todeta, että riippuu projektista ja äänelle asetetuista vaatimuksista. Virtuaalitodellisuus voi pyrkiä mallintamaan todellista maailmaa tarkasti, tai sitten virtuaalitodellisuus voi olla jotakin aivan muuta fyysikaalisen maailman lainallisuksiensa puolesta. Äänityö ja siihen liittyvät ajatukset riippuvat usein projektin kontekstista ja siitä, minkälaisia asioita äänellä halutaan saavuttaa.

Toteutin opinnäytetyöhön liittyvän 3D-audiodemon käyttämällä Pro Tools 11 -ja Unity 5 -ohjelmia. Hyödynsin opinnäytetyön demon grafiikoissa 3Deceptionin tarjoamaa audiodemoa, jota muokkaamalla ja jalostamalla sain rakennettua oman VR-maailman Unityssä. Näin olen demon arkkitehtuuri ja grafiikka pohjautuvat osittain 3Deceptionin demon. Päädyin ratkaisuun, koska 100 prosenttisesti itsenäisesti työstetyn VR-demon laatiminen tyhjästä Unitylla olisi ollut liian vaativaa ensikertalaiselle.

Opinnäytetyn liitteessä 2 on kaksi kuvaa Unity 5 -projektistani, jossa näkyy demon rakenne ja malli Unityssä. Lisäksi on liitetty neljä kuvaa pelinäkymästä pelin sisällä. Tähän liitteeseen 2 (Liite 2) viitataan paikoitellen tekstin edetessä. Tarkoituksena oli laatia lyhyt ja yksinkertainen äänidemo, jonka kokeilu olisi nopeaa, ja jota olisi helppo pelata. Demo on hyvin rajattu ja lyhyt, ja erilaisia äänilähteitä siinä on kaikkiaan kolme kappaletta. Määrä riittää mainiosti teknisten audiovaikutusten analysointiin.

Demosta on tehty kaksi erilaista versiota. Demon A-versiossa kuullaan 3Deception komponentilla binauraalisesti koodatut 3D-äänit ja demon B-versiossa perinteiset Unityn 3D-äänit. Näin ollen ainoa muuttuva tekijä demojen välillä on äänityö. Vertailemalla demoja saadaan selville yhden parametrin vaikutus, joka tässä tapauksessa on binauraalinen koodaus. Näin ollen opinnäytetyö voi vastata tutkimuskysymykseen: ”Mikä on binauraalisen 3D-äänien merkitys Oculus Rift-pelikokemuksessa?”.

Tässä opinnäytetyössä esitetyn hypoteesin mukaisesti binauraaliset 3D-äänit syventävät ja tehostavat käyttäjän kokemusta virtuaalitodellisuusmaailmasta. Oletuksen mukaisesti Oculus Riftiä käytettäessä kolmiulotteinen virtuaalinen maailma toimii paremmin, kun äänetkin ovat aidosti kolmiulotteisia ja adaptiivisia.

7.1 Audiodemon arkkitehtuuri ja objektit

Audiodemon arkkitehtuuri on seuraavan kaltainen (katso Liite 2 Kuvat). Peli alkaa huoneesta 1, joka on suurempi kahdesta huoneesta. Huoneessa on musta, leijuva ja liikkuva robotti. Huone 2 on pienempi kahdesta huoneesta. Huone 2:ssa on musta, pyörivä ja leijuva pallo. Huoneita yhdistää silta, jossa on kaiteet ja keskellä tumman vihreä puolipallo punaisella jalustalla. Puolipallo pyörii hitaasti.

Molempien huoneiden kynnyksellä on läpinäkyvä etuseinä, jonka läpi voi kulkea. Sillalta voi katsella staattista auringonlaskua (käytetty Unity Skyboxia, ilmainen lataus Asset Storesta). Molemmissa huoneissa on valonlähde katossa. Huoneiden peräseinissä on graffiteja tms. värikästä kuviointia. Seinät ovat punaisia ja lattiat ja katot ovat mustia.

7.2 Audiodemon äänilähteet

Audiodemossa on kolme samaa äänilähdettä A- ja B-versioissa. Demon ensimmäinen äänilähde (Äänilähde 1) on huone 1:ssä sijaitseva liikkuva ja leijuva musta robotti, (ks. Liite 2 / Pelikuva 4), jonka äänenä on käytetty laadukkaasti äänitettyä kamarikuoromusiikkia (äänitysmetodi: Decca Tree). Musiikkitiedosto on stereoääntä. 3Deception audioliitännäinen valitsee stereoäänilähteissä oletuksena vasemman äänikanavan, jolloin pelissä kuultava ääni on monoa, joka on koodattu kolmiulotteiseksi, eli ääni saapuu vasempaan ja oikeaan kanavaan kuulokkeissa.

Robotti myös lausuu satunnaisjärjestyksessä lyhyitä lauseita, joita on yhteensä 10 kappaletta. Nämä äänilähteet ovat monoääntä. Äänten tarkoitus on osoittaa, missä suunnassa robotti on tarkalleen. Musiikki on mukana tunnelman vuoksi osana robotin tuottamaa ääntä. Musiikillisia tehoja käyttämällä demoon luotiin parempi tunnelma. Halusin kuitenkin kokeilla, miltä musiikki kuulostaa, jos se vaikuttaisi tulevan robotista, eikä tavanomaisesti stereoäänenä ilman suuntainformaatiota.

Demon toinen äänilähde (Äänilähde 2) sijaitsee huoneet yhdistävällä sillalla. Huoneissa on käytetty 3Deception Room-komponenttia audiokoodauksessa. Pelimaailman keskellä olevalla sillalla ei 3Deception Room-koodausta ole. Näin ollen voidaan analysoida myös 3Deceptionin huonekoodauksen vaikutusta. Äänilähde 2 on vanha englanninkielinen radiolähetys, joka on lähtökohtaisesti monoääntä. Tiedostossa mieshenkilö puhuu Buffalon aivotutkimusinstituutin ongelmista (äänitiedosto: Yozo Speak).

Demon kolmas äänilähde (Äänilähde 3) on huone 2:ssa sijaitseva musta pallo (katso Liite 2 / Pelikuva 1, 2 ja 3). Pallon äänilähteenä toimii NASA:n sivuilta ladattu vapaassa jakelussa oleva äänitiedosto, joka sisältää yläilmakehässä äänitettyä ääntä. Ritisevä ääni on syntynyt, kun gammasäteet osuvat satelliitin laitteistoon. Ääneen on lisätty syntetisaattorilla matalaa drone-tyyppistä bassohuminaa. Ääni on alun perin stereoäänitiedosto, josta 3Deceptionin äänikomponentti käyttää oletusasetuksen mukaisesti vasenta kanavaa. Huone 2:ssa ei ole käytetty 3Deception TBE Room komponenttia.

7.3 Audiodemon analysointi

Seuraavaksi analysoin opinnäytetyön audiodemon versiot A ja B. Audiodemot kuunneltiin käyttäen Beyerdynamic DT770 Pro-kuulokkeita ja RME:n Fireface UC-äänikorttia. Demoja kokeiltiin iMac Late 2011-tietokoneella. Demoihin liittyvä vertailutaulukko on kappaleessa 10. Ensin kokeiltiin demon versiota A.

Demoversio A käyttää binauraalista äänen koodausta, joka on toteutettu Two Big Ear-sin 3Deception Unity-audioliitännäisellä, joka käyttää HRTF-dataa ja HRIR-siirtofunktiota. Äänilähteet ovat samoja versio B:n kanssa vertailua varten. Demon B versio käyttää Unity 5:n audiomootoria, jossa demon äänet ovat Unityn perinteisiä 3D-ääniä Unityn Audio Listener- komponenttia käyttäen.

Demoja kokeiltiin käyttämällä Oculus Rift DK2 -virtuaalitodellisuuslaseja. Näin ollen äänisuunnittelun vaikutus kahden demoversion erilaisten ääniratkaisujen välillä kyettiin testaamaan virtuaalitodellisuuden perspektiivin ehdoilla, mikä oli opinnäytetyön hypoteesin ja tutkimuskysymyksen lähtökohta.

Audiodemojen Oculus Rift-versiot eivät ole ladattavissa yleiseen käyttöön lisensointirajoitusten vuoksi, mutta perinteiseltä 2D-näytöltä pelattavat ja kuulokkeilla kokeiltavat audiodemon A- ja B-versiot saa tarvittaessa tarkasteluun kyselyllä osoitteesta aki.silventoinen@gmail.com.

7.3.1 Audiodemon A-versio

Kun demo alkaa, kuuluu kolmea erilaista ääntä: kuoromusiikkia, robotin puhetta ja miehen puheääntä. Kun pelihahmoa kääntää, käyttäjä huomaa, että äänien paikat muuttuvat kääntyillessä. Käyttäjä hahmottaa nopeasti, että robotin äänet tulevat robotista. Kuoromusiikki on hieman abstraktimpi asia. Käyttäjä huomaa, että kuoromusiikki paikallistuu robottiin, mutta sopiiko kuoromusiikki robotin ääneksi? Ei välttämättä.

Kun käyttäjä liikkuu kohti robottia, sekä kuoromusiikki että robottiäännet voimistuvat. Tämä auditiivinen vihje kertoo käyttäjälle, että äänet tulevat robotista. Kun käyttäjä seisoo paikallaan ja robotti liikkuu, äänet kuulostavat varsin luonnollisilta ja paikallistuvat hyvin. Kun käyttäjä kääntyilee lähellä robottia, äänet tuntuvat saapuvan oikeista suunnista. Äänet kuuluvat kuulokkeiden vasemmasta ja oikeasta kanavasta, kuten oikeasakin maailmassa vasemmasta ja oikeasta korvasta.

Robotin puheääni kuulostaa kaikuvan huoneessa enemmän kuin kuoromusiikki. Robotin ääni reagoi paremmin 3Deception Room -komponentin kanssa. Tämä saattaa johtua siitä, että robotin äänet ovat erittäin kompressoituja ja äänet ovat kuivia, eli niissä ei ole tilainformaatiota tai muita heijastuksia. Kuoromusiikissa sen sijaan, johtuen äänitystavasta ja kuoromusiikin sointi-ihanteesta, tilakaikua on paljon enemmän. Tämä tilainformaatio sotkee 3Deception toimintaa, kun läsnä on kaksi erilaista äänikenttää.

Yksi johtopäätös näin ollen on, että käytettäessä 3Deception komponentteja ja etenkin huonemallintajakomponenttia, käytettävien äänilähteiden tulee olla kuivia ja läheltä äänilähdettä äänitettyjä (ns. lähimikitettyjä). Tiedostojen on hyvä olla myös monoa lähtökohtaisesti, sillä stereoäänitystekniikoissa yleensä toinen kanavista on vahvempi kuin toinen. 3Deception oletusasetuksena olettaa, että vasen kanava on vahvempi. Näin ei kuitenkaan välttämättä ole todellisuudessa, vaan oikea kanava saattaa olla vahvempi.

Kuoromusiikki tuntuu toimivan suhteessa huonekaikuun paremmin etäältä kuunneltuna, kun se vaimenee suhteessa etäisyyden neliöön (Unity Logarithmic Roll Off) ja kuulostaa hiljaisemmalta. Kun robottia lähestyy, kuoromusiikki tuntuu toimivan huonommin suhteessa huonekaikuun. Logaritminen roll-off kuoromusiikille vaikuttaa olevan väärin säädetty 3Deception -komponentissa, sillä musiikin voimakkuus kohoaa luonnottomalla tavalla, kun lähestytään robottia ja ollaan aivan sen vieressä. Äänenvoimakkuus kasvaa liian nopeasti ja luonnottomasti. Sama pätee robotin lauseääniin.

Huone 1:n ja sillan välissä oleva läpinäkyvä seinä ja TBE Room -komponentin välinen audioraja on selkeästi huomattavissa. Sillalla olevasta puolipallosta saapuva puhe (Yo-zo Speak) kirkastuu heti, kun astutaan huoneen etuseinän läpi sillalle. Myös kuoromusiikki ja robotin puheet etääntyvät välittömästi rajalla. Siirtymä on periaatteessa luonnon, mutta tuntuu toimivan hyvin demossa. Muutos antaa käyttäjälle tunteen, että hän siirtyy eri tilaan, ja näin asian laita onkin, sillä huoneita yhdistävä silta edustaa ulkotilaa.

Binauraalinen koodaus toimii sillalla edelleen mainiosti. Äänet saapuvat sekä vasempaan että oikeaan korvaan, ja kuoromusiikki ja robotin lauseet paikallistuvat taakse, kun katsellaan sillalla olevaa puolipalloa, ja kun tekee kokoympyrän kaikki äänet paikallistuvat realistisesti. Siirtyminen takaisin huone 1:n puolelle tuo jälleen huonekaiun mukaan, puolipallon ääni vaimenee ja kuoromusiikki sekä robottilauseet kirkastuvat.

Puolipallon ääni kuulostaa tunkkaiselta ja etäiseltä huone 1:n puolella. Sillalle siirryttäessä ääni selkeytyy ja voimistuu, ja voimistuminen jatkuu kun siirrytään kohti puolipalloa. Binauraalinen koodaus toimii mainiosti ilman TBE-huonekomponenttiakin. Huonekomponentti saa käyttäjän kuuntelussa aikaan tilantunnun huoneesta, eli sitä kannattaa käyttää vain huoneissa. Avarammissa maisemissa pärjää mainiosti Unityn Audio Reverb Zone- komponentteja käyttämällä.

Huomionarvoista on, että 3Deceptionin komponenttien käyttäminen ei sulje pois muiden audiokomponenttien käyttämistä. Unityn Reverb Zone edelleen toimii, vaikka käytössä olisikin 3Deception Audio Source komponentti. Tämä johtuu siitä, että Unityn Main Camerassa oleva Audio Listener on aktiivinen ja kuuntelee audiokomponentteja normaalisti. Kaiken äänen ei tarvitse olla binauraalisesti koodattua, vaan tavanomaisia-kin äänilähteitä voi käyttää yhdessä 3Deception audioliitännäisen kanssa.

Sillalla olevaa puolipalloa kuunneltaessa vasen ja oikea binauraalinen koodaus tuntuvat toimivan hyvin, mutta ylös ja alas akselilla ääni ei vaikuta muuttuvan ja paikantuvan niin tehokkaasti, kuin robotin tapauksessa. Muutos on hyvin lievä ylös ja alaspäin suuntautuvissa liikkeissä, miltei mitätön. Ilmeisesti binauraalinen koodaus toimii paremmin, kun käytetään TBE Room-komponenttia. Sillalla ei ole erillistä Audio Reverb Zonea, joten puolipallosta kuuluva ääni on hyvin kuivaa, eikä varsinaista ja vaikuttavaa tila- aistimusta synny.

Kuoron ja robotin äänet kuuluvat sillalla vaimeina, ja paikallistuvat edelleen. On aika astua huone 2:n sisälle läpinäkyvän etuseinämän lävitse. Mustasta leijuvasta pallosta kuuluva ääni alkaa kuulua jo sillan puolella. Tämä johtuu siitä, että objektin Audio Reverb Zone on luultavasti säädetty liian suureksi. Näin ollen Main Cameran Audio Listener kuulee pallon äänen jo sillalla Audio Reverb Zonen kautta. Pallon äänen oli tarkoitus kuulua vasta, kun astutaan sisään huoneeseen.

Kun käyttäjä astuu seinän läpi huoneeseen, ei enää tapahdukaan samaa asiaa kuin sillan toisessa päässä, eli selkeää tilakaiun muutosta. Tämä johtuu siitä, että huone 2:ssa ei ole käytetty TBE Room -komponenttia. Kun mustaa palloa lähestyy ja tekee eri etäisyyksillä 360 asteen ympyrän, on äänen paikallistuminen todella toimivan tuntuista. Käyttäjän tekee mieli pyöriä ympyrää ja kuunnella. Myös sillalla oleva puolipallo ja huone 1:ssä oleva robotin ääni kuuluvat huone 2:n puolella ja paikallistuvat edelleen.

Logaritminen roll off eli äänen voimistuminen/vaimeneminen suhteessa etäisyyteen on tässäkin tapauksessa liian nopeaa ja luonnotonta, mutta käytettyyn ääneen (Nasan space sound) ja kontekstia ajatellen tämä havaittu seikka tuntuu sopivan mainiosti. Aivan pallon vierelle tultaessa matalat äänet kuuluvat vielä selkeämmin ja voimakkaammin, mikä tekee pallosta mielenkiintoisen ja jännittävän kuuloisen äänilähteen.

Pallossa käytetty ääni on jännittävän ja mystisen kuuloista ja suhteessa demon abstraktiin maailmaan sekä leijuvaan, pyörivään ja kiiltävään mustaan palloon ääni tuntuu sopivan mainiosti. Johtopäätökseni on, että pelkkä koodausmenetelmä ei riitä äänen toimivuuden suhteen, vaan äänten on oltava myös laadukkaita, mielenkiintoisia ja sovitettava kontekstiin. Tässä kohtaa etenkin tarvitaan äänisuunnittelijoita, kun tehdään peliääntä tai virtuaalitodellisuuskokemusta.

7.3.2 Audiodemon B-versio

Kun demo B alkaa, ensimmäinen havainto äänen kannalta on, että demon äänet kuuluvat paljon kovempaa, kuin versio A:ssa. Käyttäjän pitää laskea äänenvoimakkuutta erikseen. Ilmeisesti 3Deceptionin liitännäinen käsittelee äänenvoimakkuutta eri tavalla. Liitännäisessä on luultavasti erilainen dynaaminen alue, kuin Unityn Audio Sourcessa tai Audio Listenerissä. Joka tapauksessa versioiden välinen äänenvoimakkuuden ero oli merkittävä. RME:n Digichick mittarin mukaan piikkien ero demoversioiden välillä oli jopa 30 dB. (Kts. Liite 3 / RME Digichick Versiot A-B).

Näin suuri ero äänenvoimakkuudessa on merkittävää. Kyse on joko nk. normalisoinnista tai eroavaisuudesta eri äänimoottorien dynamiikassa. Normalisoinnissa laite säätää äänenvoimakkuuden automaattisesti siten, että voimakkain audiotiedoston piikki on esimerkiksi tasan -3 DbFS, eli lähellä digitaalista maksimia (Laaksonen 2006, 385). Ero äänimoottorien normalisoinnissa selittäisi osaltaan suuren eron demoversio A:n ja demoversio B:n välillä.

Kun äänenvoimakkuus säädettiin samalle tasolle kuin versio A:ssa, objektiivisempi testaaminen oli mahdollista. Usein koetaan, että kovempaa soiva ääni olisi jotenkin parempaa kuin hiljaisempi vastine. Näin ei kuitenkaan ole, ääni vain on kovempaa toisessa tapauksessa. Asiaa voi säätää äänenvoimakkuuden säätimellä. Taajuussisällön käsittely on asia erikseen. Taajuussisältöä muuttelemalla voi saada yhtä kovaa soivat audiotiedostot eroamaan siten, että toinen vaikuttaa soivan kovempaa (Hass 2013).

RME:n Digicheck ohjelmassa olevalla goniometrillä näkee suoraan myös sen minkä kuulee, eli versio A:n binauraalinen ääni on erittäin levinnyt stereokentässä ja monokorrelaatio ei ole tasan 1. Versio B:ssä äänet ovat pääosin monoa ja monokorrelaatio on tasan 1. Liitteen 3 kuvat RME Digicheck Versio A ja RME Digicheck Versio B on otettu samanlaisella hetkellä, eli silloin kun robotti puhuu. Robotin äänitiedostot olivat monoa, joten tämä selittää osin erot monokorrelaatiossa ja goniometrissä.

Versio A:ssa monoääni saapuu binauraalisesti dekodattuna käyttäjän kuunteluun. Ääni-informaatio saapuu sekä vasempaan, että oikeaan kanavaan. 3Deceptionin TBE Room -komponentti luo robotin monoäänelle huoneessa tapahtuvat heijastukset, ja nämä heijastukset saapuvat eri aikaan käyttäjän vasempaan ja oikeaan korvaan riippuen käyttäjän paikasta äänikentässä, mutta myös siitä tosiasiasta, että HRTF-data toimii, ja komponentti luo akustisen maskin eli pään olemassaolon korvien välille.

Myös versio B:ssä robotin puheääni saapuu molempiin kanaviin. Molemmat kuulokkeiden kaiuttimet toistavat äänen, mutta koska äänilähde on monoääntä, ääni asettuu täsmälleen keskelle stereokuvassa, kun seistään robottia vastapäätä. Näin ollen monokorrelaatiomittari näyttää tasan +1:stä. Nämä erot eri demoversioiden välillä ovat merkittäviä käyttäjän kokemuksen kannalta. Demoversiossa B ääni on ikään kuin kaksiulotteista ja Demoversio A:ssa ääni on aidosti kolmiulotteista.

Kun käyttäjä kääntää päätään demoversio B:ssä, suoraan edessä olleen robotin ääni muuttuu siten, että ääni vaeltaa joko oikeaan tai vasempaan kanavaan riippuen siitä, mihin suuntaan päätä käännettiin. Tämä kuulostaa hyvin luonnottomalta. Ääni kyllä kuulostaa tulevan vasemmalta, mutta se tulee vain vasemmalta ja oikeasta kanavasta ei tule mitään. Tämä siirtymä kuulostaa lähes koomiselta, mutta osoittaa toisaalta tehokkaasti, tuleeko ääni oikealta vai vasemmalta. Ylhäältä tai alhaalta tulevasta äänestä robotin liikkua versio B:ssä ei saa minkäänlaista informaatiota.

Tämä havainto on mielenkiintoinen seikka. Demoversioiden A ja B kokeilujen jälkeen vaikuttaa siltä, että versio B:ssä äänet ovat paremmin läsnä, koska ne ovat kovemmalta ja monoa pääosin, jolloin äänien erottelu on tarkempaa. Äänen suunta versio B:ssä on ihme kyllä paikoitellen selkeämpää, koska se kuuluu kulloinkin vain vasemmalta tai oikealta, jolloin erehtymisen vaaraa äänen horisontaalisesta suunnasta ei ole.

Toisaalta demoversio A:ssa ääni oli kauttaaltaan yhtenäisempi, sulavampi, realistisempi, kolmiulotteisempi, dynaamisempi ja mielenkiintoisempi. Äänen suunnat aistittiin realistisemmin, myös ylhäältä ja alhaalta saapuvat äänet niiltä osin, kun toiminto oli koodattu mukaan liikkuvan äänilähteen eli tässä demossa robotin käyttäytymiseen.

7.4 Demoversioiden vertailutaulukko

Seuraavaksi käsitellään demoversioiden vertailutaulukko, joka on koostettu kokeilemalla ja analyttisesti kuuntelemalla opinnäytetyötä varten laadittuja AB-äänidemoja. Demon kokeilu ja vertailu tapahtui noin kahden kuukauden tauon jälkeen demojen valmistumisesta. Näin ollen äänityötä saatettiin arvioida tuorein korvin, mikä on olennaista kaikessa äänityöskentelyssä.

Demoversioiden vertailutaulukossa vertaillaan opinnäytetyön äänidemojen versioiden A ja B välisiä eroja karkealla tasolla. Taulukon ääniparametrit ovat melko abstrakteja ja vaikeasti mitattavia suureita. Tämän vuoksi ne ovat myös hyvin subjektiivisia arvioinnin kannalta. Rasti (x) parametrin kentässä merkitsee, että kyseinen parametri oli mielestäni paremmin toteutettu äänisuunnittelun suhteen ja soveltuvampi ratkaisu kokonaisuuden kannalta.

Taulukko 1 Demoversioiden vertailutaulukko

	Demoversio A	Demoversio B
Äänen voimakkuus		x
Suuntien erottelu		x
Äänen kolmiulotteisuus	x	
Äänen miellyttävyys	x	
Äänen yhtenäisyys	x	
Äänen realismi	x	
Äänen dynamiikka	x	
Äänten erottelu		x
Stereoyhteensopivuus	x	
Monoyhteensopivuus		x
Virtuaalitodellisuus	x	
Äänityön vaikeus	x	
Äänityön kesto	x	
Äänen Roll-Off		x

Taulukosta näkee, että hajonta kahden eri version välillä ei ole tasaista. Demoversio A sai 9 osumaa ja demoversio B sai 5 osumaa. Kumpikaan äänitöistä ei siis ollut täydellisesti toista versiota parempi äänityön kannalta. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että demoversio A oli miellyttävämpi arvioinnissa. Tulokset riippuvat tietenkin arviointiparametreista, jotka on otettu työssä tarkasteluun sekä omista audiomieltymyksistäni arvioinnissa. Äänen kuuntelu ja arviointi on aina subjektiivista luonteeltaan.

Monet taulukossa olevat parametrit ovat luonteeltaan sellaisia, että tarkemmalla äänen implementaatiolla voisi vaikuttaa niiden laatuun molemmissa demoversioissa. Molemmilla äänityötekniikoilla eli, binauraalisella koodauksella tai perinteisellä äänen implementaatiolla Unityssä saavutetaan kelpo tuloksia, kunhan aikaa on riittävästi käytössä. Paremmat tulokset realistisen virtuaalitodellisuuden kannalta saavuttaa taulukon mukaan käyttämällä binauraalista 3D-audiokoodausta.

Tämä selviää tarkastelemalla taulukosta parametreja: suuntien aistiminen, äänen kolmiulotteisuus, äänen realismi, äänen dynamiikka ja virtuaalitodellisuus, jolla tarkoitetaan tässä työssä virtuaalitodellisuuden miellyttävyyden toteutumisen astetta ja tilavaihtelun onnistumista.

Demoversio A saa kaikki osumat näissä em. parametreissa. Näin ollen, kun tarkastellaan äänen miellyttävyyttä, binauraalinen koodaus vaikuttaa olevan parempi tapa toteuttaa äänisuunnittelu ensimmäisen persoonan virtuaalitodellisuussovelluksiin.

Versiossa B paremmin toteutuneet äänen parametrit olivat äänen voimakkuus, äänten erottelu, äänen selkeys, monoyhteensopivuus ja äänen roll-off. Äänenvoimakkuus teki äänestä selkeämpää, jolloin peliäänet kuuluivat kovempaa, ja sen vuoksi vaikutelma oli selkeämpi. Äänenvoimakkuussäätimellä saa kuitenkin A versionkin äänet kuuluville.

Koska äänet olivat pääosin monoa, äänten erottelu oli parempaa ja monoyhteensopivuus suurta. Äänten kuuluminen vain oikeasta tai vasemmasta kanavasta synnytti selkeämmän vasen–oikea aistimuksen kuulokekuuntelussa. Äänen roll-off eli vaimeneminen/voimistuminen oli realistisemmän kuuloista versiossa B.

7.5 Johtopäätökset

Milloin sitten kannattaa käyttää monoääntä, missä tilanteissa stereota ja milloin on hyvä käyttää binauraalista 3D-audiokoodausta? Jokainen äänisuunnittelija päättää toki itse, mutta muutamia yleisiä linjoja olen löytänyt tutkimukseni aikana.

Binauraalinen 3D-audiokoodaus toimii parhaiten äänissä, joissa on mukana selkeitä taajuuksia audiospektrin ylä- ja keskikaistalta, eli n. 1-5 kHz:n väliltä (Liite 1, Hook 2015). Tämä johtuu siitä, että ihmisen kuulo on herkistynyt tälle alueelle vaihe-erojen eli suuntien aistimisessa. Binauraalista koodausta ei siis kannata tehdä ainakaan pelkästään bassotaajuuksia sisältäville äänille (esimerkiksi alle 200 Hz).

Binauraalisuutta kannattaa hyödyntää etenkin äänissä, joiden funktiona on johdattaa virtuaalitodellisuuden kokijaa kääntämään päätään johonkin suuntaan. Näitä voisi nimittää vaikka ohjaaviksi ääniksi (ohjureiksi). Nämä äänet voivat olla mitä vain: puhetta, laukauksia, koiran haukuntaa yms. mikä milloinkin sopii kontekstiin.

Äänet, joiden on tarkoitus kuulua off-screenissä, eli kuvan ulkopuolelta sekä äänet, joiden on määrä saapua kokijan yläpuolelta tai alapuolelta, hyötyvät lokalisaatiosta eniten. Y-akselin lokalisaatio on vaikeammin aistittavissa kuin X-akselin lokalisaatio. Ihmisen suuntakuulo on epätarkempi pystysuunnassa.

Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että X-akselin paikallistuminen aistitaan pääosin ää-nenvoimakkuuseroilla (amplitudieroilla), mutta Y-akselin lokalisointiin tarvitaan edellä mainittujen lisäksi tietoa äänen vaihe- ja aikaeroista (Liite 1, Hook 2015). Vaihe- ja aikaerojen uskottava mallintaminen tietokoneohjelmassa on luultavasti huomattavasti haastavampaa toteuttaa kuin pelkät amplitudierot.

Y-akselin lokalisoinnin koodauksen vaikeus johtuu myös binauraalisista, käyttäjäkoh-taisista HRTF- ja HRIR-tekijöistä. Jokaisen kokijan korvat, päänmuoto ja olkapäät sekä näiden väliset suhteet ovat erilaisia ja yksilöllisiä, eikä haettu binauraalinen funktio aina toimikaan jokaisen yksilön kohdalla johtuen käytetyn datan keskiarvoluonteesta.

Puhtaat monoäännet sopivat parhaiten UI-osastoon (user interface), eli menu-valikkoihin yms. toimintoihin tai HUD-osastoon (heads up display) sekä pelin aikana tapahtuviin muihin pelaajan huomiota vaativiin ääniin. Monoäännet ovat selkeitä ja nousevat tehok-kaasti esiin muun hälyn tai musiikin joukosta. Myös voice over eli kertojääni kannattaa säilyttää puhtaana monona virtuaalitodellisuussovelluksissa ja peleissä.

Stereoäänenä kannattaa säilyttää musiikki ja taustamusiikki (ambienssi), ellei ole jota-kin erityistä syytä sille, että musiikki kuuluu jostakin määritellystä suunnasta. Tässä tapauksessa musiikki muuttuisi diegeettiseksi musiikiksi, eli sen lähde olisi virtuaalito-dellisuuden kuvaamassa maailmassa. Musiikki ja taustamusiikki kannattaa toteuttaa ei-diegeettisenä, eli tällöin musiikilla ei ole suuntaa tai lähdettä VR-maailmassa.

Toinen äänen osa-alue, joka ehkä kannattaa säilyttää stereona, ovat pohjat, eli ilmas-tointikoneiden hurina yms. taustalle jäävät äänet. Pohjien funktio on usein toimia ”au-dioliimana”, eli niiden avulla luodaan yhtenäisyyttä kohtauksiin ja toisaalta ”maskataan” asioita piiloon luottaen äänen peittoilmiöön (jossa voimakkaampi ääni peittää hiljai-semman alleen). Pohjien avulla voidaan saada kaikki muut äänet toimimaan paremmin.

Toisaalta, pohjillakin saattaa olla oma suuntansa joissakin tapauksissa. Etenkin pienis-sä tiloissa, kuten vaikkapa WC:ssä, voi olla parempi ratkaisu antaa äänilähteelle selkeä suunta, etenkin jos kohde on selkeästi näkyvillä. Aina voi kokeilla myös rakentaa ker-rostumia ääneen, eli pohja voi olla stereona taustalla, mutta sama pohjaaäni voi toistua monotiedostona, jolla on suunta. Näin ollen, kun pelaaja lähestyy äänen lähdettä, ääni voimistuu, mutta ei missään vaiheessa lakkaa kuulumasta kokonaan.

Taulukko 2 Mono, stereo ja 3D-äänten käytön suositeltavuus äänilähteille VR-sovelluksissa

Mono	Menuvalikot	UI / HUD FX	Voice Over	Käyttäjä/POV
Stereo	Musiikki	Ambienci	Pohjat	
Binaural 3D	Dialogi	Off-Screen	Ohjausäänet	Käyttäjä/POV

Pelaajasta tai käyttäjästä lähtevät POV-äänet (point of view) saattavat toimia parhaiten binauraalisina 3D-ääninä. Tätä asetelmaa en ole itse vielä päässyt kokeilemaan. Saattaa olla, että pelaajasta lähtevät kahinat ja askeleet olisivat jopa liikaa kokemuksen suhteen ja häiritseviä kokonaisuuden kannalta. Riippuu varmasti kontekstista, voiko tällaisia äänilähteitä käyttää VR-sovelluksessa, vai sotkevatko ne liikaa kuuntelua.

VR-äänisuunnittelijan kannattaa myös kiinnittää huomiota äänten sammumiseen tietynlaisissa tilanteissa. On päätettävä, kuinka kaukaa äänet voivat alkaa kuulua ja kuinka kauan äänet voivat kuulua pelaajan selän takana. Välttämättä realistinen, todellista maailmaa täydellisesti mallintava äänityö ei tulekaan kysymykseen, jos äänityö tällöin sotkee liikaa pelaajan kuuntelua ja ohjaa huomiota tarpeettomasti näihin hälyääniin. Kaikista off-screen äänistäkään ei tarvitse kuulua ääntä koko ajan.

Osa pelaajasta lähtevistä äänistä toimii varmasti parhaiten monona. Esimerkiksi sydämen pamppailu tiukassa paikassa tai hengityksen ääni avaruuspuvun sisällä toimivat luultavasti parhaiten monona. Tämä johtuu siitä, että nämä äänet ovat fyysisesti erittäin lähellä käyttäjää. Etenkin kuulokekuuntelussa hyvin kuivat monoäänet vaikuttavat tulevan läheltä kuuntelijaa, toisinaan jopa pään sisältä. Lähellä olevat äänet ovat luonnostaan kuivempia, kovempaa ja merkityksellisempiä kokijalle, kuin kaukana olevat. Mitä lähempänä ääni on, sitä intiimimpi on sen merkitys kuulijalle.

8 Virtuaalitodellisuuden tulevaisuus: VR vai AR?

Varhaisten demojen ja virtuaalitodellisuustekniikan lupausten perusteella vaikuttaa siltä, että erilaisia VR-sovelluksia tullaan näkemään runsaasti tulevina vuosina. Kysymys kuuluu, minkä valmistajan laitteella niitä katsellaan, ja minkälainen VR-tekniikka lyö itsensä läpi kuluttajamarkkinoilla. Erilaisia virtuaalitodellisuustekniikoita voidaan ajatella toisiaan täydentävinä kilpailijoina. Näitä tekniikoita ovat VR (Virtual Reality) ja AR (Augmented Reality).

Oculus Rift ja muut vastaavat VR-lasit edustavat suljettua virtuaalitodellisuusarkkitehtuuria. Tämä tarkoittaa sitä, että käyttäjä näkee (ja kuulee) vain virtuaalisen maailman, eikä muuta. Toinen jo nyt käytössä oleva virtuaalitodellisuustekniikka on Augmented Reality (AR) eli lisätty todellisuus, jossa käyttäjä tarkastelee virtuaalitodellisuutta osana todellisen maailman näkymiä.

Tekniikan avulla käyttäjä voisi esimerkiksi katsella ja kuunnella omassa olohuoneessaan virtuaalista Avataria ja keskustella tämän kanssa. Käytössä on jo nyt sovelluksia, joissa käyttäjän ympäristöä katsellaan teknisen laitteen läpi (kuten kännykän tai tabletin kameran läpi) ja sovellus piirtää virtuaalisen maailman kohteita laitteen näytölle osaksi kameran kuvaamaa todellista näkymää.

Microsoft kehittää tällä hetkellä tuotetta nimeltä Hololens, joka piirtää hologrammeja käyttäjän näkökentälle. Kyseessä on hologrammilasiteknologia, ikään kuin päässä käytettävä silmälasitietokone. Hololens AR-lasit yleistyvät kuluttajamarkkinoilla todennäköisesti vasta 2020-luvun alkupuoliskolla. Kehittäjäversion voi hankkia vuonna 2016.

Augmented Reality-äänityö perustuu samoille lainalaisuuksille, kuin VR-äänityö. Virtuaaliset ja visuaaliset kohteet saavat kolmiulotteisen etäisyyden, joten ei ole mitään syytä olettaa, etteikö kohteiden äänikin olisi kolmiulotteista. Ehkä Hololens-lasien sankoihin upotetaan pienet kaiuttimet aivan korvien viereen virtuaalisten kohteiden tuottamaa ääntä varten, tai sitten ääntä on tarkoitus toistaa kuulokkeiden avulla, kuten VR-laseillakin. Tosin AR-käyttäjän pitää kuulla myös todellisen maailman äänet.

VR-tekniikan saapuminen kuluttajamarkkinoille luo erinomaiset mahdollisuudet uuden tyyppisille mediakokemuksille. VR-lasit mahdollistavat helpon siirtymisen täysin uusiin paikkoihin. Virtuaalitodellisuus voi luoda käyttäjälle suuremman emotionaalisen kokemuksen ja läsnäolon tunteen kuin mikään muu aikaisemmin käytössä ollut teknologia.

Esimerkiksi uutislähetyksiin voisi sujahtaa sisälle katsomaan raportoitavia tapahtumia, jos kuvaus tapahtuisi 360 astetta kuvaavilla kameroilla (esim. Nokian VR-kamera OZO). Tällaisia kameroita soveltaen urheilulähetyksiä voisi katsella uusista kuvakulmista VR-laseilla, kuten tennisottelua korkeuksista tuomarin paikalta, jääkiekko-ottelua maalikamerasta tai vaikkapa jalkapallo-ottelua oman suosikkijoukkueen vaihtopenkiltä.

Erilaisiin joukkotapahtumiin voisi osallistua kotisohvalta ostamalla virtuaalisen istumapaikan yleisöstä, jossa yhden yleisöpaikan varaa 360 astetta kuvaava kamera, joka tallentaa äänen binauraalisesti. Tähän yhteen keskeiseen paikkaan voidaan myydä miljoonia pääsylippuja internetin kautta. Myös virtuaalisen turismin osuus kasvaa, kun eri matkakohteita voi katsella ja kuunnella helposti kotisohvalta VR-lasien avulla.

Facebookin rahoittaessa Oculus VR:n toimintaa, sosiaalisen median VR-mahdollisuudet ovat jännittäviä. Ehkäpä tulevaisuuden Facebookia voi käyttää VR- tai AR-laseilla, jolloin uutisvirta ja kuvavirta näkyvät kolmiulotteisena näkymänä käyttäjän näkökentässä. Enemmän tykkäyksiä ja kommentteja saaneet päivitykset näkyvät lähempänä ja suurempina kuin vähemmän saaneet. Ehkä tykkäämisen Facebookissa voi suorittaa oikeasti peukaloa näyttämällä Oculus Riftin (tai muun vastaavan HMD:n) kameralle ja määrätylle päivitykselle Facebookin uutisvirrassa.

9 Yhteenveto

Oculus Riftin ja muiden vastaavien virtuaalitodellisuusrajapintojen myötä äänen vaikutukset ja vaatimukset tulevat korostumaan entisestään, etenkin ensimmäisen persoonan virtuaalitodellisuussovelluksissa. Äänellä on entistä tärkeämpi rooli näissä sovelluksissa, varsinkin kun kuuntelu tulee todennäköisesti ja suositellusti tapahtumaan kuulokkeilla. Näin ollen ääniin kiinnitetään enemmän huomiota käyttäjien taholta.

Binauraalisten 3D-äänten laatiminen VR-sovelluksiin ei ole pakollista, mutta mikäli tavoitellaan realistisuutta virtuaalisen maailman äänikerrontaan, se on vaikutukseltaan tehokas ja luonnollinen tapa rakentaa äänikerrontaa. Binauraalisilla äänillä voidaan syventää ja ohjailla VR-maailman tapahtumia. Aidosti kolmiulotteinen virtuaalinen maailma vaatii toimiakseen aidosti kolmiulotteiset ja adaptiiviset äänet.

Kolmannen osapuolen audioliitännäisiä käyttämällä binauraalisten 3D-äänten luominen on tehty helpoksi ja äänisuunnittelijoilla on paremmat mahdollisuudet vaikuttaa lopullisessa tuotteessa kuultavaan ääneen. Esimerkiksi Two Big Earsin 3Deception audioliitännäinen (sekä hetki sitten julkaistu Spatialization Workstation) toimii myös audio middleware -ohjelmissa kuten Fmod ja Wwise. Binauraalisten 3D-äänten luominen sovelluksiin ei edellytä äänisuunnittelijoilta syvällisiä koodaus- tai scriptaustaitoja.

Erilaiset suunnitteilla olevat virtuaalitodellisuuksien ohjausrajapinnat tekevät samaa kuin kolmiulotteinen kuva ja ääni. Ne tempaavat käyttäjän mukaan virtuaalitodellisuuteen ja syventävät VR-kokemusta mahdollistaen luonnollisen vuorovaikutuksen virtuaalisen maailman objektien kanssa. Mitä enemmän ja mitä useammilla tavoilla VR-käyttäjä pääsee vuorovaikuttamaan virtuaalisen maailman kanssa, sitä immersiivisempi kokemuksesta muodostuu.

Äänisuunnittelun kannalta suunnitteilla olevat erilaiset VR-ohjausrajapinnat luovat lisämahdollisuuksia äänikerrontaan. Kun virtuaalitodellisuuskokemukseen yhdistetään esimerkiksi käsillä ja jaloilla, puheäänellä sekä katseen suunnalla VR-tapahtumiin vaikuttamista, äänikerronnan huomioon ottaminen näissäkkin tapahtumissa syventää ja tehostaa VR-kokemusta. Äänen merkitys kerronnassa tulee korostumaan virtuaalitodellisuussovelluksissa.

VR-tekniikan yleistymisen riippuu ennen kaikkea saatavilla olevan tekniikan hinnasta, sen käytettävyydestä ja sisällön tarjonnasta. Mitä monimutkaisempaa ja realistisempaa äänisuunnittelua tehdään, sitä vaikeampaa ja aikaa vaativampaa työ on. Tämä näkyy luonnollisesti kustannuksissa: Onko tuotannoissa varaa panostaa äänisuunnitteluun siten, että realistinen ja immersiivinen ääni voidaan rakentaa osaksi VR-kokemusta? Erinomaisesti laadittu äänityö VR-sovelluksessa saattaa muodostua toisaalta myös kilpailuvaltiksi.

Ajatuksella virtuaalitodellisuudesta on pitkät perinteet ja historia. Toimivia virtuaalitodellisuussovelluksia ja virtuaalitodellisuusympäristöjä on perinteisesti rakennettu laboratorioihin, huvipuistoihin ja koulutuskäyttöön. Esimerkiksi lentosimulaattoreita on käytetty jo pitkään lentäjien koulutuksessa. Toimivia kuluttajien massamarkkinoille suunnattuja henkilökohtaisia virtuaalitodellisuuslaitteita ei vielä tähän päivään mennessä ole nähty. Vanhat ja kariutuneet lupaukset tällaisista laitteista ovat yhä ihmisten muistissa.

Vuotta 2013 ajatellaan Oculus Riftin julkistamisen myötä jo nyt virtuaalitodellisuuden uuden aallon alkamisajankohtana, kun henkilökohtaisia HMD-laitteita saatiin laajalti ensi kertaa pelinkehittäjien ja innokkaimpien kuluttajien käyttöön. Vuosi 2016 on seuraava rajapyykki, kun esimerkiksi Oculus Rift, HTC Vive ja Sony julkaisevat ensimmäiset kuluttajien massamarkkinoille suunnatut versionsa ja niihin liittyvää hiottua sisältöä. Aika näyttää, lunastaako virtuaalitodellisuus tällä kertaa sille asetetut tavoitteet.

Lähteet

Brandom Russel 2014. Trinity VR is making a motion-control gun for virtual reality gaming. <http://www.theverge.com/2014/7/21/5922785/trinityvr-is-making-a-motion-control-gun-for-virtual-reality-gaming> (luettu 4.5.2015).

Carlsson Sven 1997. Foley <http://filmsound.org/terminology/foley.htm> (luettu 6.5.2015).

Ceustermont Sandrine 2014. Mock recoil gives your gun real kick in virtual world. <http://www.newscientist.com/article/dn25755-mock-recoil-gives-your-gun-real-kick-in-virtual-worlds.html#.VTiVY6Z9Uo0> (luettu 4.5.2015).

Chacos Brad 2014. Final Oculus Rift Pricing, hardware teased as Gear VR reveals Oculus-ready interface. <http://www.pcworld.com/article/2602906/final-oculus-rift-pricing-hardware-teased-as-gear-vr-reveals-oculus-ready-interface.html> (luettu 4.5.2015).

Egan Matt 2014. Oculus Rift release date rumours, specs and features: Oculus Rift to launch in the middle of 2015', and to cost just \$200. <http://www.pcadvisor.co.uk/buying-advice/gadget/3522990/oculus-rift-release-date-specs-features/> (luettu 4.5.2015).

FOVE 2015. The World's First Eye Tracking Virtual Reality Headset. <http://www.getfove.com> (luettu 1.10.2015).

Halfacree Gareth 2014. Dexta Robotics unveils Dexmo F2 VR controller. <http://www.bit-tech.net/news/hardware/2014/10/02/dexmo-f2/1> (luettu 4.5.2015).

Hass Jeffrey 2013. Chapter One: An Acoustics primer. http://www.indiana.edu/~emusic/etext/acoustics/chapter1_loudness.shtml (luettu 27.10.2015).

Hellman Tapio 2014. Virtuaalitodellisuutta on pyritty rakentamaan aina 1950-luvulta tähän päivään saakka. http://www.edimensio.fi/opetusvinkit_ja_linkit/virtuaalitodellisuus (luettu 4.5.2015).

Horsey Julian 2012. Oculus Rift Virtual Reality Headset Developer Kits Now Available To Pre-Order (video). <http://www.geeky-gadgets.com/oculus-rift-virtual-reality-headset-developer-kits-now-available-to-pre-order-video-27-09-2012/> (luettu 4.5.2015).

Juva, Anu 1995. Valkokangas soi! Kirjastopalvelu Oy

Kielitoimiston sanakirja 2015. Virtuaalitodellisuus. <http://www.kielitoimistonsanakirja.fi/netmot.exe?motportal=80> (luettu 28.10.2015).

Laaksonen, Jukka 2006. Äänityön kivijalka. Idemco Oy Riffi Julkaisut.

Lang Ben 2015.10. Seconds of Testing Striker VR's Gun Recoil System and I'm sold - Hands-on and Interview <http://www.roadtovr.com/striker-vr-virtual-reality-weapon-recoil-hands-on-interview/> (luettu 4.5.2015).

Lingard Brian 1995. Human Interfacing Issues.

<http://web.cs.wpi.edu/~matt/courses/cs563/talks/brian1.html> (luettu 27.10.2015).

Luckey Palmer 2009. Oculus "Rift": An open -source HMD fo Kickstarter.

<http://www.mtbs3d.com/phpbb/viewtopic.php?f=140&t=14777> (luettu 5.4.2015).

Marks, Aaron 2009. The Complete Guide to Game Audio for Composers, Musicians, Sound Designers and Game Developers. Elsevier Inc.

McWhertor Michael 2014. Oculus jus bought two very interesting VR tech companies

<http://www.polygon.com/2014/12/12/7385371/oculus-vr-buys-nimble-13th-lab> (luettu 4.5.2015).

Milk Chris 2015. How virtual reality can create the ultimate empathy machine.

https://www.ted.com/talks/chris_milk_how_virtual_reality_can_create_the_ultimate_empathy_machine/transcript (luettu 27.10.2015).

MLL 2015. Lapsen ja vanhemman varhainen vuorovaikutus.

http://www.mll.fi/vanhempainnetti/tietokulma/vanhemmuus_ja_kasvatus/lapsen_ja_vanhemman_varhainen_vu/ (luettu 27.10.2015).

Mäkinen Inka 2003. Teatteri antiikin Kreikassa.

http://www.peda.net/verkkolehti/jamsa/antiikkia?m=content&a_id=49 (luettu 4.5.2015).

Nair Varun 2014. Audio and VR. <http://designingsound.org/2014/05/audio-and-vr/> (luettu 27.10.2015).

Oculus VR 2015. Oculus Rift Developer Kit 2 Specifications.

<https://support.oculus.com/hc/en-us/articles/201835987> (luettu 1.10.2015).

Robertson Adi, 2012. Oculus Rift virtual reality gaming goggles launched on Kickstarter. <http://www.theverge.com/2012/8/1/3212895/oculus-rift-virtual-reality-head-mounted-display-kickstarter> (luettu 4.5.2015).

Robertson Adi & Zelenko Michael 2014. The Rise and Fall and Rise of Virtual Reality http://www.theverge.com/a/virtual-reality/oral_history (luettu 4.5.2015).

Slowik, Michael 2014. After the Silents: Hollywood Film Music in the Early Sound Era 1926-1934. Columbia University Press

Souppouris Aaron 2014. Virtual Reality made me believe I was someone else

<http://www.theverge.com/2014/3/24/5526694/virtual-reality-made-me-believe-i-was-someone-else> (luettu 11.5.2015).

Strickland Jonathan 2015. How Virtual Reality Works.

<http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/virtual-reality3.htm> (luettu 27.10.2015).

Tarmia Mikko 2013. Äänitekniikan perusteet.

http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/muut/ammattillinen/aanityo/aanitekniikan_perusteet/aanitekniikan_perusteet.pdf?C:D=2061408&m:selres=2061408 (luettu 16.10.2015).

The Oculus Team Blog 2 2014. Nimble VR, 13th Lab, and Chris Bregler join Oculus VR. <https://www.oculus.com/blog/nimble-vr-13th-lab-and-chris-bregler-join-oculus/> (luettu 4.5.2015).

The Oculus Team Blog 1 2015. First Look at the Rift, Shipping in Q1 2016. https://www.oculus.com/blog/first-look-at-the-rift-shipping-q1-2016/?mkt_tok=3RkMMJWWfF9wsRouu6jAZKXonjHpfsX66ugrWaS2hokz2EFye%2BLIHETpodcMRMdgMK%2BTFAwTG5toziV8R7TFLs15ycYQWhTk (luettu 21.5.2015).

Ungerleider Neal, 2014. Facebook acquires Oculus VR for 2 billion. <http://www.fastcompany.com/3028244/tech-forecast/facebook-acquires-oculus-vr-for-2-billion>. (luettu 16.10).

Valtaoja, Esko 2012. Kaiken käsikirja. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa ry

Visala, Seppo 2014. Todellinen virtuaalisuus, virtuaalisen todellisuus. <http://aikalainen.uta.fi/2014/12/08/todellinen-virtuaalisuus-virtuaalisen-todellisuus/> (luettu 26.10).

VLSI Solution Oy 2015. Kuinka oikeat 5.1 äänet voidaan saada kuulokkeisiin? <http://www.dspeaker.com/fi/teknologia/headspeaker-technology.shtml#c560> (luettu 1.10.2015).

Elokuvalähteet

The Matrix. 1999. The Wachoski Brothers. Ohj. Andy Wachowski, Lana Wachowski. USA/Australia. Warner Bros, Village Roadshow Pictures. 150 min

13. kerros (the Thirteenth Floor). 1999. Daniel F. Galoye (book), Josef Rusnak. Ohj. Josef Rusnak. Germany/USA. Columbia Pictures. 100 min.

Taru sormusten herrasta: Sormuksen ritarit (The Lord of The Rings, Fellowship of The Ring). 2001. J.R.R Tolkien (book), Fran Walsh, Philippa Boyens, Peter Jackson. Ohj. Peter Jackson. New Zealand/USA. New Line Cinema. 178 min.

Lähdemateriaalit

Lähdemateriaali 1

http://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift#Developer_versions	Luettu 4.5.2015
http://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift#Developer_kit	Luettu 4.5.2015
http://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift#Crystal_Cove	Luettu 4.5.2015
http://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift#Developer_kit_2	Luettu 4.5.2015
http://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift#Crescent_Bay	Luettu 4.5.2015
http://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift#Consumer_version	Luettu 4.5.2015
https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift	Luettu 16.10.2015

Lähdemateriaali 2

https://www.ifixit.com/Teardown/Oculus+Rift+Development+Kit+2+Teardown/27613	Luettu 6.5.2015
http://sixense.com/wireless	Luettu 4.5.2015
http://controlvr.com	Luettu 4.5.2015
http://nimblevr.com	Luettu 4.5.2015
http://www.virtuix.com	Luettu 4.5.2015
http://cyberith.com/product/	Luettu 4.5.2015
http://www.ambisonic.net	Luettu 8.6.2015
http://www.cnet.com/news/oculus-vr-buys-hand-tracking-expert-nimble-vr/	Luettu 11.5.2015

Lähdemateriaali 3

http://fi.wikibooks.org/wiki/Filosofia/Ontologia	Luettu 4.5.2015
http://fi.wikipedia.org/wiki/Luolavertaus	Luettu 4.5.2015
http://fi.wikipedia.org/wiki/Uniargumentti	Luettu 12.1.2015
http://fi.wikipedia.org/wiki/Aivot	Luettu 12.1.2015
http://fi.wikipedia.org/wiki/Havainto	Luettu 12.1.2015
http://fi.wikipedia.org/wiki/Todellisuus	Luettu 12.1.2015
http://fi.wikipedia.org/wiki/Aisti	Luettu 19.1.2015
http://tieku.fi/ihminen/elimisto/ihmisen-seitseman-aistia	Luettu 4.5.2015

Lähdemateriaali 4

http://fi.wikipedia.org/wiki/Antiikin_Kreikan_teatteri	Luettu 19.1.2015
http://fi.wikipedia.org/wiki/Immersio	Luettu 13.1.2015
http://fi.wikipedia.org/wiki/Virtuaaliläsnäolo	Luettu 14.1.2015
http://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_VR	Luettu 10.1.2015
http://en.wikipedia.org/wiki/EnvironmentalAudio_Extensions	Luettu 7.1.2015
http://en.wikipedia.org/wiki/Sound_Blaster_X-Fi#CMSS-3D	Luettu 19.1.2015

Lähdemateriaali 5

http://fi.wikipedia.org/wiki/Ääni	Luettu 3.1.2015
http://fi.wikipedia.org/wiki/Massa	Luettu 3.1.2015
http://fi.wikipedia.org/wiki/Bassotaajuudet	Luettu 4.5.2015
https://www.pianoteq.com/pianoteq5	Luettu 6.5.2015
http://www.dspeaker.com/fi/teknologia/headspeaker-technology.shtml#c560	Luettu 6.5.2015
http://www.dspeaker.com/fi/tuotteet/headspeaker-kuulokejaerjestelmae.shtml	Luettu 6.5.2015

Lähdemateriaali 6

http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/index.html	Luettu 6.5.2015
http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/glossary.html#HRTF	Luettu 6.5.2015
http://gamma.cs.unc.edu/HRTF/	Luettu 6.5.2015
http://en.wikipedia.org/wiki/Head-related_transfer_function	Luettu 6.5.2015

http://www.kar.fi/KARAudio/Publications/publications/akupv97.pdf	Luettu 6.5.2015
http://fi.wikipedia.org/wiki/Äänen_havaitseminen	Luettu 6.5.2015
http://designingsound.org/2014/05/audio-and-vr/	Luettu 8.6.2015
http://twobigears.com/index.html	Luettu 11.5.2015
http://www.helsinki.fi/~vsiivola/sound/node10.html	Luettu 16.10.2015

Lähdemateriaali 7

http://www.etymonline.com/index.php?term=oculus&allowed_in_frame=0	Luettu 27.10.2015
http://kaannos.com/sanakirjahaku-kaikki-kielet-rift.htm	Luettu 27.10.2015
http://kaannos.com/sanakirjahaku-kaikki-kielet-oculus.htm	Luettu 27.10.2015
https://www.oculus.com/en-us/dk2/	Luettu 27.10.2015
http://www.wired.com/2014/02/crazy-oculus-rift-experiment-lets-men-women-swap-bodies/	Luettu 27.10.2015
http://realspace3daudio.com	Luettu 27.10.2015
http://papunet.net/tietoa/multisensorinen-toiminta	Luettu 27.10.2015
https://ozo.nokia.com	Luettu 27.10.2015
http://company.nokia.com/en/news/press-releases/2015/07/29/nokia-announces-ozo-virtual-reality-camera-for-professional-content-creators	Luettu 27.10.2015
http://www.cs.tut.fi/sgn/arg/klap/da2004/akustiikka.pdf	Luettu 27.10.2015

Lähdemateriaali 8

http://news.discovery.com/animals/10-best-sniffers-in-the-animal-kingdom-140722.htm	Luettu 27.10.2015
http://io9.com/the-human-nose-can-sense-10-basic-smells-1355489504	Luettu 27.10.2015
http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0073289	Luettu 27.10.2015
http://www.nature.com/news/human-nose-can-detect-1-trillion-odours-1.14904	Luettu 27.10.2015

Videolähteet

Asbjørn Andersen 2014. Oculus Connect: Introduction to Audio in VR.
<http://www.asoundeffect.com/video-an-introduction-to-audio-in-virtual-reality-with-oculus-rifts-brian-hook/> (katsottu 2.10.2015).

Universal Studios 2015. Studio Tour, Universal Studios Hollywood.
https://www.youtube.com/watch?v=AWS_wLlFTHo (katsottu 2.10.2015).

Nimble VR 2015. Nimble VR Kickstarter.
https://www.youtube.com/watch?v=v_U3BmDlmtc&feature=youtu.be&t=36
 (katsottu 16.10.2015)

Liite 1 VR Audio Brian Hookin mukaan

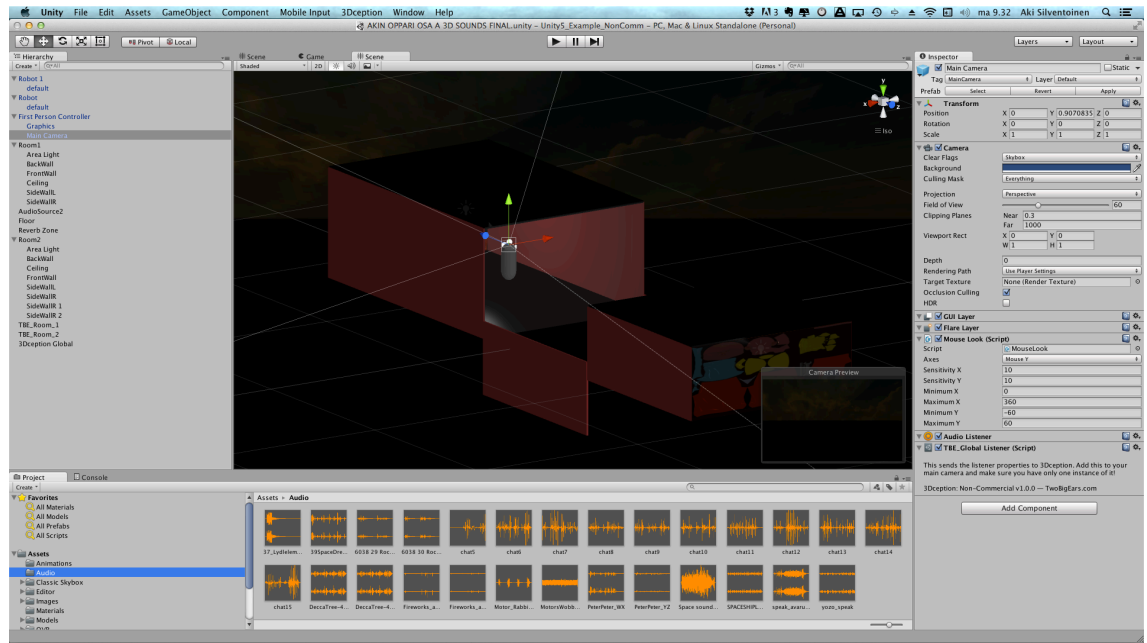
Seuraavassa käännän, tiivistän ja taulukoin Oculus VR:n ääni-insinöörin (engl. audio engineer) Brian Hookin pääkohdat hänen puheestaan videolla, jossa hän puhuu ääni-suunnittelusta Oculus Riftille (ja muille) virtuaalitodellisuuslustoille. Video on katsottavissa kokonaisuudessaan osoitteessa <http://www.asoundeffect.com/video-an-introduction-to-audio-in-virtual-reality-with-oculus-rifts-brian-hook/>

Virtuaalitodellisuusnäytöt mahdollistavat visuaalisen immersion ja läsnäolon tunteen.
Audiotekniikan tulee vastata immersion ja läsnäolon haasteeseen.
Ääni tehostaa vaikutelmaa koosta, tilasta ja etäisyyksistä sekä kertoo kohteiden liikesuunnista myös off-screenissä ilman visuaalista palautetta.
Ääni "liimaa" kohtauksen yhteen ja luo realismia. Yhtenäisen VR-kokemuksen luomiseksi tarvitaan spatialisaatiota (suuntien luomista äänille) ja ambienssia.
Äänen paikallistamiseen tarvitaan vain kaksi korvaa; kaksi äänikanavaa riittää.
Ihmisen suuntakuulon paikallistamisresoluutio on noin 1 astetta.
Pystytason paikallistuminen ja pystysuuntainen liike äänille on mahdollista.
Pään liikuttaminen auttaa äänen paikantamisessa myös virtuaalitodellisuudessa.
Vaakataso aistitaan ensisijaisesti äänen voimakkuuden eroilla.
Pystysuuntainen ääni aistitaan äänen voimakkuuden lisäksi aika- eli vaihe-eroilla.
Kaikki korvat ovat fyysisesti erilaisia. Binauraalinen yksilöinti on vaikeaa.
Myös hartiat ja päämuoto vaikuttavat, toimivat ikään kuin audiofilttereinä.
Kovat ja kirkkaat äänet ovat lähellä, hiljaiset ja tumput äänet tulevat kauempaa.
Suoran äänen ja ensiheijustusten väliset aikaerot kertovat etäisyydestä.
Äänen parallaksi liikkuvassa äänessä: jos ääni liikkuu kuulijan ympärillä nopeasti, äänilähde vaikuttaa olevan kuulijan lähellä.
Jos äänilähde kuulostaa kulkevan kaukana ja se liikkuu kuulokentän halki, vaikutelma ja informaatio ovat, että äänilähde liikkuu kovalla nopeudella.
Dopplerin ilmiö tapahtuu lähestyvässä ja loitontuvassa äänessä, mutta myös jos kokija liikkuu kohti tai etääntyy paikallaan olevasta äänilähteestä.
Mitä kauempana ääni on ilmakehässä, sitä enemmän korkeat taajuudet vaimentuvat.
Työssä suunnittele etukäteen spatialisoitavat äänet ja priorisoi tärkeimmät äänet.
Spatialisaatio=lokalisaation käänteisalgoritmi. Lokalisaatiolla tarkoitetaan, miten ihminen paikallistaa äänet, spatialisaatio on ilmiön toisintamista virtuaalisesti.

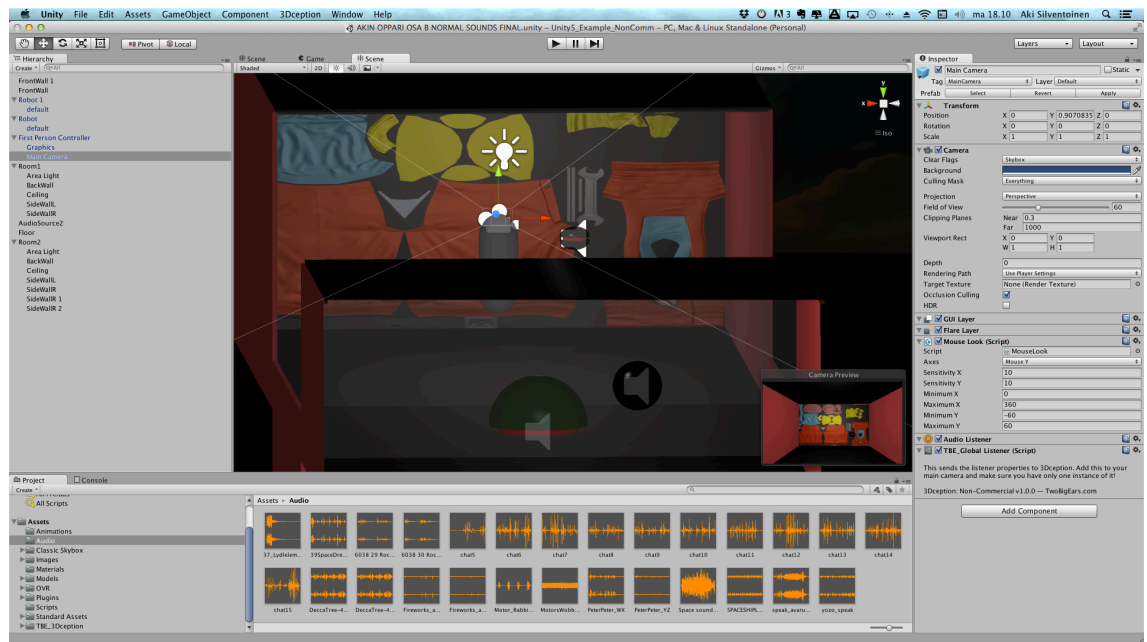
Perinteiset äänen koodausmetodit toimivat myös VR-äänisuunnittelussa monin paikoin: horisontaalinen x-akseli = vasen/oikea panorointi. Edessä/takana olevat äänet: Low Pass-filtterin käyttö. Etäisyys = äänenvoimakkuus (äänen ns. roll off).
VR lisää huomattavasti audiotekijöitä ja äänisuunnittelutarpeita: HRTF, HRIF, binauralisuus, aikaiset heijastukset, myöhäiset heijastukset, okklusio (osittainen vaimentuminen), diffraktio (äänen muuttuminen sen kulkiessa esim. oviaukon läpi), pääns seuranta ja siitä johtuva adaptiivisuus sekä lisääntynyt off-screen materiaalin merkitys.
HRTF-mallit ovat aina yksilöllisiä; on keskiarvoistettava suuri otanta. VR-kokija voisi valita itselleen sopivan HRTF-mallin galleriasta, joissa on kuvia erilaisista korvista.
Head tracking mahdollistaa äänen paikallistamisen luonnollisella tavalla päästä kääntelemällä -> äänenkin tulee tällöin käyttäytyä luonnollisesti.
Kuulokkeet (suljetut mallit) eristävät reaali maailman äänet virtuaali maailman äänistä. Kuuntelijan huoneheijastukset eivät häiritse äänikokemusta kuulokekuuntelussa.
Lokalisaatiota ei tapahdu bassotaajuuksilla alle 200 Hz. Tärkein audiospektrin alue lokalisaatiossa on 1 kHz-5 kHz.
On otettava huomioon myös heijastukset (early/late) ja äänen imeytymiset (absorption) erilaisiin materiaaleihin/pintoihin.
VR-ääni vaatii luultavasti ”engine supportin”, plugareita yms. toimiakseen. Työ vaatii paneutumista syvemmälle ohjelmakoodiin ja audioratkaisujen integroimista koodiin.
Suurin osa äänestä on monoäänitiedostoja, jotka koodataan 3D-audioksi ohjelmallisesti. Äänitiedostojen korkea laatuvaatimus vaaditaan: laaja taajuuskaista (=korkea näytteenottotaajuus) ja korkea laatu (bittisyvyys). Ei enää audion ”huonontamista”.
Äänen niukkuus ja rauhallisuus säästää VR-pelaajia kuunteluväsymykseltä. Mieluummin vain vähän paikallistuvia ääniä kerralla, binauralisuus toimii paremmin silloin.
Äänen pitää vahvistaa VR-maailman visuaalisia kohteita immersion luomiseksi. Oikeanlaiset kaiut ja heijastukset luovat tilan todelliseksi.
Kaiken äänen EI pidä olla spatialisoitua ääntä. Monoääntä voivat mainiosti olla esimerkiksi voice over, HUD (heads up display), UI-äänet (user interface).
Kuluttaja kokee huonot ääniratkaisut ennen kaikkea alitajuisesti. Hän ajattelee ehkä, että VR:ssä itsessään on jotakin vikaa tai sen grafiikoissa, vaikka vika onkin äänessä.
Pieni audiolatenssi (viive 10–100 ms) ei kaada maailmaa. HMD:n latenssi tekee sen.
Kuulo erottelee tehokkaasti puheen suunnan, joten dialogi kannattaa spatialisoida.
Oculus tarjoaa työkalut ja ääniratkaisut kehittäjille. HMD:ssä on standardi mikrofoni ja kuulokkeet. Audioprioriteetti on korkea Oculus VR:n kuluttajakokemuksissa.

Liite 2 Kuvat

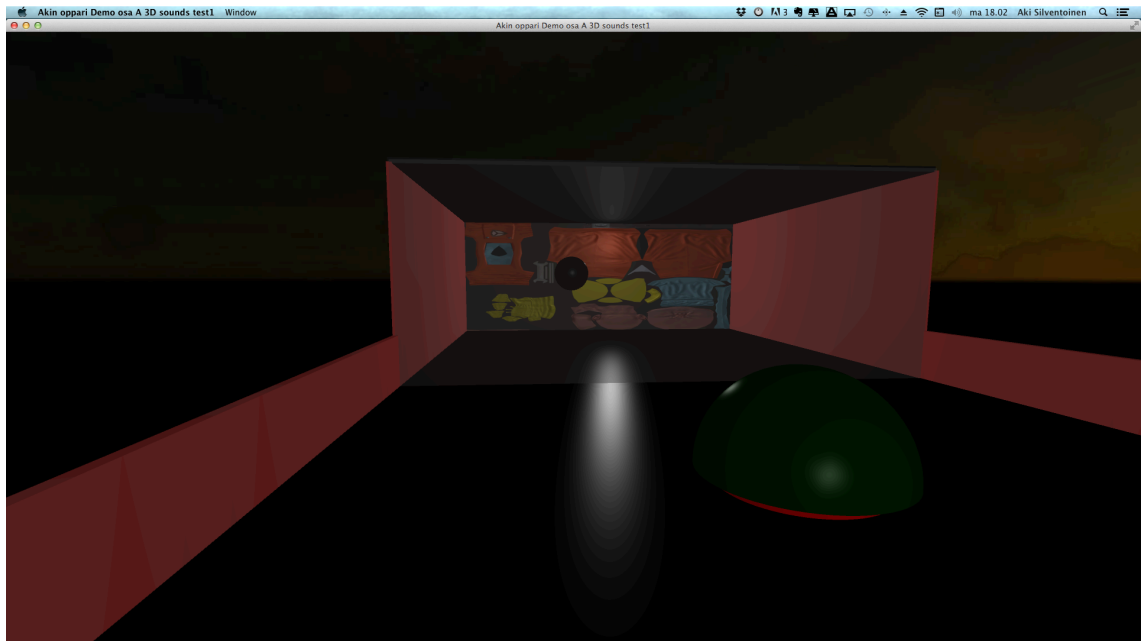
Unity 5 Project Demo Case Screen Shot 1



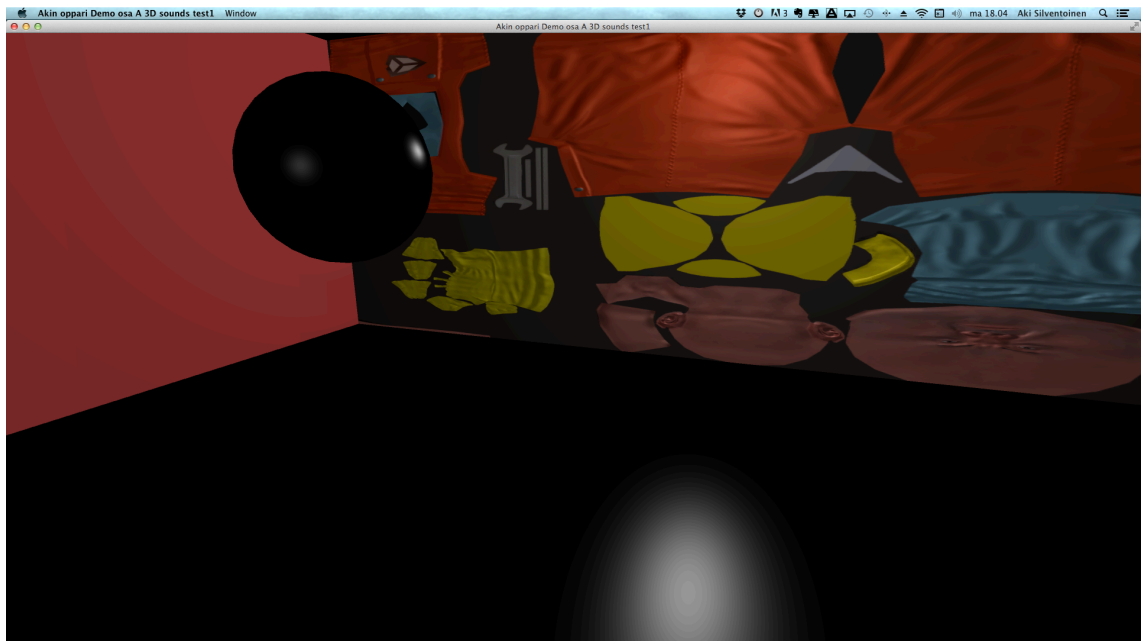
Unity 5 Project Demo Case Screen Shot 2



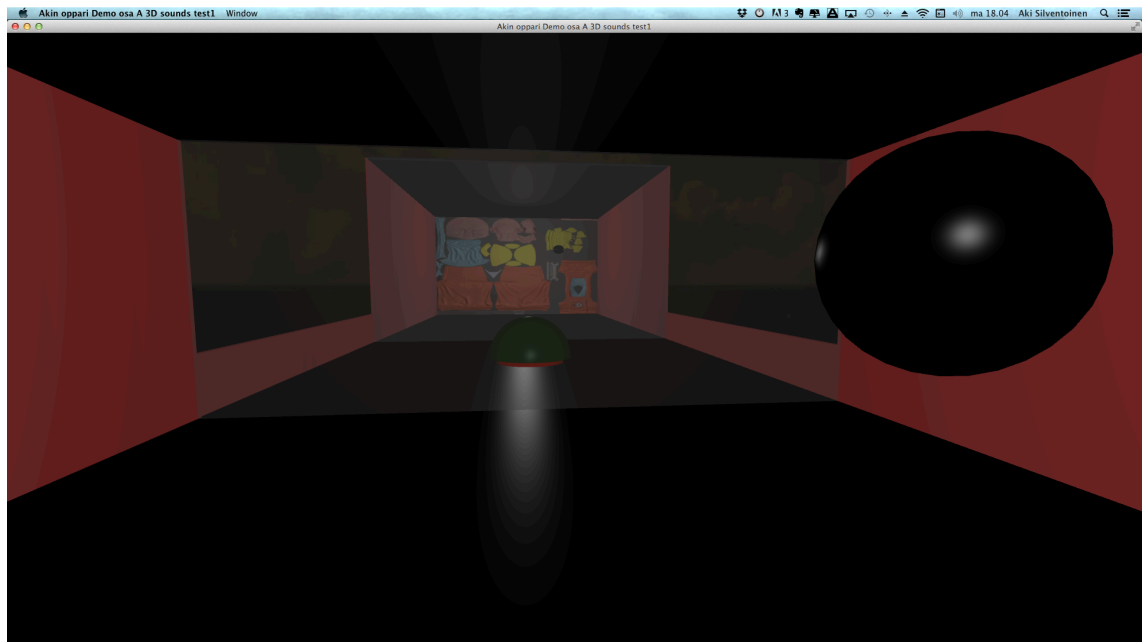
Pelikuva 1



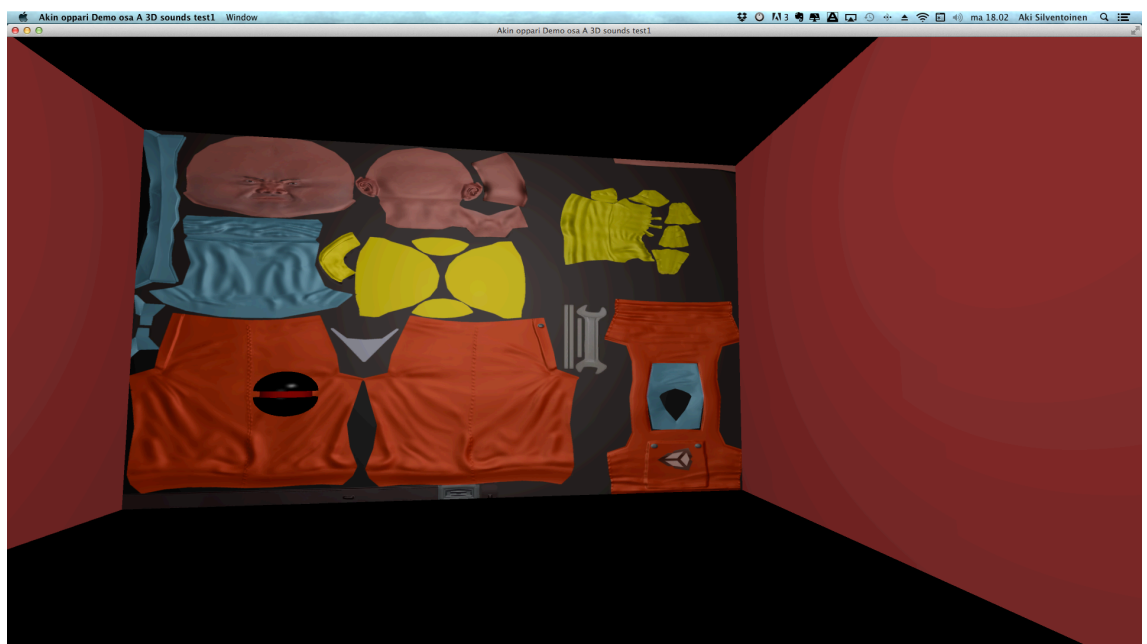
Pelikuva 2



Pelikuva 3

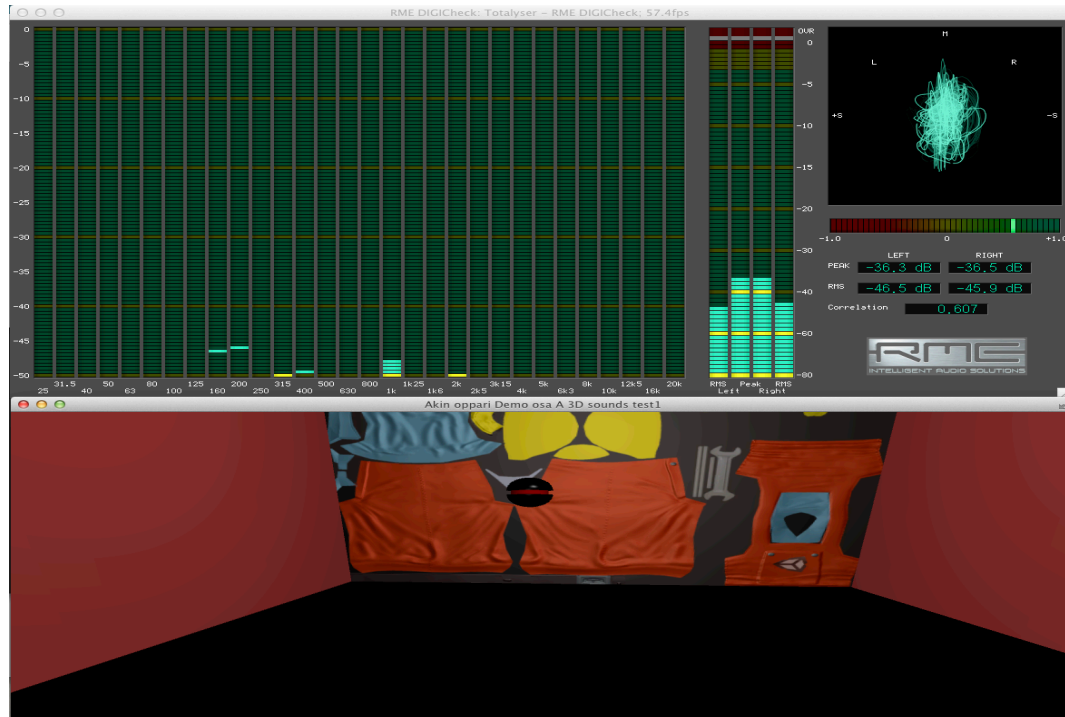


Pelikuva 4



Liite 3 RME Digicheck

RME Digicheck Demo Versio A



RME Digicheck Demo Versio B

