



Äänen laadulliset erot

Digitaalisen äänen erot tilassa ja teoriassa

Tomi Tolla

Kulttuurialan opinnäytetyö
Viestintä
Medianomi (AMK)

TORNIO 2012

TIIVISTELMÄ

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Tekijä(t):	Tomi Tolla
Opinnäytetyön nimi:	Äänen laadulliset erot. Digitaalisen äänen erot tilassa ja teoriassa
Sivuja (joista liitteitä):	47
<p>Työssäni tutkin äänen laadullisia eroja. Käyn läpi peruskäsitteet kuulemisesta ja äänestä, jonka jälkeen syvennyn työssäni nykypäivän äänitekniikoihin. Työhön sisältyy myös kuuntelutesti, jossa tutkin kuluttajan näkökulmasta eri julkaisuformaattien äänen laadullisia eroja. Kuuntelutestin tarkoituksena on selvittää, mikä on nykypäivän julkaisuformaateista normaalille kuluttajalle mieleisin ja järkevin vaihtoehto.</p> <p>Nykypäivään mennessä on äänelle ollut monia eri julkaisuformaatteja, mutta nykyisellään voitolle ovat päässeet erilaiset digitaaliset pakkausformaatit. Näitä formaatteja on erilaisilla toistoformaateilla CD -levyistä digitaalisiin televisiolähetysiin. Näitä julkaisuformaatteja varten on jokaisella oma pakkausformaatti, joka palvelee kyseistä mediaa parhaiten. Laadun ja median kapasiteetin kanssa täytyy tehdä kompromisseja ja näin ollen ne eroavat laatunsa puolesta paperilla hyvinkin paljon. Nykypäiväiset pakkausalgoritmit kuitenkin esimerkiksi hyödyntävät ihmisen kuuloaistin ominaisuuksia, näiden algoritmien avulla äänestä voidaan poistaa paljonkin turhaa dataa ja näin ollen säästää tilaa. Tällaisen häviöllisen pakkaustavan toinen vastakohta on nykyisten tallennuskapasiteetiltaan suurempien levyjen häviötön pakkausmuoto, joka äänenlaadullisesti vastaa täysin alkuperäistä ääniraitaa juuri sen kuuloisena, kuin se on tarkoitettu, ilman että ääniraidasta pitäisi poistaa mitään yksityiskohtia.</p> <p>Aineistona käytän Jukka Laaksosen kirjaa Äänityön kivijalka(2006), Tomlinson Holmanin kirjaa Surround Sound: Up And Running(2008) sekä Eero Aron kirjaa Tilääni(2006). Muita lähteitä ovat eri yritysten kotisivut, Wikipedian ääniartikkelit, äänipää sekä kuuntelutestin tuloksena syntyneet muistiinpanot. Toteutin kuuntelutestin kotonani, omalla äänentoistolaitteistollani. Testihenkilöt kirjoittivat omin sanoin vastaukset, ja tarkensin niitä haastattelemalla ja kirjaamalla haastattelun.</p> <p>Mitattavien arvojen lisäksi on myös hankalammin lähestyttäviä äänen laadullisia tekijöitä. Tällaisia ovat esimerkiksi käyttötarkoitus sekä tottumukset. Laadukas ääni, on ääntä, joka palvelee sen hetkistä tilannetta ja käyttötarkoitusta parhaiten. Jos äänenlaadussa ei huomaa eroa enää tietyn pisteen jälkeen, ei sillä hetkellä laadukkaampaa myöskään tarvitse. Tieto äänen laatuudesta vaikuttaa kuitenkin arviointikykyyn ja näin ollen onkin hyvin hankala sanoa, kuuleeko henkilö oikeasti äänen paremman laadun, vai luuleeko hän kuulevansa.</p>	
Asiasanat: äänenlaatu, kuuntelutesti, DAC, HD, teräväpiirto, Dolby, DTS	

ABSTRACT

KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tekijä(t):	Tomi Tolla
Opinnäytetyön nimi:	Qualitative differences in audio
Sivuja (joista liitteitä):	47
<p>I investigate the role of qualitative differences in audio. I review the basic concepts of hearing and sound, after which the work goes deeper into today's audio technologies. The work also includes a listening test, where I studied from the customer's point of view different publishing formats, the sound difference in quality. The listening test is designed to find out what is in today's publishing formats for an average consumer the most preferred and sensible option.</p> <p>There have been many different publishing formats for audio in the past. Today, different digital audio formats are the most used ones. These formats are used in everyday occasions, from CD to digital television broadcasts. There are different audio formats in use in every media, designed to serve the purpose of a better result. Some compromises need to be made with sound quality and capacity of the chosen media, which leads these formats to be very different when looked at more closely. The algorithms that are used today, however, can use knowledge about how hearing works, and therefore delete any unnecessary data from track and therefore reach bigger compression rates without compromising quality too much. The opposite of this method, there are lossless algorithms that are used on media with much higher storage capacity. These algorithms make possible to compress audio without losing even a bit from it in the process, and therefore it sounds and is an exact copy of the original, without losing in quality.</p> <p>My material is based on books such as Surround Sound: Up And Runnin(2008) by Tomlinson Holman, Tilaääni(2006) by Eero Aro and Äänityön Kivijalka(2006) by Jukka Laaksonen. I also used websites from different audio related companies, Wikipedia, Äänipää and data that I collected and formed from the hearing test. I used my own living room and my own audio setup in the test. Testers wrote answers by their own, after which I interviewed them and transcribed the conversations also.</p> <p>There are ways to measure the quality of the sound, but there are also sides of it that are more complex to handle. Such are purpose and listening habits. Good quality audio is audio that serves best a particular purpose and occasion. If one cannot tell a difference in the sound quality, one probably does not need a higher quality sound. However, there is also a problem in hearing, because knowing that something is higher quality leads one to think that one can tell the difference. Therefore, it is hard to tell if one really can hear the difference, or if one just hears what one wants to hear.</p>	
Asiasanat: sound quality, hearing test, DAC, HD, high definition, Dolby, DTS	

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1. JOHDANTO	6
2. KUULON TOIMINTA.....	8
2.1 Äänen muodostuminen.....	8
2.2 Kuulo.....	9
2.3 Psykoakustiikka	10
3. DIGITAALINEN ÄÄNI	12
3.1 Näytteenottotaajuus/Sampling rate	13
3.2 Bittisyvyys	14
3.3 Äänen pakkaaminen.....	16
3.4 A/D- ja D/A-konversio.....	17
4. ÄÄNENTOISTOLAITTEET	19
4.1 Soitin	19
4.2 Vahvistin	19
4.3 Kaiuttimet.....	20
4.3.1 Kaiutinasettelu.....	21
4.4 Tila	23
4.4.1 Tilan akustointi	25
5. DIGITAALISET ÄÄNIFORMAATIT	27
5.1 Ääniformaatit ja musiikki	27
5.2 Ääniformaatit ja internet	28
5.3 Ääniformaatit ja televisio.....	28
5.4 Ääniformaatti, DVD ja Blu-Ray	29
6. KUUNTELUTESTIN VALMISTELUT	31
7. KUUNTELUTESTI.....	33
7.1 Kuuntelutestin laitteisto ja materiaali	33
7.2 Kuuntelutesti	35
7.2.1 Testihenkilö 1.....	36
7.2.2 Testihenkilö 2.....	37
7.2.3 Testihenkilö 3.....	38
7.2.4 Testihenkilö 4.....	38

7.2.5 Testihenkilö 5.....	39
7.2.6 Kirjoittajan tuomio	40
7.3 Kuuntelutestin purku.....	41
8. POHDINTA	44
LÄHTEET.....	47

1. JOHDANTO

Ääntä ja kuvaa on kaikkialla. Kuvaa on huonolaatuisesta kristallinkirkaaseen HD-tasoiseen (High Definition, korkealaatuinen, kuvan yhteydessä teräväpiirto) ja sitäkin tarkempaan, mutta myös ääntä on monenlaatuista. Jälkimmäinen asia tuntuu monesti ihmisiltä unohtuvan. Televisioita kaupataan HD-kuvalla ja äänellä, kaiuttimet televisioissa ovat kuitenkin suunnittelullisesti hankalat rakentaa litteään koteloon eivätkä ne laadullisesti täytä kaikkien kuuntelijoiden tarpeita. Televisioissa keskitytäänkin enemmän näyttöpaneelien laatuun. Tämä on hyvä konsepti pelkästään kuvan kannalta, mutta kaikki eivät halua tai eivät ymmärrä hankkia erillisiä kaiuttimia ja näin eivät koskaan pääse kuulemaan elokuvien kristallinkirkkaita ääniraitoja niin kuin ne kuuluisi toistaa.

Jos tarkastelemme lähemmin muutamaa nykypäivän ääniformaattia, huomaamme niissä melko radikaalejakin eroja, ainakin teoriatasolla. Todellisuudessa pelkkä ääniformaatti ei kerro kaikkea. Se, onko ääni todellakin laadukkaampaa kuin toinen, on myös kiinni käytettävästä laitteistosta. Normaalilla taulutelevisiolla on hankala erottaa äänenlaadullisia eroja televisiolähetyksen MPEG-2 pakkauksen ja DVD -tasaisen DTS:n välillä. Puhumattakaan sitten DVD:n Dolby Digitalin ja Blu-Ray levyn Dolby TrueHD:n kesken.

Dolby TrueHD, aivan kuten DTS-HD Master Audio, ovat uusimpia ja kehittyneimpiä äänen pakkausmuotoja, joiden sanotaan olevan niin sanottuja pakkaamattomia ääniraitoja. Näiden lisäksi kuluttajakäytössä on myös PCM -ääniraita, joka on tuttu jo toisen maailmansodan ajoilta, mutta joka myöhemmin on tutumpi esimerkiksi CD-levyjen kautta.

Työssäni käyn läpi yksinkertaisen signaalitien äänen muodostumisesta, taltioinnista, prosessoinnista ja uudelleen ääneksi muuntamisesta. Kerron, kuinka kuulo toimii ja käsittelen aivojen toimintaa kuuntelutilanteessa. Tarkoitukseni on selvittää, mitä näiden kaikkien vaiheiden välillä tapahtuu, ja miksi. Käsittelen nykyaikaisia äänen julkaisu- ja levitysmuotoja ja niiden ominaisuuksia. Käsittelen näiden eri formaattien eroja, sekä teoriassa että käytännössä.

Vaikka ääni olisi pakkausmuotonsa perusteella paperilla parempilaatuista, ei se välttämättä sitä ole, kun otetaan huomioon kuuntelutila, laitteisto sekä ihmisaivojen tapa käsitellä ääntä. Kaksi ominaisuuksiltaan hyvinkin erilaista ääniraitaa saattavat ihmiskorvaan kuulostaa aivan samalta, ja harjaantumaton korva ei välttämättä erota suuriakaan äänenlaadullisia eroja, joita pitäisi pystyä kuulemaan, olettaen että henkilöllä on normaali ja toimiva kuuloaisti.

Perimmäinen kysymykseni työssä on, mikä tekee äänestä laadukasta. Tähän kysymykseen vastaan enemmän teoriaosiossa, mutta siinä pystyn käsittelemään asiaa vain teoreettisella tasolla. Tämän vuoksi otan mukaan kuuntelutestin, jossa testihenkilöt kuulevat kolmea eri näytettä, television pakattua Dolby Digital -formaattia, DVD:n pakkaamattomampaa Dolby Digital -formaattia, sekä Blu-Ray:n Dolby True-HD -ääniraitaa, joka on pakattu ,mutta häviötön formaatti. Tämä tarkoittaa sitä että se purkaa pakkauksensa siten että lopullinen ääniraita on bitilleen sama kuin alkuperäinen ääniraita ennen pakkausta.

Äänen laadullisia tekijöitä on hankala kuuleman perusteella laittaa millekään asteikolle, tämä johtuu jokaisen ihmisen henkilökohtaisista kuuntelutottumuksista ja kuulosta. Tämän vuoksi lähestyn äänen laadullisuutta enemmän kuluttajälähtöisesti ja kysynkin kuulijoilta, mikä heidän mielestään sopii kotisohvalle parhaiten edellä mainituista formaateista.

Kuuntelutestin ideana onkin tutkia kuluttajälähtöisesti sitä, onko paremmaksi väitetty aina parempi ja onko rahan panostaminen äänentoistoon kotioloissa kannattavaa jos tarkoitus on vain satunnaisesti katsoa elokuvia esimerkiksi televisiosta. Otanta on pieni, mutta vastausten tarkoituksperiin paneudun sitäkin tarkemmin ja otan selvää, mikä äänessä muiden mielestä on sellainen asia joka sen saa kuulostamaan paremmalta kuin toinen.

2. KUULON TOIMINTA

Kuuleminen on aistimista. Mutta se mitä aistimme, ja miten, ei ole kaikille täysin selvää. Kuuleminen on yksinkertaisimmillaan esitettynä ilmanpaineen vaihtelun aistimista. Ääni kulkee pitkän matkan, ennen kuin päätyy korviimme, ja näin ollen pakkaamaton ääni alkaa olemaan nykypäivänä enemmänkin mainoslause, kuin todellisuus. Äänenlaatuun vaikuttavat monet tekijät, ennen kuin se edes tallennetaan toistoformaatile, ja aloitat kuuntelemisen. Tämän prosessin aikana ääni muuttuu, mutta muuttuuko se huonompaan suuntaan, riippuu aivan tämän työn tekijän ammattitaidosta, ja käytettävistä laitteista. Joskus täysin puhdas ääni on jopa huonompilaatuisemman kuuloinen korvaan kuin käsitelty. Tämä johtuu monesta seikasta, ja niiden ymmärtämiseksi meidän täytyy ensin käsittää, miten kuulo toimii.

2.1 Äänen muodostuminen

Kappaleen värähtely saa aikaan ilmamolekyylien vuoronperäisiä tihentymiä ja harventumia. Tämä tapahtuma aiheutuu pienistä paineenvaihteluista, joita esine saa aikaan liikkeellään. Tämä värähtely kulkeutuu ilmassa aaltojen tavoin, ja kulkeutuu siten eteenpäin. Tästä esimerkkinä triangeli, joka sitä lyömällä, värähtelee tietyllä nopeudella. (Korpinen 2005, hakupäivä 13.3.2012.)

Äänen nopeutta mitataan värähtelyinä sekunnissa, ja sen yksikkö on Hertsi(Hz), jonka kehitti 1800-luvulla elänyt luonnontieteilijä Heinrich Hertz. Yksi Hertsi, on ääniaalto jonka värähtelynopeus on kerran sekunnissa. Tuhat Hertsiä merkitään metrijärjestelmän mukaisesti 1KHz, eli Kiloherksi. Korkeammat äänet muodostuvat nopeammista aalloista, ja matalampien äänien aallot voivat olla hyvinkin hitaita. Ihmisen kuuloalue on normaalisti 16 – 20 000Hz, jonka alapuolella on infraääniä, ja yläpuolella ultraääniä. Nämä äänet ovat liian matalia tai korkeita korvilla kuultavaksi, mutta ihmiskeho voi rekisteröidä ja aistia helposti infraääniä esimerkiksi värähtelynä rintalastassa. Ultraäänit kuitenkin ovat liian korkeita ihmisen aistittaviksi.(Korpinen 2005, hakupäivä 13.3.2012; Wikipedia 2011, hakupäivä 20.3.2012.)

Äänellä on myös Amplitudi, eli värähtelylaajuus tai tutummin äänenvoimakkuus. Amplitudi mittaa värähtelyn voimaa sen nollassa maksimitasoon, jossa aalto alkaa laskea uudelleen. Helpointa asian käsittää ajattelemalla, että mittaisimme oikeata fyysistä aaltoa sen pohjalta harjalle. Amplitudin voimakkuus, on värähtelevän äänilähteen voimakkuus. Amplitudi, ja äänisignaalin vaihe, on joissain yhteyksissä ennen vanhaan sotkettu toisiinsa.(Korpinen 2005, hakupäivä 13.3.2012; Wikipedia 2011, hakupäivä 20.3.2012.)

2.2 Kuulo

Korvilla on suuri osa ääniaistimuksen muodostumisessa. Korvanlehdet, eli ulkokorva, toimivat kuin purjeet, ottaen vastaan ääntä, ohjaten sitä kohti korvakäytävää, ja sitä kautta tärykalvolle. Tärykalvo värähtelee siihen osuvien äänien mukaan, ja välittää tämän painenvaihtelun välikorvan kuuloluihin, jotka voimistavat tärykalvon värähtelyn ja johtavat äänen edelleen sisäkorvaan, ja siellä sijaitsevaan simpukkaan. Simpukassa sijaitsee nestettä, joka liikkuu värähtelyn mukaan. Sekä aistinsoluja, jotka nesteen liikkeestä ärtyessään, lähettävät hermoimpulsseja aivoihin kuulohermoa pitkin. Hermoimpulssit saapuvat seuraavaksi isoaivoihin, jossa on kuuloalue, missä ne tajutaan ääninä.

Ihmiskorva on erittäin tarkka kuulemaan äänen suunnan. Edessä ihmisen suuntakuulo toimii parhaiten, ja ihminen pystyy paikallistamaan äänilähteen suunnan n. 3:n asteen tarkkuudella. Pään takaa ihminen paikallistaa myös hyvin tarkasti äänen tulosuunnan, mutta ei yhtä tarkasti kuin edestä päin. Takaa äänen paikallistaminen on mahdollista n. 5,5:n asteen tarkkuudella, ja heikoiten ihminen havaitsee suoraan sivuilta tulevien äänten sunnan, jopa niin huonosti että sivuilla paikallistaminen on epävarmaa. Luonnollisessa tilassa äänilähteen paikallistaminen on lähtökohtaisesti tarkempaa kuin kaiutinkuuntelussa.(Aro 2006, 29.)

Äänen paikallistaminen johtuu omistamastamme stereoskooppisesta kuuloaistista, eli kahdesta korvasta jotka sijoittuvat pään molemmille puolille. Kumpikin korva siis aistii osaltaan ääntä, ja aivoissa näistä kahdesta lähteestä luodaan äänikuva. Korvien välillä vallitsevia suuntavihjeitä äänessä ovat muun muassa aikaerot, vaihe-erot ja

voimakkuuserot. Ihmisen kuuloaisti voidaan jakaa kolmeen havaintoavaruuteen, joista edessä ja takana sijaitsevaa tilaa kutsutaan frontaalitasoksi, ylhäällä ja alhaalla sijaitsevaa horisontaalitasoksi, ja mediaanitasoksi kutsutaan tilaa joka jakaa havaintoavaruuden oikeaan ja vasempaan puoliskoon.(Aro 2006, 30.)

Ihmisen kuuloaisti ei kuitenkaan ole pelkkää korvien tuottaman äänen analysointia. Aivot käsittelevät kuultua ääntä monilla muillakin tavoilla. Näitä asioita tutkii Psykoakustiikka.

2.3 Psykoakustiikka

Korvat ovat kuuloaistin fyysinen osa, mutta todellinen aistimus tapahtuu aivoissa. Aivojen tapaa aistia ja tulkita ääntä ja siihen liittyviä ilmiöitä tutkii Psykoakustiikka. Kuulohavaintojen tutkiminen on kuvaan verrattuna hankalaa. Silmät sulkemalla voi paeta kuvaa, mutta kuulo on aina läsnä vaikka korvat peittäisikin käsillään. Kuuloaistimuksella ei myöskään ole selkeää rajaa kuten esimerkiksi taulussa olevat kehukset tai näkökentän raja.(Korpinen & Koivumäki 2006, hakupäivä 14.3.2012.)

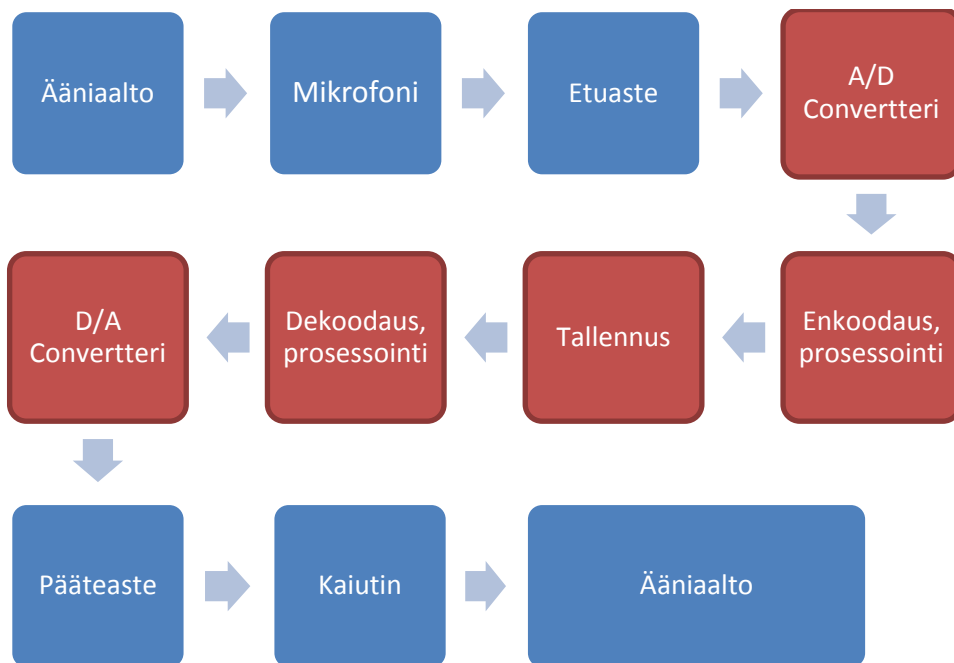
Havaintojen tekijä ja kohde eli objekti, nämä kaksi tekijää ovat aina mukana havaintotapahtumassa. Niitä voi olla myös enemmän, mutta nämä kaksi ovat aina osa sitä. Havainnot ovat välittömästi koettuja aistimuksia, joista ihmismieli tekee havaintoja. Moni ihminen voi kokea samoja aistimuksia, mutta jokainen havaitsee näistä aistimuksista eri asioita. Siinä missä silmän näkökyky ei toimisi ilman aivoja, ei myöskään korva kuulisi elleivät aivot osaisi tulkita näiden elinten aistimuksia. Ihmismieli pystyy myös tallettamaan nämä havainnot ja toistamaan niitä myöhemmin tarvittaessa. Muistikuvaan sisältyy sekä aistimus että sen johdannainen havainto, jonka vuoksi ihminen pystyy jälkikäteen kuvailemaan aistimuksiaan esimerkiksi piirtämällä.(Korpinen & Koivumäki 2006, hakupäivä 14.3.2012.)

Havaitseminen merkitsee sitä että jokin tunnustetaan joksikin. Jos emme tunnista asioita, olisi kaikki mitä ympärillämme kuulemme kaaosta, ja keino havaita ja tunnistaa asioita tekee siitä meille ymmärrettävän ympäristön. Tunnistamme kahvilassa kahvikupin kilinän tulevan kahvikupista, lusikasta ja lautasesta, ehkä jopa pöydästäkin.

Aivot kuitenkin pystyvät käsittelemään havaintoja vain sen pohjalta mitä henkilö on kokenut, joten esimerkiksi kulttuurien välillä on eroja miten erilaiset äänet käsitellään. Jos emme olisi ennen näitä ääniä kuulleet, emme osaisi niitä yhdistää näihin esineisiin. Tätä käytetään osana äänikerrontaa tavalla jossa asioilla on niille ominaiset äänet. Jos kuulemme auton äänen mutta näemme pyörän, se tuntuu se meistä väärältä yhdistelmältä.(Korpinen & Koivumäki 2006, hakupäivä 14.3.2012.)

3. DIGITAALINEN ÄÄNI

Digitaalisen äänen käsittelyssä on useita osa-alueita joista lopullinen ääni muodostuu. Näitä ovat mm. näytteenottotaajuus (sampling rate), resoluutio (bit depth), pakkausmetodi (codec/kodeekki) sekä bittivirta (bitrate). Näiden kaikkien osa-alueiden edellä on ollut kuitenkin jo analoginen signaaliketju. Kokonaisuudessaan pelkistettynä A/D D/A -signaaliketju on hyvin johdonmukainen.



Kuva 1. Kuvassa siniset laatikot tarkoittavat Analogista signaalia ja punaiset digitaalista signaalia.(Tolla 2012a)

Digitaalisessa äänenkäsittelyssä on kaksi selkeää etua analogiseen käsittelyyn verrattuna. Digitaalinen ääni on helppo käsitellä ja kopioida ja sen vuoksi sen levittäminen on helppoa tinkimättä laadusta. Toinen hyöty on, että hyvin varustellun järjestelmän avulla signaalin laatua voidaan parantaa selkeästi analogiseen verrattuna paremmin. Esimerkkinä voidaan ottaa pohjakohinan taso jota voidaan digitaalisesti laskea, sekä vaihevirheiden tasaus.(Maes & Vercammen 2001, 33.)

Digitaalisen äänen prosessointi vaatii tosin paljon laskentatehoa ja monimutkaisempia laitteita analogiseen ääneen verrattuna. Digitaalinen ääni vaatii myös enemmän lähetyslaitteistolta ollen hieman raskaampi formaatti. Tämä on kuitenkin melko pieni

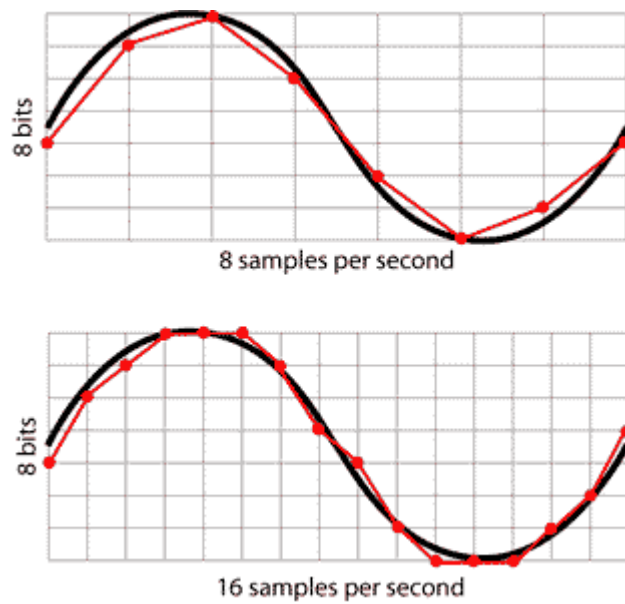
varjopuoli verrattuna saavutettuun hyötyyn signaalin laadussa. Kenties vaikein vaihe äänen prosessoinnissa käytettäessä sekä analogista ja digitaalista signaalia yhtä aikaa, on juurikin näiden kahden muodon välillä tapahtuvat muunnokset. Vaikka periaate saattaakin vaikuttaa yksinkertaiselta, on jännitteen vaihtelun muuntaminen tietokoneympäristöön sopivaksi dataksi ja siitä uudelleen kaiken käsittelyn jälkeen uudelleen muuntaminen kaiuttimille vietäväksi analogiseksi signaaliksi, erittäin monimutkainen prosessi. (Maes & Vercammen 2001, 33.)

A/D ja D/A konversioilla tarkoitetaan prosessia, jossa muunnetaan Analoginen signaali digitaalseksi (A/D) sekä Digitaalinen signaali Analogiseksi (D/A). Tämä tapahtuma on erittäin monimutkainen, ja siinä tapahtuukin useita pieniä laskutoimituksia ja mittauksia. Lyhyesti selitettynä analogista signaalia mitataan sen voimakkuuden vaihteluiden ja taajuuksien osalta halutuilla parametreilla.

3.1 Näytteenottotaajuus/Sampling rate

Näytteenottotaajuus on yksinkertaisuudessaan arvo, joka ilmaisee montako näytettä audiosignaalista otetaan sekunnissa. Tätä voi verrata valokuvien ottamiseen liikkuvasta kohteesta. Mitä nopeammin ja useammin kuvia ottaa, sitä tarkemmin liikkeen saa taltioitua. Äänenlaadullisesti on siis tärkeää että näytteitä otetaan paljon. Muistamme että Hz kertoo äänen värähtelyn nopeuden sekunnissa. Tämän suhteen onkin olemassa Nyquistin teoria, tunnetaan myös Shannonin teoriana, jonka mukaan näytteiden välinen intervalli pitäisi olla kaksinkertainen ihmisen kuuloalueeseen verrattuna. Tämän johdosta ihmisen korkeimman kuuleman äänen 20Khz nauhoittamiseen ja toistamiseen tarvittavalla laadulla, tarvitaan näytteitä 40 000/s. (Maes & Vercammen 2001, 37.)

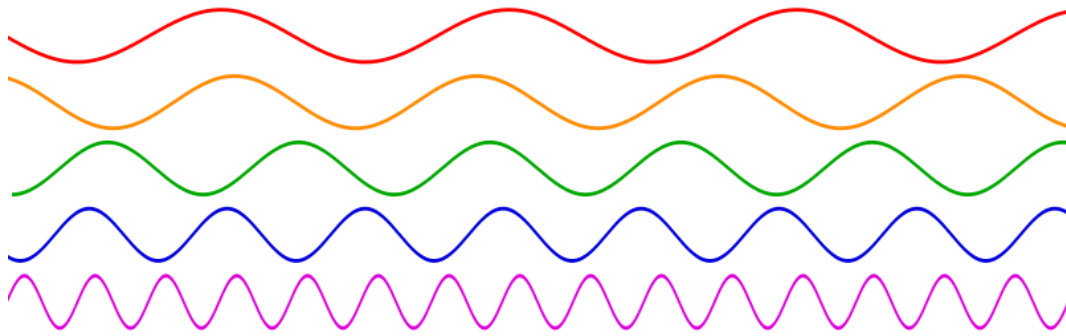
Jos näytteenottotaajuutta nostetaan ihmisen kuulokynnyksen yli, aina 192KHz asti, voidaan laskea että korkein saavutettu mahdollinen signaali jota voidaan nauhoittaa on 96KHz. Tällainen selkeästi moninkertaisesti ihmiskorvalle kuulumaton ääni on kuitenkin turha nauhoitetussa materiaalissa ja vie turhaan tilaa digitalisoituna. Tämän vuoksi käytetäänkin yleensä alipäästösuodinta (Low-Pass Filter) jonka avulla voidaan suodattaa ihmiskorvalle kuulumattomat liian korkeat äänen pois signaalista joko ennen nauhoitusta tai jälkeenpäin. (Maes & Vercammen 2001, 38.)



Kuva 2. Esimerkki näytteenottotaajuuden vaikutuksesta AD-muunnettuun signaaliin (Lavalley. Hakupäivä 13.3.2012)

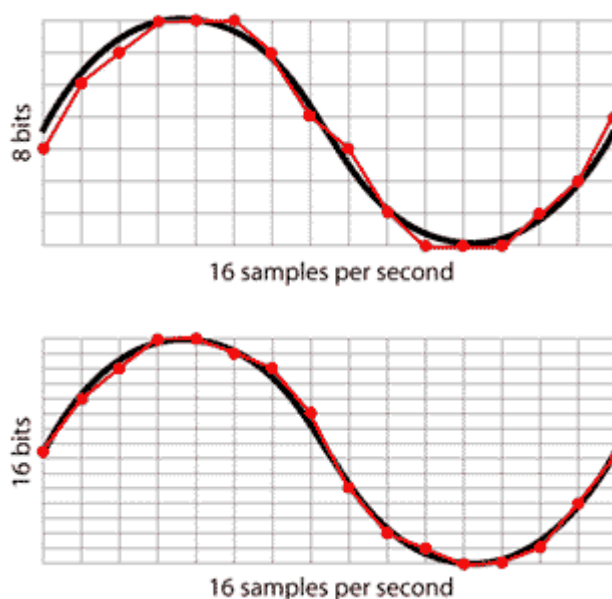
3.2 Bittisyvyys

Digitaalisen signaalin ymmärtämisessä olemme päässeet alkuun ymmärtämällä miten signaalista luetaan äänenkorkeus ja sen tarkkuuteen liittyvät komponentit. Äänellä on taajuuden lisäksi myös voima, amplitudi, jota yleisesti kutsumme äänenvoimakkuudeksi. Äänenvoimakkuutta mitataan äänen X- ja X+ -arvoilla joilla mitataan värähtelyn hiljaisinta ja voimakkainta osaa aallosta.(Maes & Vercammen 2001, 46-53.)



Kuva 3. Ääniaaltoja. Alemmat aallot ovat korkeampia kuin ylempänä olevat (Kief 2007. Hakupäivä 13.3.2012)

Äänen resoluutio ilmoitetaan bitteinä, jokaista otettua näytettä kohden on myös sen voimaa eli äänenvoimakkuutta vastaava arvo. Tämä arvo ilmoitetaan digitaalisessa maailmassa bitteinä, jotka ovat binäärimuodossa, joka tarkoittaa että numeron arvo voi olla vain joko 1 tai 0. Näitä bittejä voidaan yhdistää sanoiksi, ja 16bittinen sana sisältää 16 kappaletta numeroita joiden arvojen järjestystä muuttamalla saadaan sanalle yhteensä 65 536 eri merkitystä. Laskukaava on 2^{16} ja tätä lukemalla ymmärrämme, että CD:n tasoisen 16bit 44,1KHz tallenteen jokaiselle näytteelle on olemassa yhteensä 65 536 eri äänenvoimakkuusarvoa sekä 44 100 äänenkorkeusarvoa.(Maes & Vercammen 2001, 46-53; Wikipedia 2012a, hakupäivä 13.3.2012)



Kuva 4. Esimerkki siitä kuinka bittisyvyys vaikuttaa AD-muunnoksessa signaaliin (Lavalley. Hakupäivä 13.4.2012)

Koska edellä mainitut arvot ovat yhden kanavan mukaan laskettu. Näiden tietojen pohjalta voidaan myös laskea mahdollinen tarvittava bittivirta, mikäli oletetaan että ääntä ei pakata ollenkaan. Normaalilla CD -levyllä käytettävä näytteenottotaajuus on 44.1KHz ja kanavia on yleensä kaksi. Laskukaava on siis tässä tapauksessa $2^{16} \cdot 44 \cdot 100 \cdot 2 = 1\,411\,200 \text{ bit/s}$ tai yksinkertaisemmin pyöristettynä 1,4Mbit/s.

3.3 Äänen pakkaaminen

Äänen pakkaamiseen käytetään nykypäivänä paljon erilaisia algoritmeja, eli laskukaavoja. Opimme aiemmista kappaleista että digitaalinen ja analoginen signaali eivät ole yksi ja sama. Molemmilla on hyvät sekä huonot puolensa, ja nykypäivänä digitaalinen muoto tuntuu vieneen ainakin massavirtojen suhteen voiton.

Äänen tallennus luo prosessissa suuria määriä dataa. tämän datan säilömisen suhteen tuli jo aikaisessa vaiheessa selväksi että normaalin tietokoneen ohjelmistodatan ja äänen säilömisen välillä oli suuri ero. Asian suhteen tehtiin paljon työtä ja tarvittiin paljon kehitystä ennen kuin yhtään käyttökelpoista työkalua saatiin käyttöön. Yksi suurimmista saavutuksista oli kun Saksalaiset oppilaitokset Fraunhoferin Instituutti, sekä Elangenin Yliopisto, saivat valmiiksi 1987 aloitetun projektin, saaden aikaan voimakkaan algoritmin audio-datan pakkaamiseksi. Näin sai alkunsa Motion Picture Expert Groupin kehittämä standardisoitu datan koodaus perhe, MPEG.(Maes & Vercammen 2001, 304.)

Äänen pakkaamisessa on kaksi mahdollisuutta toteuttamiseen. On häviöllinen pakkaaminen, datareduktio, jossa signaalista hävitetään lopullisesti informaatiota ja sitä vastoin häviötön pakkaus, datakompressio, jossa signaali pystytään purkamaan samanlaisena kuin se oli ennen pakkausta informaation häviämättä. Häviöllisillä pakkausmetodeilla päästään tapauksesta riippuen 10:1 pakkaussuhteeseen ja parhaimmillaan jopa 200:1, äänenlaadun ollessa vielä kohtuullinen.(Aro 2006, 164.)

Dolby Digitalin, AC3, pakkaussuhde on 384kbps bittivirralla 10:1, ja suuremmalla 640kbps bittivirralla suhde on jo 12:1. 384kbps kaistalla saadaan kuitenkin jokaisen kanavan kaistanleveydeksi vain 18KHz, jonka vuoksi optimaalista olisi käyttää 448kbps bittivirtaa, jotta jokaisen kanavan kaistanleveys saataisiin optimaalisempaan 20KHz. Levyn lähdemateriaalin vaatimuksiksi on myös laitettava 32, 44,1 tai 48KHz näytteenottotaajuuudet ja korkeintaan 20bit resoluutio.(Aro 2006, 166-167.)

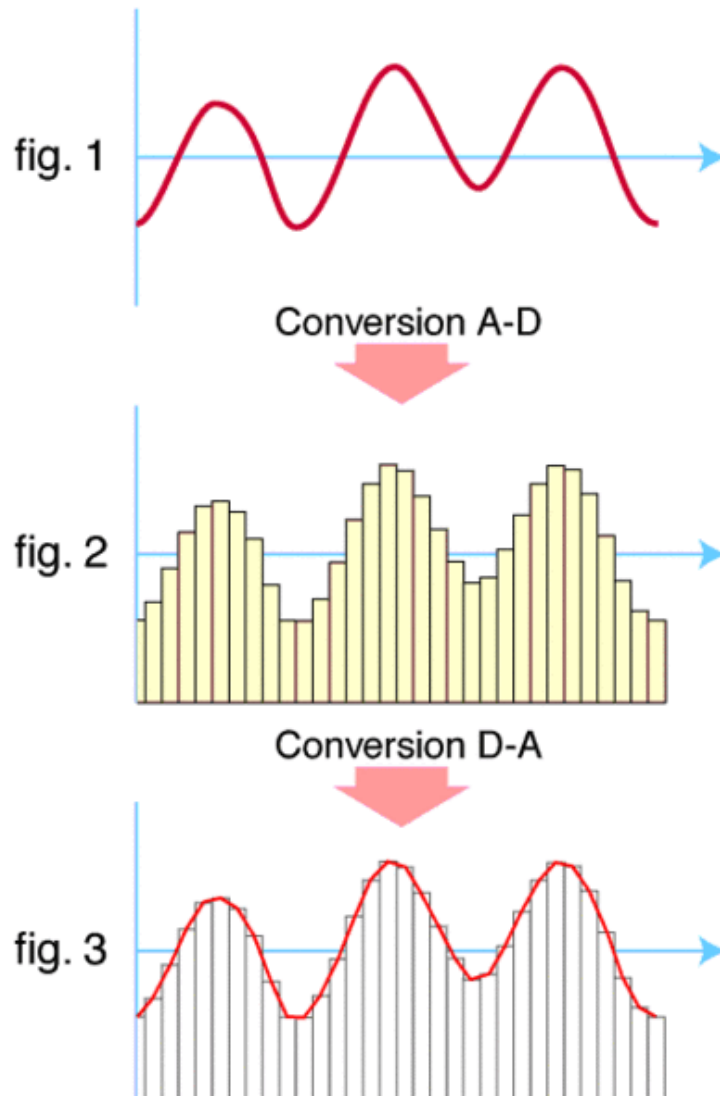
3.4 A/D- ja D/A-konversio

A/D ja D/A konversioilla tarkoitetaan prosessia, jossa muunnetaan Analoginen signaali digitaaliseksi(A/D) sekä Digitaalinen signaali Analogiseksi(D/A). Muunnoksessa analogista signaalia mitataan sen voimakkuuden ja taajuuksien osalta halutuilla parametreilla. Tämän jälkeen näytteet järjestetään peräkkäin ja näin saadaan digitaalinen audiosignaali. D/A-muunnoksessa tapahtuma toteutetaan toisinpäin. Haluttu audiotiedosto luetaan halutuilla parametreilla, jonka mukaan signaali muutetaan analogiseksi ja vahvistetaan pääteasteen kautta eteenpäin kaiuttimille.(Kivijalka. s. 70-77.)

Olen huomannut että nämä kaksi vaihetta signaaliketjussa ovat yksi tärkeimpiä osaluoteita nykypäiväisessä äänentoistossa. Näiden kahden vaiheen aikana voi tapahtua hyvin paljon häviötä huonolaatuisten algoritmien, komponenttien ja laskukaavojen johdosta. D/A -muunnoksessa on myös mahdollista nykypäivänä käyttää ns. ylinäytteistystä, joka tarkoittaa sitä että esimerkiksi 44.1 KHz 16bit musiikkikappale näytteistetään moninkertaisesti tarkemmin kuin se on alunperin tallennettu. Nykypäiväinen DAC(Digital to Analog Converter) pystyy ylinäytteistämään signaalia mahdollisesti jopa 196KHz 32bit tarkkuudella. Tällä pystytään esimerkiksi ehkäisemään digitaalisen signaalin häviötä sitä muutettaessa analogiseksi.

D/A -muunnin hoitaa myös virheenkorjauksen, jota tapahtuu esimerkiksi jos lähdemateriaalin tiedosto on korruptoitunut, siinä on tallennusvirheitä tai tallennusmedia on vioittunut. Jos digitaalisesta signaalissa esiintyy esimerkiksi optiselta levyiltä luettaessa virhe vaikkapa naarmun johdosta, D/A-muunnin interpoloi(engl. interpolation), laskien edellisen ehjän ja virhettä seuraavan näytteen yhteen. Näin

toistossa ei esiinny katkoksia, eikä tätä interpolointia edes usein erota.(Kivijalka s. 76-77.)



Kuva 5. Ylhäällä analoginen signaali, keskellä näytteistetty signaali, ja alhaalla näytteistetystä signaalista uudelleen analogiseksi muunnettu signaali (Megodenas 2006. Hakupäivä 13.3.2012)

4. ÄÄNENTOISTOLAITTEET

Äänen toistaminen on nykyään mahdollista miltei kaikkialla. Puhelimessasi on todennäköisesti mahdollisuus toistaa siihen tallennettua musiikkia, mutta omistat myös ehkä jonkun kannettavan mediatoistimen. Nämä tarjoavat helposti liikuteltavaa ääntä, mutta kun tarvitaan laadukasta äänentoistoa, jäävät nämä laitteet auttamatta jalkoihin järeiden vahvistimien, kaiuttimien ja mediatoistimien kanssa.

4.1 Soitin

Soittimella tarkoitetaan laitetta jolla luetaan haluttu äänilähde ja kuljetetaan se edelleen vahvistimelle. Soittimia on useita erilaisia, mp3 -soittimista Blu-Ray- sekä LP -soittimiin. Soittimia on niin analogisia äänilähteitä, kuten LP -levy, kuin myös digitaalisia, kuten mp3, DVD, Blu-Ray, tietokone jne. Soittimien väliset erot rajoittuvat digitaalipuolella tuettujen formaattien määrään, liitettävyyteen, kapasiteettiin sekä komponenttien laadullisiin eroavaisuuksiin. Analogiset formaatit, kuten VHS -nauha, ovat pikkuhiljaa jäämässä yhä harvemman harrastajan arsenaaliin. Näistä eriyvänä formaattina vinyyli, eli LP -levy. LP:lle julkaistaan edelleenkin vuosittain uusia albumeita.

4.2 Vahvistin

Vahvistin, tässä tapauksessa viritinvahvistin, on soittimen jälkeen seuraavana signaaliketjussa. Normaalin päätevahvistimen lisäksi viritinvahvistin sisältää etuvahvistimen, mahdollisesti radiovastaanottimen ja paljon liitäntöjä ulkoisille laitteille. Uusimmat viritinvahvistimet sisältävät nykyään myös AD/DA (Analog to Digital/Digital to Analog) -muuntimen, joka muuntaa vahvistimeen syötetyn digitaalisen datan analogiseksi signaaliksi päätevahvistimelle vahvistettavaksi, tai vaihtoehtoisesti analogisesta äänilähteestä tulevan signaalin eteenpäin ohjattavaksi digitaalisesti.

Etuvahvistimen tehtävänä on ottaa vastaan ja käsitellä signaali siinä määrin, että sen voi ohjata edelleen päätevahvistimelle. Etuvahvistin ei ole yksi laite, vaan siihen kuuluu yleensä useita eri komponentteja. AD/DA -muunnin on yksi osa etuvahvistimen toimintaa, samoin kuin äänen sävyn säätämiseen vaadittavat komponentit jotka säätävä äänen matalia ja korkeita taajuuksia ja niiden välistä suhdetta. Esivahvistimessa tapahtuu myös ns. formaatin purkaminen. Kaikki vahvistimet eivät tue kaikkia tiedostomuotoja, ja siksi niiden kanssa kannattaa olla selvillä siitä mitä tehdä, jotta yhteensopivuus olisi saumatonta.

Ääniformaattien purkaminen tapahtuu digitaalisesti, joka tarkoittaa että vahvistin suorittaa laskutoimituksia aivan kuin tietokonekin. Prosessi ei ole tietenkään tismalleen samanlainen, mutta periaate kylläkin. Tilannetta voisi verrata tietokoneen .rar ja .zip tiedostojen purkamiseen, jossa tiedosto on ääniformaatti ja esivahvistin purkuohjelma.

4.3 Kaiuttimet

Kaiuttimia on hyvin paljon erilaisia, ja ne kaikki kuulostavat erilaiselta johtuen niiden omanlaisesta rakenteestaan. Ammattikäytössä yleisin kaiutinmalli on dynaaminen kaiutin. Dynaaminen kaiutin rakentuu aina elementistä ja sile sovitetusta kotelosta ja elementtien välisistä jakosuotimista. Pelkkä elementti ei soi itsessään hyvin, koska elementin taka-aallot kiertävät etupuolelle vastavaiheessa ja kumoavat näin signaalia, sama toistuu myös toisin päin. Tämän vuoksi kotelointi on tärkeää ja tulisi aina toteuttaa jollakin tapaa.(Aro 2006, 252.)

Erilaisia kotelointimahdollisuuksia on esimerkiksi Suljettu kotelo, Bassorefleksikotelo, Transmissiolinja, Torvikaiutin, Kaistanpäästökotelo sekä Paineammiodiskantti. Yleisimmät kotelomallit koti- ja ammattikäytössä ovat suljettu ja bassorefleksi. Suljetun kotelon rakenne on nimensä mukaisesti suljettu, mutta bassorefleksikotelo on hieman erilainen. Bassorefleksikotelon ideana on hyödyntää bassoelementin koko liike-energia, lisäämällä koteloon refleksiputki, joka yhdessä kotelon resonanssin kanssa elementin taaksepäin suuntautuneen vastavaiheisen signaalin kanssa yhdistyy eteenpäin suuntautuvaan ääneen myötävaiheessa. Tällä tavoin saadaan matalampia taajuuksia

toistava kaiutin samalla kotelotilavuudella kuin mitä olisi suljetulla kotelolla mahdollista.(Aro 2006, 253.)

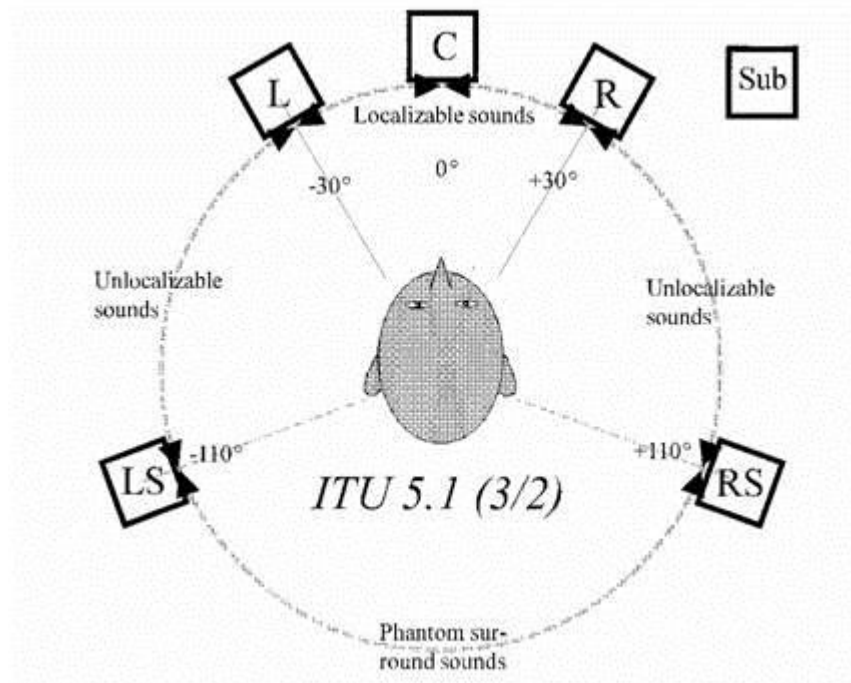
Subwoofer, eli subbari, on kaiutin jonka toistokaista on hyvin kapea verrattuna muihin kaiuttimiin. Sen toistokaista on kapea siksi että sen toistamat matalat taajuudet vaativat paljon energiaa toistukseen ja näin saadaan paras hyötysuhde kyseiselle kaiuttimelle. Subwooferin tehtävä on huolehtia pääkaiuttimille kohdistetun taajuuskaistan kaiuttimille epäedullisen matalista taajuuksista sekä pelkästään sille kohdistetusta 0.1 LFE -efektikanavasta. Subwooferit rakennetaan yleensä joko suljettuun koteloon tai bassorefleksikoteloon. Mahdollisuus on myös käyttää passiivisäteilijää, jonka toimintaperiaate on käyttää passiivista elementtiä joka toistaa pääelementin taaksepäin suuntautuvan liike-energian myötävaiheessa sen eteenpäin suuntautuvaan energiaan nähden ja näin vahvistaa sitä.(Holman 2008, 38; Laaksonen 2006, 250-254)

Kaiuttimet jaotellaan lisäksi vielä elementtien määrän mukaan. Kun puhutaan kaiuttimesta jossa on kaksi elementtiä, sanotaan sitä yleensä 2-tie kaiuttimeksi. Kolme elementtiä, ja kyseessä on 3-tie kaiutin ja niin edelleen. Kaiuttimia on myös sekä aktiivisia että passiivisia. Aktiivinen kaiutin on rakennettu siten että se sisältää jo oman vahvistimensa, ja passiivinen kaiutin puolestaan tarvitsee ulkoisen vahvistimen toimiakseen.(Laaksonen 2006, 255, 256.)

4.3.1 Kaiutinasettelu

Mono-kuuntelussa edessä on vain yksi kaiutin keskellä, stereokuuntelussa edessämme on kaksi kaiutinta. Monia muitakin kaiutinjärjestelmiä on toki olemassa, yksi yleisimmistä kotioiloissa käytetyistä on 5.1 asetelma. Tätä merkintää käytetään muissakin tapauksissa merkitsemään kaiuttimien määrää siten, että pisteen vasemmalla puolella on merkittynä pääkanavien määrä, ja oikealla puolella LFE -kanavien määrä. Olemassa on myös jopa niinkin suuria kuin 10.2 järjestelmiä, joissa LFE -kanava on toteutettu Stereo -mallisesti normaalin Monon sijaan. Näin monella eri audiokanavalla on jo tärkeätä äänen hyvän toiston kannalta asetella kaiuttimet oikein. 5.1 asetelua

varten on olemassa omat suosituksensa. Tämän standardin nimi on ITU-R BS 775. (Aro 2006, 108.)



Kuva 6. Esimerkki ITU-R BS 775 standardin mukaisesta kaiutinasettelusta (Angelo 2006. Hakupäivä 13.3.2012)

ITU-R BS 775 on kuitenkin vain suositus, koska mitään muutakaan standardia ei ole kehitetty. Tämä kyseinen asettelu toimii siten, että etummaisesta kanavasta ovat 30asteen kulmassa keskikaiuttimeen nähden, joka sijaitsee 0asteen kulmassa suoraan edessä kuvitellulla ympyrän muotoisella kehällä, jolle kaiuttimet sijoittuvat. Eteen kuuluu kolme kaiutinta, vasen(L), keski(C) ja oikea(R) ja taakse vuorostaan kaksi kanavaa, vasen takakanava(Ls) ja oikea takakanava(Rs). Takakanavien kulma kuulijaan nähden on 100-120astetta, pään takapuolella. Kuuntelija sijaitsee ympyrän keskipisteessä yhtä kaukana jokaisesta kaiuttimesta, jotka tulisi ideaalitulanteen mukaan asettaa korvan korkeudelle. (Aro 2006, 108, 109.)

LFE, eli 0.1 kanavan sijoittelussa käytetään eri kriteereitä kuin muiden kanavien. subwooferit rakennetaan yksilöllisiksi malleiksi ja kannattaakin tarkistaa onko kyseinen malli tarkoitettu seinän viereen, nurkkaan vai kenties keskelle huonetta. Tämä tosin on

vasta yksi vaihe joka ei joka tilassa edes onnistu tai toimi. Yksi keino on asettaa subwooferi kuuntelijan paikalle, ja etsiä kuuntelemalla ympäri huonetta, missä tuntuu että matalat äänet soivat puhtaimmin, tämän jälkeen subwoofer sijoitetaan tähän paikkaan.(Aro 2006, 108, 109.)

Myös Stereo -kuuntelulle on olemassa ohjeet, kuinka kaiuttimet tulisi asettaa kuuntelutilassa. Edullisimmaksi tavaksi asettaa kaiuttimet on todettu tasasivuinen kolmio, jossa kumpikin kaiutin ja ihminen muodostavat kulmat. Jokainen tasasivuinen kolmion kulma on aina 60astetta, joten kaiuttimet ovat siis suhteessa myös yhtä kaukana toisistaan kuin kuuntelijasta. Tämän sijoittelun tarkoituksena on saada kaikki musiikin ja audiomateriaalin osat sijoittumaan luonnollisesti keskelle ja ympäri äänikuvaa, aivan kuten ne studiossa on miksattu.(Aro 2006, 109.)

Kuulijan etäisyys kaiuttimesta vaikuttaa suuresti lopulliseen kuuntelukokemukseen. Kaksi perustapaa sijoitella kaiuttimet kuulijaan nähden on lähikenttä ja vapaakenttä. Kaiuttimen lähikentällä(engl. near field) tarkoitetaan äänilähteen välittömässä läheisyydessä olevaa aluetta, jonka sisällä suora ääni on voimakkaampi kuin huonekaiunta, kaikilla taajuuksilla. Lähikentän sisällä äänen voimakkuus muuttuu etäisyyden mukana pienistäkin liikkeistä ja sen sisällä eri taajuuksien suuntaavuus on selkeästi esillä.(Laaksonen 2006, 41.)

Lähikentästä liikuttaessa pois päin äänilähteestä, tulee vastaan äänilähteen vapaakenttä(engl. free field). Vapaakentässä ääni laskee tasaisesti 6dB etäisyyden kaksinkertaistuessa, samoin kuin ulkoilmassa. Tämä lasku jatkuu tasaisesti kunnes saavutetaan piste jossa ääni ei enää laske liikuttaessa pois päin, vaan huoneen jälkikaiunta ja alkuperäinen äänilähde ovat samansuuruisessa vaikutussuhteessa. Tämän etäisyyden nimitys on kriittinen etäisyys(engl. critical distance). Kriittistä etäisyyttä kauempana äänilähteestä huoneen jälkikaiunta on vallitsevampi kuin alkuperäinen ääni ja tätä aluetta kutsutaan kaukokentäksi eli diffuusi äänikentäksi(engl. far field).(Laaksonen 2006, 41.)

4.4 Tila

Vaikka äänentoistolaitteet mielletään usein pelkästään kaiuttimista, vahvistimista ja soittimista kootuksi yhdistelmäksi, unohtuu yleensä se että ääneen vaikuttaa myös tila jossa laitteet toimivat. Äänilähteen salliessa, ääni etenisi pallomaisesti kaikkiin suuntiin, mutta vain vapaassa tilassa. Kaikki äänen tielle osuva kuitenkin muuttaa sen äänen suuntaa ja voimakkuutta, ja eri taajuuksilla muutos on erilainen. Erot johtuvat eri aallonpituuksista, esteen rakenteesta ja sen massasta.(Laaksonen 2006, 14.)

Matalilla aallonpituuksilla aallon pituus voi olla niin pitkä, että se kiertää esteen ympäri. Matalat äänet eivät alkujaankaan ole yhtä suuntaavia kuin korkeat, ja ne etenevät lähtökohtaisesti pallomaisesti äänilähteestä jokaisen suuntaan. Korkeilla äänillä suuntaavuus kasvaa mitä korkeammaksi äänenkorkeus kasvaa. Se, miten paljon este vaikuttaa äänenkulkuun, johtuu esteen massan ja äänenkorkeuden suhteesta.(Laaksonen 2006, 14.)

Ääni vaimenee pelkästään jo liikkumalla ilmassa. Ilman hidastavaa voimaa kutsutaan Inertiaksi, ja se vaikuttaa eniten korkeisiin taajuuksiin niiden vaimeamman värähtelytason, eli Amplitudin johdosta. Tämän vaikutuksen kokee luonnossa helposti kaukaisten äänien kuulostaessa soinniltaan tummemmilta kuin läheltä kuullessa. Ilmiön nimi on ilma-absorptio ja etäisyysvaikutelman synnyssä sillä on suuri merkitys ja sitä käytetäänkin hyödyksi erilaisissa äänenkäsittelytilanteissa.(Laaksonen 2006, 14.)

Vaimentuminen tapahtuu, kun esteen massa on suhteessa suurempi kuin äänenkorkeus, ja sen pinta ei ole niin kova, että aiheuttaisi heijastumia. Pienempi massa vaimentaa vain korkeita taajuuksia ja matalien taajuuksien vaimentamiseksi tarvitaankin enemmän massaa. Ohuet akustiikkapaneelit auttavat siis vain korkeilla- ja keskitaajuuksilla ja matalat taajuudet menevät esteestä läpi ja heijastuvat takana olevasta seinästä tai pinnasta jolle paneelit on asetettu, esimerkiksi katosta.(Laaksonen 2006, 14.)

Äänen osuessa akustoimattoman tilan seinäpintaan, ääni heijastuu takaisin seinästä. Heijastunut ääni yhdistyy alkuperäiseen ääneen viiveenä joko vasta tai myötävaiheessa tai missä tahansa vaiheessa näiden kahden välillä. Vastavaiheisena heijaste vaimentaa alkuperäistä ääntä ja myötävaiheessa vahvistaa sitä.(Laaksonen 2006, 15.)

Jos tilan kahden vastakkaisen pinnan välimatka (korkeus, leveys tai pituus) on yksinkertaisessa kokonaislukusuhteessa äänen sisältämän tietyn taajuuden aallonpituuteen tai sen puolikkaaseen, syntyy huoneen akustiseen taajuussvasteeseen kyseisellä taajuudella ja sen kokonaislukukerrannaisille voimakkaita korostumia ja vaimentumia. Näitä vaimentumia ja korostumia kutsutaan huoneen moodeiksi, eli huoneresonanssiksi.(Laaksonen 2006, 15.)

Nämä edellä mainitut resonanssit esiintyvät vain tietyissä kohdissa tilaa. Toinen nimitys tälle ilmiölle on seisova aalto (engl. standing wave). Samansuuntaiset vastakkaiset seinät, tai katto ja lattia, jotka ovat kovapintaista ja massiivista rakennetta aiheuttavat välilleen parhaiten seisovia aaltoja. Näiden kahden pinnan välissä kulkevat toisiinsa nähden suorat aallot ovat aina jollain kohtaa huonetta ,äänenkorkeudesta riippuean, samassa vaiheessa. Siinä missä tässä kyseisessä kohdassa äänet voimistavat toisiaan, löytyy huoneesta myös piste jossa äänet vastaavasti vastavaiheisena heikentävät toistensa sointia.(Laaksonen 2006, 15.)

Kun pintojen välimatka on puolet heijastuvan taajuuden aallonpituudesta, seisova aalto ilmenee huoneen keskellä voimakkaana vaimentumana joka voi olla jopa kymmeniä desibelejä. Kun aallonpituus on täysin sama kuin pintojen välimatka, ilmenee huoneessa kaksi vaimentumaa ja vastaavasti kolme korostumaa. Jokaisen äänenkorkeuden kerrannainen tuottaa omat moodinsa, jonka jälkeen vaimentumien ja korostumien määrä ja tiheys on niin suuri, että yksittäisten moodien paikallistaminen vaikeutuu. Moodien paikallistaminen on helpointa matalilla taajuuksilla.(Laaksonen 2006, 15, 16.)

4.4.1 Tilan akustointi

Puhuttaessa tilan akustoinnista, tarkoitetaan huoneen moodien ja jälkikaiun neutralisointia sellaiseksi, että äänet huoneessa pysyisivät luonnollisina eivätkä värittyisi tilan mukaan. Tätä käytetään nauhoitustiloissa, tarkkailu- ja miksaustiloissa sekä kotona. Akustointia voidaan käyttää myös toisin päin, eli yrittää saada tila soimaan paremmin ja elävämmin, joskus erottelevammin. Jälkimmäinen käytötapa on käytössä

konserttisaleissa, ja ensimmäistä käyttötapaa löytyy niin julkisista tiloista ja kotoa, kuin huippuluokan studioistakin.(Aro 2006, 13-19.)

5. DIGITAALISET ÄÄNIFORMAATIT

Ääniformaatteja on kymmeniä, niitä on aikojen saatossa pikkuhiljaa jäänyt unholaan monia, ja osalle olisi jopa vielä mahdollisesti käyttöä nykypäivänä. Ääniformaattien määrälle on syynsä. Erilaisissa tapauksissa jossa ääntä toistetaan, voi olla hankala tasapainotella laadun, tilan ja nopeuden kanssa. Tästä hyvänä esimerkkinä on internetin yleistyneisyys äänimateriaalin levityksessä. Äänimateriaalia voidaan levittää joko yksinään erillisenä äänitiedostona, tai sitten vaihtoehtoisesti kuvan kanssa. Internetissä iso osa materiaalia on pakattua ääntä, mutta pakkaamattomankin musiikin kysyntä on kasvamaan päin. Täytyy kuitenkin muistaa, että pakkaamattomalla musiikilla tarkoitetaan CD -tasoista musiikkia pääasiassa, joka on huonolaatuisempaa kuin normaali DVD -elokuvan ääniraita.

5.1 Ääniformaatit ja musiikki

Koska nykypäivänä käytetyin fyysinen äänentallennusmedia on CD, on sen spesifikaatiosta tullut standardi nykypäiväiselle musiikin tallentamiselle. 16-bittistä PCM -enkoodattua ääntä 44.1KHz näytteenototaajuudella mahtuu yhdelle CD -levylle 80min, joka on standardisoitu Sonyn toimesta. Syyksi tälle spesifikaatiolle kerrottiin että se mahdollistaa Beethovenin Yhdeksännen Sinfonian tallentamisen yhdelle levylle.(Wikipedia 2012b, hakupäivä 13.3.2012.)

CD-tasoista ääntä parempaa laatua harvemmin löytyy kuluttajilta hyllystä, mutta alan harrastajille on tarjolla SA-CD formaatti, jonka näytteenototaajuus on megalomaaniset 64 kertaa suurempi kuin CD:n 44.1KHz. SA-CD vaatii omanlaisensa soittimen, ja sitä tukevia editointiohjelmia on edelleenkin hyvin vähän, tästä syystä formaatti ei kaikei ole siis lyönyt itseään lävitse kuin harrastajapiireissä. (Maes & Vercammen 2001, 283,284.)

Myös DVD-Audio on korkealaatuisempaa kuin CD:n ääni, ja sille voidaan tallentaa jopa 5.1 konfiguraatiolla 96KHz näytteenototaajuudella 24bit PCM ääntä. DVD-Audion huono puoli on, että se ei välttämättä ole taaksepäin yhteensopiva normaalien DVD -soittimien kanssa. Tähänkin on mahdollista saada ratkaisu sillä että levylle

tallennetaan ääni myös Video-DVD:n käyttämällä formaatilla, kuten Dolby Digital. (Maes & Vercammen 2001, 299-303.)

5.2 Ääniformaatit ja internet

Internetin kautta on nykypäivänä helppo hankkia musiikkia, elokuvia ja sarjoja suoraan omalle tietokoneelle. Nykypäivän teknologialla tämän sisällön siirtäminen eteenpäin kodin viihdekeskukseen ei ole myöskään mikään ongelma, kiitos esimerkiksi HDMI -liitännän jonka kautta sekä teräväpiirto-kuva ja HD -ääniformaatit kulkevat koneelta A/V -vahvistimelle ja siitä eteenpäin televisioon ja kaiuttimille. Erilaisia toisto-ohjelmia löytyy myös paljon ilmaiseksi internetistä, joilla joskus hieman harvinaisempienkin tiedostomuotojen toistaminen onnistuu ongelmitta.

Internetin kautta voidaan myös streamata, eli reaaliaikaisesti toistaa videota. Tällaista maksullista palvelua tarjoaa esimerkiksi suomalainen DiscShop.fi sivusto. Sivuston kautta voi maksua vastaan ostaa elokuvan joka sitten näkyy oman koneen kautta. Laadullisesti tämä asettaa tietenkin rajoitteita internet-yhteyden nopeuden puolesta. Täyttä DVD -laatua tuskin on odotettavissa, ja HD -äänet voi unohtaa miltei käytössä edes teoriassa. Silti kyseessä on hyvinkin mielestäni kehityskelpoinen idea, ja tätä tapaa on käyttänyt myös esimerkiksi ruotsalainen yritys Voddler.

5.3 Ääniformaatit ja televisio

Suomessa vuodesta 2007 lähtien on voinut vastaanottaa kotiinsa televisiolähetyksiä vain digitaalisessa muodossa. Digitaalisen ja analogisen signaalin erot ja hyödyt olemme käyneet läpi jo työn aikaisemmissa luvuissa joten niihin en tässä tapauksessa syvenny tarkemmin. Sen sijaan keskityn tarkemmin nykypäiväsen digitaalisen televisiolähetyksen laatuun, ja sitä tarkemmin äänen laatuun.

Digital Video Broadcasting (DVB) on joukko avoimia standardeja osana digitaalista tiedotonsiirtoa. Yhteistyötä johtaa Digital Video Broadcasting Project. Yhtymään kuuluu yli 35 maasta suurin piirtein 250 eri laitevalmistajaa, verkkoyhtiötä ja muita alan

yrietyksiä. DVB palveluja on tarjolla kaikkialla maailmassa ja sen käyttäjäkunta kattaa yli 500 miljoonaa laitetta.(Digital Video Broadcasting Project 2003. Hakupäivä 14.13.2012.)

Euroopan sisällä sekä japanissa on käytössä maanpäällisissä televisiolähetyksissä (DVB-T, digital audio broadcasting terrestrial) MPEG-1 ja MPEG-2 BC pakkausmuodot. MPEG-1 on mono- ja stereoäänen lähettämiseen käytetty formaatti. MPEG-2 BC käytetään monikanavaäänellä, ja se on taaksepäin yhteensopiva MPEG-1 kanssa, joten monikanavaääntä tukemattomat soittimet osaavat downmiksata monikanavaisen äänen mono- tai stereoversioksi.(Aro 2006, 172.)

MPEG-2 BC:n mukana on mahdollista lähettää esimerkiksi Dolby Digital - monikanavaääntä. Monikanavainen 5.1 Dolby Digital ääni tarvitsee siirtokaistaa vähintään 384kbit/s. Yhden digitaalitelevision multipleksin kokonaisdatakaistan nopeus on 22Mbit/s ja tämä kaista jaetaan kaikkien multipleksin kanavien kesken. Suhteet kanavien välillä vaihtelevat sillä hetkellä lähetettävien ohjelmien mukaan.(Aro 2006, 172.)

Kaapeliverkon standardi on DVB-C (digital video broadcasting cable), ja se käyttää pakkausmuotona MPEG-2 sekä MPEG-4.

5.4 Ääniformaatti, DVD ja Blu-Ray

Dolby Digital ja DTS ovat DVD -maailman yleisimmät käytetyt monikanavaformaattit. Näiden kahden formaatin lisäksi käytössä on laajennukset useammalle kaiuttimelle ja esimerkiksi mahdollisuus purkaa Stereo-signaali 5.1 -materiaaliksi Dolby Pro Logic-codecilla. Dolby Digital on häviöllinen pakkausmuoto, ja sen pakkaussuhde on melko huima nykypäivän HD -kodekkeihin verrattuna. Dolby Digitalin korkein mahdollinen datarate DVD -levyllä on 448 kbit/s, kun taas DTS-HD Master Audion korkein arvo Blu-Raylla on 24,5Mb/s.(Dolby Laboratories 2012a, hakupäivä 13.3.2012; Dolby Laboratories 2012b, Hakupäivä 13.3.2012.)

Suurin ero Dolby Laboratoriesin ja Digital Theater Soundin (DTS) välillä on niiden käyttämät pakkausmetodit ääniformaateissa. Dolbyn pakkaus on häviöllisempää, ja yksi sen keinoista on poistaa äänisignaalista sellaisia kohtia, jotka ihmiskorva olisi jättänyt aistimatta tai olisi aistinut heikommin. Tällaisia psykoakustisia ilmiöitä on esimerkiksi peittoilmiö, jossa ihmisen kuulo ei havaitse voimakkaan äänen kohdalla sitä ennen tai sen jälkeen kuuluvia hiljaisempia ääniä. DTS pyrki taas jättämään signaaliin mahdollisimman paljon alkuperäistä ja tämän johdosta se myös vei paljon enemmän tilaa pienemmän pakkaussuhteen myötä. (Dolby Laboratories 2012, hakupäivä 13.3.2012; DTS 2012, hakupäivä 13.3.2012; Aro 2006, 25.)

Dolby TrueHD ja DTS-HD Master Audio ovat nykypäivää jo monessa kotitaloudessa. Tämä siis totta ainakin periaatteessa, sillä vaikka nämä formaatit BD:ltä löytyvätkin, ei niistä ole paljoakaan hyötyä jos niitä ei pystytä toistamaan. Kuten aiemmin huomasimme 4. luvussa, tarvitaan kotiin myös näitä ääniformaatteja purkava viritinvahvistin tai Blu-Ray soitin. Vaikka vahvistimesi ei tukisikaan HD-kodekkeja, voi soittimesi mahdollisesti osata purkaa sen vahvistimellesi sopivaan formaattiin.

DTS-HD Master Audio sisältää nimittäin 1,5Mb/s DTS -formaatin ytimen, jonka voi toistaa Blu-Ray levyiltä normaalin DTS -raidan tapaan. Dolby TrueHD sisältää myös Dolby Digital -ytimen, jonka bitrate on 640Kb/s, mutta osa esimerkiksi Samsungin soittimista osaa purkaa Dolby TrueHD:n LPCM ääneksi ja uudelleen pakata sen DTS 1,5Mb/s -formaattiin vahvistimelle vietäväksi. (DTS 2012a, hakupäivä 13.3.2012; DTS 2012b, hakupäivä 13.3.2012.)

6. KUUNTELUTESTIN VALMISTELUT

Kuuntelutestin järjestäminen vaatii tarkkaa suunnittelua jotta tuloksia syntyy juuri siihen kategoriaan jota haluat tutkia. Omaan testiini sain idean HiFi-Lehden numerosta 01/2010 jossa kuuntelijat yrittivät erottaa erilaatuisesti pakatuista musiikkiedostoista, niiden alkuperää tietämättä, eroja ja näin laittaa ne laadun mukaan järjestykseen (Mikael Nederström 2010, 63-65). Vaikka oma testini eroaa tästä asetelmasta siinä määrin että kuuntelijat tietävät mitä näytettä kuuntelevat, pyydän heitä silti arvioimaan näytteet omien kuuntelutottumuksien mukaan paremmuusjärjestykseen.

Kuuntelumateriaalin valinta tuotti minulle ongelmia. DVD -julkaisuja sekä Blu-Ray -julkaisuja löytyy samoista elokuvista, mutta koska yksi lähde oli digitelevisiolähetys, jouduin etsimään elokuvan joka tulisi televisiosta, löytyisi DVD:nä ja sen Blu-Ray -julkaisu sisältäisi HD -ääniraidan. Aikataulut ja television elokuvatarjonta jättivät minulle vaihtoehdoksi Kung Fu Panda nimisen animaation.

Tässä kohtaa kohtasin erään tosi asian jota en ollut aiemmin tullut ajatelleeksi, nimittäin sitä että jokaisesta Blu-Ray:lle julkaistusta elokuvasta ei välttämättä ole olemassa HD -ääniraitaa. Osa saattaa edelleen sisältää DVD -julkaisuista tutun Dolby Digital-, DTS- tai PCM -ääniraidan. Löysin myös elokuvista monia eri julkaisuja joissa ääniraidat erosivat toisistaan. Siinä missä yhdellä levyllä oli DTS-HD Master Audio ja Dolby TrueHD, ei toiselta löytynyt välttämättä kumpaakaan tai vain toinen. Hetken jo meinasin menettää toivoni, mutta pelastus löytyi CDON.com verkkokaupan valikoimasta josta löytyi Kung Fu Panda elokuvasta sekä DVD -julkaisu, että Blu-Ray-. Onnekseni elokuva oli myös alkuperäisellä ääniraidalla televisioitu eikä dubattu. Myös tämä kieli-ongelma meinasi vesittää levyhankintani. Päädyin käyttämään Dolby Laboratoriesin pakkauskodekkeja koska halusin vertailla yhden tuoteperheen eri laatuista lopputuotteita.

6.1 Laitteiston testaus

Levyjen saavuttua pääsin tutustumaan HD -ääniin itsekkin ensimmäistä kertaa, pidättäydyin kuitenkin katsomasta testipätkää ennen itse testitulannetta, mutta yritin

päästä sisälle siihen mitä uudet ääniformaatit toivat tullessaan. Vanha ja hyväksi todettu ääniraita löytyi Pelastakaa Sotamies Ryanin jo DVD -julkaisulta, joten odotukset olivat korkeat Blu-Rayn kolahtaessa soittimeen laitteiston testausvaiheessa.

Kuuntelin eri ääniraitoja levytä yrittäen etsiä eroavaisuuksia, ja välillä niitä tuntui löytyvänkin, erityisesti alkukohtauksessa rannalla tuntui kuin olisi ollut taas askeleen lähempänä tapahtumia. Tilavaikutelma laajeni, mahdollisesti suuremman bittivirran johdosta, sillä näytteenottotaajuus oli elokuvassa edelleen 48KHz. Kokeilin eri kaiutinkokoonpanoja, ja huomasin saavani parhaan hyödyn monikanavatoistossa 5.1 konfiguraatiolla, verrattuna DVD:n ääniraitaan.

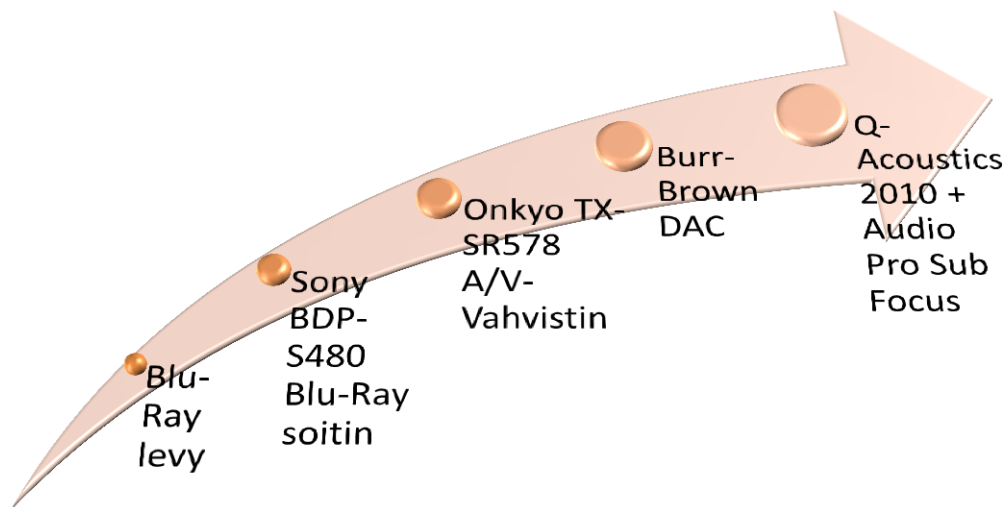
Laitteisto oli testattu toimivaksi, olin tutustunut hieman HD -äänien maailmaan ja aloin olla valmis testiin. Päädyin pitkällisen harkinnan jälkeen olemaan asettamassa ääninäytteitä laadullisesti tiettyyn järjestykseen kysymyksenasettelussa. Koska jo tieto siitä, että jokin näyte on markkinoitu parempana, vaikuttaa kuuntelijan päätöksiin. Tämän johdosta jo se että kuulija tietää mikä näyte milloinkin soi, oli tarpeeksi.(Aro 2006, 101.)

7. KUUNTELUTESTI

Kuuntelutestin tuloksen lukemiseen vaikuttaa ennen kaikkea testihenkilön tausta. Mikäli kyseessä on kokenut kuuntelija, joka osaa erottaa normaalia paremmin erot ääninäytteiden välillä, sekä pystyy kuvailemaan kuulemaansa tarkemmin, on hänen kohdallaan helppo lukea tuloksia. Toinen vaihtoehto on että kuuntelija ei ole ollenkaan perillä edes siitä, mitä hänen pitäisi huomata eri näytteiden välillä. Myös kysymyksen asettelu voi vaikuttaa lopputulokseen.(Aro 2006, 28.)

7.1 Kuuntelutestin laitteisto ja materiaali

Kuuntelutestin laitteisto on kuluttajahintaista ja -tasoista. Vahvistimena toimii Onkyo TX-SR57 7.1 viritinvahvistin jonka tehot ovat 160W/kanava 6ohm vastuksella 1KHz siniaaltosignaali, sekä sen sisältämä Burr-Brownin valmistama DAC (192 kHz/24-Bit, PCM1690), Sony BDP-S480 Blu-Ray soitin on toistovälineenä DVD ja Blu-Ray materiaalille, Q-Acoustics 2010 (2-tie bassorefleksikotelo, 68Hz - 22kHz +/- 3dB toistoalue, 6ohm) malliset kaiuttimet toimittavat etukanavien virkaa, LFE -kanavan ja etukaiuttimille liian matalien taajuuksien toistosta huolehtii aktiivisubwoofer Audio Pro:n Sub Focus (23-100Hz taajuuskaista, 400W päätevahvistin, 10” kaiutinelementti) ja kaiutinkaapeleina on metritavarana ostettua keskilaadukasta kaapelia HiFi -liikkeestä. Blu-Ray soitin ja vahvistin on ovat kytkettyinä Argonin laadukkaalla 1.4a sertifikaatin HDMI-kaapelilla mahdollisen äänenlaadullisen häviön ehkäisemiseksi. Sähköliitäntä kaikille laitteille on samaan omalla vikavirtasuojalla varustettuun virranjakajaan joka on suojamaadoitetussa pistorasiassa.



Kuva 7. Käytettävissä oleva signaalitie. (Tolla 2012b)

Materiaalina käytän kolmeen eri formaattiin tallennettua elokuvaa Kung Fu Panda. IPTV -verkon kautta tallennettu MPEG-2 -formaatin ääniraita on Dolby Digital AC-3 muodossa vaihtelevalla bittivirralla, kanavan katsominen vie Soneran kotisivujen mukaan n. 8Mbit/s joka sisältää sekä kuvan että äänen. Tallenne sisältää vain kaksi kanavaa, oikea ja vasen. Tämän johdosta myös DVD:n ja Blu-Ray:n ääniraidat on laskettu oikeaan ja vasempaan, mutta otamme hyödyn kuitenkin LFE -kanavasta. Tähän tietenkin poikkeuksena se että vahvistin koodaa 2.0 signaalista 2.1 jakamalla pääkaiuttimien taajuuskaistan sopivasta kohtaa.

DVD:n kohdalla käytämme Dolby Digital 5.1 384/448kbps konfiguraatiota 2.1 moodissa jossa oletettavasti huomamme äänenlaadullisen eron jo pelkästään erityisen LFE -kanavan myötä. Blu-Raylla meillä onkin jo häviötön pakkausmuoto Dolby True HD maksimissaan 18Mb/s siirtonopeudella, sekä mahdollisesti vertailukohtaksi Dolby Digital 640kbps. Dolby True HD:n rampautamme kanavien myötä aivan kuten aikaisemminkin 2.1 konfiguraatioon.

Testiä varten suoritettiin myös mittamikrofonin ja vahvistimen Audyssey -ekvalisaatio ohjelman avulla huoneen vasteen mittausta, ja vahvistin laski jokaiselle kanavalle ja sitä

toistavalle kaiuttimelle optimaalisimmat toistospesifikaatiot. Audyssey mittasi kaiuttimien etäisyyden kuuntelupisteestä ja näin ollen laski viiveet jota kaiuttimien kesken täytyisi asetta jotta huoneen omat korostumat ja mahdolliset vaihevirheet sekä kulkuaikavirheet saatiin korjattua. Ohjelma laski myös kaiuttimille low-cut tason, jota matalammat äänet toistettaisiin Subwooferin kautta LFE-kanavan lisäksi. Vahvistin teki korviin kuultavaa parannusta kalibroimattomaan tilanteeseen nähden ja päätin käyttää ko. asetusta kuuntelutestissä muutaman testipätkän katsottuani.

Tässä tuli erittäin hyvin selväksi se, kuinka paljon huone vaikuttaa äänentoistossa. Kuuntelutilaksi valitsin pääasiassa järjestelystä oman olohuoneeni, johon olen onneksi kihlattuni suostumuksella päässyt sijoittamaan kaiuttimet jalustoille, eikä esimerkiksi suoraan TV-tasolle. Tila on oikealta puolelta auki keittiöön ja eteiseen koko sivultan ja vasemmalla on kiviseinä. Ei siis mikään studioympäristä, eikä harmi kyllä akustoitukaan millään. Silti, testin tarkoitus on tutkia kotiympäristössä kuultavia eroja, joten normaali olohuone palvelee tarkoitusta paremmin kuin erillinen elokuvahuone tai studiotila.

Testipätkä on elokuvan ensimmäisen puolen tunnin kohdalle sijoittuva kohtaus, jossa valtavassa luolassa on sen pohjalla kahleissa vaarallinen Tai Lung. Elokuvan tyyli on animaatio, ja hahmot ovat kaikki eläimiä. Tämän huomasin vaikuttavan äänimaailman valtavasti, jo pelkästään repliikkien ääninäyttelyn osalta. Tai Lung on elokuvassa kissa, joka heti kohtauksen alussa rikkoo kahleensa ja alkaa taistelemaan tietään luolaston pohjalta takaisin maanpinnalle.

Kohtauksen muut henkilöt ovat vartijoita, sarvikuonoja. Valitsin juuri tämän kohtauksen, koska erikoinen tila ja erikoiset äänet kaikkine räjähdyksineen, tömähdyksineen, kolinoineen ja repliikkeineen saattaa kuulostaa hyvinkin erilaiselta kuin normaalin toimintaelokuvan kohtaus. Olin myös tyytyväinen että valitsin animaation, jossa äänisuunnittelijalla on enemmän valtaa päättää miltä jokin tietty ääni kuulostaa.

7.2 Kuuntelutesti

Toteutin kuuntelutestin edellämainituilla laitteistoilla ja materiaaleilla henkilöille jotka halusivat auttaa minua työni kanssa. Otanta ei ollut lukumääräisesti laaja, mutta sitäkin tarkemmin pyrin jokaisen kohdalla kysymään usein perus kysymyksiä kuten miksi, miten ja mitä. Testitilanne oli aikatauluista johtuen jokaiselle yksityinen, mutta pyrin pitämään olosuhteet mahdollisimman samanlaisina. Hyvänä tekijänä pidän sitä seikkaa, että jokainen henkilö työskentelee päivittäin eri alalla. Myös se, että testihenkilöt edustavat eri ikäisiä ja sukupuolisia henkilöitä 21 ja 30 ikävuoden välillä on mielestäni hyvä asia. Hyväksi ikähaarukan tekee se, että kyseessä kuitenkin on lähtökohtaisesti henkilöitä joiden kuuloaisti ei ole vielä iän myötä päässyt heikentymään, vaan he ovat jossain määrin samalla lähtöviivalla.

Tavoitteenani oli tutkia normaalin kuluttajan kuunteluhavaintoja ja testiryhmästä vain yhdellä on alan koulutusta ja työkokemusta minun lisäksi. Itseäni en laske testiryhmään vaikka kokeen myös suoritin, pyrin vain omilla havainnoillani keskustelemaan muiden henkilöiden tulosten kanssa. Mielestäni en olisi voinut testiiä omalta osaltani jättää tekemättä, tai sen tekemättä jättäminen olisi ollut tulkinnan kannalta haitallinen tekijä.

7.2.1 Testihenkilö 1

Ensimmäisenä kuuntelutestin suoritti vuonna 1986 syntynyt neljännen vuoden valmistuva Medianomiopiskelija, musiikin harrastaja sekä Äänituotantoon erikoistunut miespuolinen henkilö. Jos testiin lähdetessä hänellä oli oletamus TV:n ja DVD:n laadullisten erojen kuulumisesta, mutta häntä mietitytti osaisiko hän erottaa DVD:n ja Blu-Rayn välillä eroja koska ei ollut koskaan aiemmin Blu-Raylta kotiteatteriympäristössä elokuvaa katsonut.

DVD:n ääniraita, jota käytämme testissä vertailukohtana sen ollessa laadullisesti näytteiden keskikastissa, tuntui kuuntelijan mielestä mukavalta kuunnella. Verrattuna televisio-näytteeseen oli IPTV:n ääniraita selkeästi dynamiikaltaan suppeampi, sekä sen erottelevuus erityisesti dialogeissa ja matalien äänien toistossa selkeästi heikompi. Myös kaikkein korkeimpien äänien toistossa tunti DVD vievän voiton selkeydellään.

DVD:n ja Blu-Rayn kohdalla oli hieman hankalampi löytää eroja. Dolby True HD tuntui kuitenkin esiintyvän edukseen erityisesti korkeilla taajuuksilla ja erottelevalla sekä kirkkaalla toistollaan. Huomioitavaa oli, että vaikka jo DVD:n tekniikkakin sen sallisi, ei yksikään ääniraita ollut näytteenottotaajuudeltaan korkeampi kuin 48KHz. Matalien taajuuksien toistossa ei henkilön mukaan ollut eroja kuin televisionäytteen kanssa, josta ne tuntuivat puuttuvan muihin verrattuna melko huomattavasti.

Kysyttäessä mikä olisi hänen valintansa formaatiksi jolla elokuvan katsoisi kotonaan, vastaus oli Blu-Ray.

7.2.2 Testihenkilö 2

Toiseksi testipenkkiin istuuntui 1981 syntynyt automaattiosorvaaja, jolla musiikkillista taustaa nuoruusvuosista lähtien soittamisen puolelta, mutta ei teknilliseltä osalta. Innokkaana musiikin kuuntelijana, mutte ei hifistinä, istuuntui testihenkilö sohvalle melko avoimin mielin odottamaan mitä tulevan piti.

Television testipätkän soundia henkilö kuvaili näin: ”Ison tilan tuntua, eli kuin olisi jossain isossa teatterissa katsonut, ei niin hyvänlaatuisilla äänillä”. Lähdemateriaalin tila siis välittyi, mutta laadullisesti näyte oli vajaavainen. Myös bassotoiston puutteet tulivat esille, sekä äänenvoimakkuuden ero, johtuen kaikesti television 16bit ja DVD:n 24bit eroista dynamiikassa.

DVD:n kohdalla laatu tuntui miellyttävältä. Bassot kuuluivat, korkeat äänet helisivät ja muutenkin toisto tuntui luontevalta. Yksityiskohtien erottaminen oli helpompaa, mutta laadullisesti jäätiin vielä kuitenkin Blu-Rayn jälkeen. Blu-Ray oli testihenkilön mukaan ”ehdottomasti paras ja tymäkin!”. Tehosteiden yksityiskohdat helisivät korvissa.

Kuitenkin testihenkilö mietti näiden ääniformaattien eroja siinä määrin, että hänelle ehkä riittäisi kotiin aivan mainiosti jopa televisioversio äänenlaadullisesti omaan 2.0 äänentoistojärjestelmäänsä. Hänen mielestään laatu oli nimittäin aivan riittävä siihen

mitä hän kotona tarvitsee, koska elokuvateattereihin voi mennä hakemaan sitä oikeaa tunnetta, sekä kotioiloissa taajuuskorjaimella bassotaajuuksien heikkous olisi korjattavissa ainakin jossain määrin.

7.2.3 Testihenkilö 3

Kolmantena testipenkkiin, oikeammin sohvalle, istuuntui vuonna 1986 syntynyt kokki. Lähtökohtaisesti äänenlaadullisiin tekijöihin hän ei ollut aiemmin tarkkaan perehtynyt ja testiin asennoiduttiin rennon oloisesti. Mielekkäimmäksi äänenlaadullisesti testihenkilö valitsi televisionäytteen. Pienempi dynamiikka nosti enemmän pintaan ääniä jotka muissa formaateissa oli jätetty taka-alalle ja näin ollen äänikuva oli tasaisempi.

Toiselle sijalle pääsi Blu-Ray, erityisesti matalien äänien erottelun puolesta, joka muilta näytteiltä tuntui puuttuvan. Vaikka televisionäytteestä puuttui LFE -kanava, ei se testihenkilöä haitannut hänen kuuntelutottumuksiensa johdosta. Myös kanavien downmiksauksen seurauksia miettiessä televisionäytteen hyödyksi laskettiin sen alkuperäinen 2.0 formaatti, koska muilla näytteillä tämä jouduttiin toteuttamaan rampauttamalla kanavia jälkikäteen.

DVD jäi viimeiseksi, vaikkakaan ei huonona näytteenä. Kotioloihin televisionäyte oli testihenkilön mukaan varsin sopiva ja miellyttävä formaatti. Analyyttiseen kuunteluun ja alan harrastajille hän kuitenkin uskoo muiden formaattien sopivan paremmin.

7.2.4 Testihenkilö 4

Vaatetusalan Artesaaniksi itsensä opiskellut vuonna 1990 syntynyt naispuolien testihenkilö osallistui testiin hieman epäröiden, erottaisiko näytteistä juurikaan eroja tai osaisiko kuulemiaan eroja selittää. Alkujännityksen jälkeen huomattiin että kuuntelemalla eroja kuitenkin löytyi.

Joukon heikoimmaksi näytteeksi erottui muista televisiotallenne. Matalien äänien puuttuminen tuntui selkeimmältä puutteelta, mutta myös korkeiden äänien toisto tuntui muissa näytteissä olevan parempaa luokkaa. Kuitenkin, mitään selkästi heikkoa äänenlaadullisesti ei testihenkilö näytteestä löytänyt, mutta mainitut osa-alueet tuntuivat vain olevan paremmin toteutettu muissa näytteissä.

Parhaaksi näytteeksi testihenkilö valitsi omaan makuunsa DVD:n. Äänenvoimakkuus ja dynamiikka olivat televisiotallennetta paremmat ja matalien äänien toisto tuntui miellyttävän läsnäolollaan. Blu-Ray toi kuitenkin korkeilla taajuuksilla ääneen lisää asioita, joita ei DVD:llä kuullut niin helposti. Nämä korkeat äänet kuitenkin tuntuivat häiritsevän hieman, joten siitä syystä ne eivät nostaneet Blu-Rayta voittajaksi. Bassotoistossa ei DVD:n ja Blu-Rayn välillä tuntunut olevan eroja.

7.2.5 Testihenkilö 5

Viides henkilö joka testiini osallistui oli 37 raskausviikolla oleva vuonna 1990 syntynyt sairaanhoitajaopiskelija. Kuuntelutottumuksien osalta käytännöllisyys ajoi laadun ohitse, esimerkiksi musiikkia tuli kuunneltua paljon kannettavan tietokoneen kaiuttimilla ja elokuvat ja sarjat television kaiuttimilla, vaikka parempaakin äänenlaatua olisi ollut parin johdon ja napin takana. Kuuntelutestiin lähdeinkin hänen osaltaan avoimin mielin, vaikkakin virnuillen ettei välttämättä erota näytteitä toisistaan.

Televisionäytteen kohdalla henkilö totesi lyhyesti ”puhe jää muiden äänien varjoon”. Myös dynamiikka tuntui olevan kateissa, ja kaikki äänet tuntuivat tulevan lujaa ja tasaisena huutomaisena pötkönä. Tässä yksi syy miksi henkilön mukaan esimerkiksi vuokratun DVD -elokuvan kohdalla hänkin haluaa laittaa vahvistimen ja kaiuttimet päälle, kun kerran on maksanut nähdä sen hyvälaatuisena niin miksei myös nauti paremmasta äänestä.

DVD -levyn kuuntelemisesta koehenkilö piti enemmän kuin televisionäytteen. Puheet tulivat selkeämmin, äänessä oli tilaa hengittää eikä kaikki tullut huuto päällä päin

näköä. Stereokuva tuntui laajemmalta ja näin tilan tuntua tuntui olevan enemmän televisioon verrattuna.

Voittajaksi selviytyi siis Blu-Ray. Äänen seurattavuus äänikentässä oli helpointa. Repliikit erottuvat hyvin ja stereokuva on laaja, selkeästi elokuvateatterimainen tilavaikutelma. Tapahtumien seuraaminen pelkästään kuuntelemalla luonnollisen tuntuista. Selkeä ero DVD:n tappioksi, enemmän dynamiikkaa ja pienimmätkin yksityiskohdat tulivat nyt esiin oikealla tavalla.

Matalien äänien toiston vaihtelua testihenkilö ei kuulemma oikeastaan edes huomannut seurata. Johtuen hänen mielestään kuuntelutottumuksista, joiden mukaan hän ei kovinkaan paljon musiikissakaan alarekisterin toistoon kiinnitä huomiota.

7.2.6 Kirjoittajan tuomio

Omaakohtaisesti istuin testiin melko selkeä visio päässäni siitä, miltä näytteet kuulostavat toisiinsa nähden. Television heikko bassotoisto muihin verrattuna kuitenkin yllätti, vaikka sitä odottaa osasikin. Televisiotallenteen äänenlaatu ei muiltakaan osilta hirveästi nostattanut hurraahuutoja, mutta rehellisyyden nimissä täytyy mainita että ei se myöskään huonolta kuulostanut. Ainoastaan siitä syystä, että se paini astetta raskaammassa sarjassa, se tuntui jäävän jälkeen muista näytteistä.

DVD:n äänenlaatuun parhaiten perehtyneenä tuntui näytteen kuuntelu hyvin miellyttävältä. Televisioon verrattuna korkeiden ja matalien taajuuksien toisto oli selkeästi parempi, dynamiikka oli kasvanut selkeästi sekä erottelevuus eri pienten pisteäänien kesken tuntui kuin stereokuva olisi kasvanut leveyttä. Äänenlaadullisesti jäin tosin kaipaamaan surround-kanavien tuomaa tilan tuntua jonka tiesin levyiltä löytyvän, sekä keskikanavan tuomaa selkeyttä.

Blu-Ray oli minulle kohtuullisen uusi tuttavuus, ja elokuva oli sarjassaan kolmas HD -ääniraidan sisältävä elokuva jonka olin koskaan katsonut. Ero Blu-Rayn ja DVD:n välillä oli kuitenkin omiin korviini kuultavissa. Matalien taajuuksien toistossa tuntui

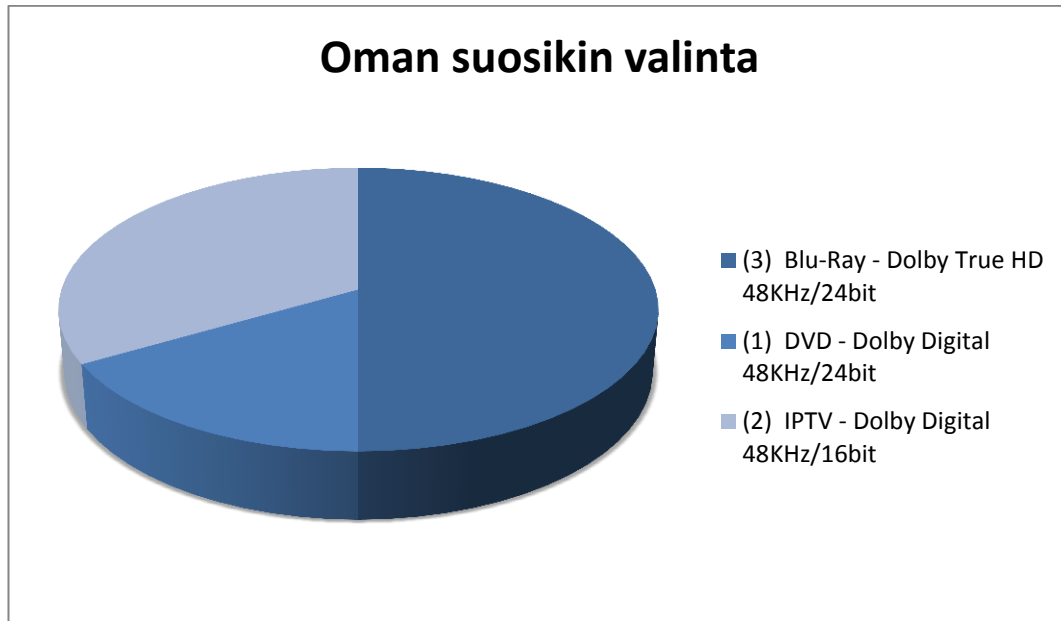
kuin olisi kourittu hieman matalammalla kuin DVD:llä, sekä korkeiden äänien kohdalla tuntui kuin helinä ja kilinä olisi tullut enemmän iholle. Dialogien selkeys parani jossain määrin, mutta ei niin huomattavasti. Äänelle tuli myös lisää syvyyttä äänikuvassa, äänet paikallistuivat paremmin ja niiden liikkeet stereokuvassa tuntuivat sulavammilta kuin muissa näytteissä.

Oman näkemykseni mukaan Blu-Ray siis voitti pienillä eroilla. DVD sijoittui toiseksi ollen selkeästi laadukas ja ei niin paljon jäljessä Blu-Rayta, mutta valovuosia edellä televisiotallennetta. Televisiotallenteen heikkoudeksi laskisin sen tasaisuuden, joka äänikerronnallisesti jossain tapauksissa palvelee tarkoitusta, mutta joka omiin kuuntelutottumuksiini nähden tuntui tulevan esiin tylsänä esityksenä verrokkeihin nähden.

7.3 Kuuntelutestin purku

Kuuntelutestin tekeminen oli mielenkiintoinen projekti aivan sen suunnittelusta tulosten purkamiseen asti. Odotin hyvinkin erilaisia tuloksia eri testihenkilöiden välillä, mutta yllätyin lopullista tulostaulukkoa katsoessani melko paljon. Olisin odottanut television jäävän pisteittä, mutta se silti taisteli tiensä toiseksi, kuluttajahintaista äänentoistolaitteistoa käytettäessä, kuuntelijoiden omavalintaisena formaattina. Osasyys tähän olisin mieltänyt LFE-kanavan puuttumisen, joka selkeästi korostaa elokuvissa esiintyviä jyrähdyksiä.

Ensimmäisen sijan vei odotetusti Blu-Rayn ääniraita, mutta kun lukee sanallisia arvioita, ei ero DVD:n kanssa vaikuta enää kovinkaan suurelta vaikka tulostaulukko toista väittääkin. Laadullisesti paras ääni ei välttämättä ole juuri se mitä kotona haluaa kuunnella, tämä tuli huomattua ainakin yhden testihenkilön kohdalla. Monia syitä tälle ilmiölle löytyy kyllä, mutta kuuntelutottumukset vaikuttavat miltei eniten uudenlaisen äänimateriaalin analysoinnin kanssa. Absoluuttista mitta-asteikkoa onkin miltei mahdoton luoda, koska jokainen kuulija on yksilöllinen ja omaa erilaiset lähtökohdat. (Aro 2006, 26.)



Kuva 8. Äänten jakauma, kuuntelijoita oli testin valmistelija mukaan luettuna 6 kappaletta.(Tolla 2012c)

Voittaja oli, ei niin yllättäen, Blu-Ray. Äänenlaatu siis on parempi kuin DVD:llä, ja erotkin huomaa jo kuluttajahintaisilla laitteilla, näinhän asian voisi kärjistää. Huomioitavaa on kuitenkin, että kaikki laitteiston osat on valittu siten että niiden ominaisuudet ja sointi on tiedetty etukäteen ja ne on todettu toimiviksi yhdessä. Myös kuuntelutilan suurimmat virheet saatiin jo kalibrointivaiheessa poistettua yhtälöstä, joka on mahdollista miltei kaikilla nykyisillä viritinvahvistimilla.

Asia olisi aivan eri, mikäli käytössä olisi valmis Blu-Ray kotiteatteripaketti joissa esimerkiksi subwooferit ovat oman näkemykseni mukaan alimitoitettuja ja alitehoisia tuottamaan tarvittavia äänenpaineita elokuvakäyttöön. Samoin olen huomannut valmispaketeissa olevien kaiuttimien taipumuksen toteuttaa enemmänkin ulkonäöllisesti kuin äänellisesti tyydyttävää laatua. Tämän voi päätellä jo pelkästään laitteiden hinnoittelusta. Siinä missä 300e kaiutinparissa maksaa laadukkaat koteloinnit, elementit, jakosuotimet ja suunnittelutyö, on valmispaketeissa samainen summa kaiutinta kohden selkeästi pienempi. Olisi siis täysin järjen vastaista odottaa näiltä laitteilta samanlaista suorituskykyä. Sama pätee vahvistinpuolella jossa laadukkaat komponentit ja suunnittelutyö tekevät selvän eron niiden ja halvempien laitteiden välillä.



Kuva 9. Kuuntelijoiden mietteitä näytteistä.(Tolla 2012d)

LFE-kanava, eli 0.1 -kanava, on suunniteltu psykoakustiikan pohjalta, tuomaan lisää toistoa sinne päähän ihmisen kuuloaistia jossa kuulokynnys on matalampi (Holmann 2008, 177). Samalla tämä kanava myös tekee suuren eron kuuntelutestin näytteiden osalta, sillä se puuttuu kokonaan televisionäytteestä. Yllätyin, osin omien kuuntelutottumuksieni johdosta, että kaksi testihenkilöä viidestä valitsi kotikuunteluun itselleen formaatin jossa tämä kanava puuttuu täysin.

Yhteenvetona testistä voi lukea kaksi melko ristiriitaista tulosta. Jos testin pitäjää ei lasketa täysivaltaiseksi äänestäjäksi, tulivat television pakattu Dolby Digital ja Blu-Rayn pakkaamaton Dolby True-HD jaetulle ensimmäiselle sijalle. Pitää muistaa kuitenkin mielessä, että jokainen kuuntelija tunnisti äänien välillä eroja laadullisesti, mutta valitsivat kuuntelutottumuksiensa mukaan heille parhaiten sopivan formaatin.

8. POHDINTA

Äänen laadullisuutta voidaan mitata teoriassa, mutta lopulliseen kuuntelukokemukseen vaikuttavat kuitenkin muut tekijät. Vaikka laadullisuuden tunnistaakin, ei se välttämättä tarkoita sitä, että laadukkaita olisi se ainoa oikea formaatti. Laadusta hyötyminen nimittäin vaatii aikaa, rahaa ja äänen opiskelua. Pelkästään se, että laitteistosi toistaa uusinta ja tarkinta digitaalista ääniformaattia, ei tarkoita, että se automaattisesti kuulostaa parhaalta.

Äänen laadullisuuteen vaikuttavat siis kaikki, mitä äänen syntymisen, tallentamisen ja edelleen jalostamisen aikana sille on tehty, aina siihen asti, että kaiuttimet sen toistavat. Tämän vuoksi pelkästään ääniformaatti ei ole avain onneen, vaan jokainen kohta signaaliketjua merkitsee lopputulokseen. Kotikuluttaja voi vaikuttaa näihin vaiheisiin valitsemalla toistomedian, soittimen, vahvistimen, kaiuttimet ja tilan.

Kuuntelutottumukset vaikuttivat dramaattisesti kuuntelutestissä, enemmän kuin osasin odottaa. Olin jossain määrin tehnyt huomaamattani asettelusta hyvinkin epätasaisen, omasta mielestäni Blu-Rayn suuntaan, mutta silti huomasin digitaalisen televisiolähetyksen ääniraidan olevan monenkin kuulijan mieleen. Aloin miettiä tätä asiaa tarkemmin, kun se jäi minua vaivaamaan, ja tulin melko tylsään lopputulokseen. Ihmisille elokuvissa äänet ovat toissijaisia kuvaan verrattuna. Ainakin siinä määrin, että nykypäivän kulutusyhteiskunnassa laadulla ei ole niinkään merkitystä, kuin sillä että kyseisen asian saa toteutettua, tässä tapauksessa elokuvan katsomisen.

Samaa mieltä on myös Eero Aro(2006) kirjassaan Tilaääni, jossa hän selkeästi kertoo ihmisen näköaistin kattavan neljä viidennestä kaikesta informaatiosta, mitä ihmisen aistit tuottavat. Näin ollen äänelle ja kaikille muille aisteille jää suhteessa melko pieni osa. Jos testissä olisi katsottu kuvaa, olisiko digitelevisiolähetys jäänyt äänittä heikoimman kuvanlaatunsa johdosta? Kuitenkin olettaa saattaa, että lisäämällä aistiärsykeitä moninkertaiseksi, olisivat laadulliset tekijät kallistaneet ihmisaivot kuvittelemaan paremman kuvan rinnalla myös äänen paremmaksi. Eero Aro (2006) toteaa myös Tilaääni- kirjassaan, että asetettaessa vastakkain näkö ja kuulo, näköaisti vaikuttaisi ihmiseen enemmän.(Aro 2006, 22.)

Onhan kuuntelutestini otanta pieni, mutta tämän minun oman ikäryhmäni hyvinkin erilaisista elämäntilanteista ja ammasteista lähtöisin olevat testihenkilöt päätyivät valitsemaan testin teoriassa huonolaatuisimman omakseen kaksi kertaa viidestä. Luulisi tämän kertovan jo jotain, mutta toisessa toisaalta viidestä myös valitsi Blu-Rayn. Mikä näiden henkilöiden kohdalla vaikutti päätökseen?

Testihenkilö 1 oli jo ammatillisesti suuntautunut äänen kanssa työskentelemiseen, joten hänen osaltaan analyttinen kuuntelu kuului osana hänen kuuntelutottumuksiinsa. Tämän vuoksi Blu-Rayn valinta oli hyvinkin odotettavissa. Testihenkilö 5 taas oli jo kuuntelutottumuksiensa pohjalta hyvinkin erilaisessa asetelmassa ensimmäiseen nähden. Puheäänien selkeys oli hänellä yksi tärkeä arviointikriteeri, ja se miten se sopii muuhun äänimaailmaan. Samoin häntä normaaleista kuuntelutottumuksista poiketen kiehtoivat Blu-Rayn elokuvateatterimainen, laadukas toisto, jota hän kotona ei pääse kokemaan. Näiden asioiden valossa, lopullinen valinta tuntuu taas loogiselta.

Digitelevision ääniraidan valitsi omakseen testihenkilö 2 ja testihenkilö 3. Testihenkilö 2 harrastaa musiikkia vapaa-ajallaan ja kuuntelee sitä paljon myös kotonaan siihen rakennetulla 2.0- kaiutinjärjestelmällä. Televisiota hän kuitenkin katsoo television kaiuttimista, ja vain hyviä elokuvia varten hän liittyy myös musiikin toistoon tarkoitettuihin laadukkaasti äänentoistolaitteisiin mukana signaaliketjuun. Kuuntelutottumukset siis hänen kohdallaan sanelivat sen, että televisiolähetysten tuottama ääni tuntui tutuimmalta, ja palvelevan hänen tarkoituksiaan paremmin.

Testihenkilö 3 kertoi kuuntelukokemuksikseen musiikin kuuntelun mp3-formaatissa puhelimen kautta, ja kotona tietokoneeseen liitetyistä kaiuttimista. Vaikka hän selkeästi huomasi erot Blu-Rayn ja DVD:n kohdalla verrattuna televisiolähetykseen, hänestä tuntui silti luonnollisemmalta kuunnella televisiota. Sen yksinkertaisuus, se että kaikki äänet tulivat selkeästi tasaisena tuotoksena, tuntui hänestä mukavan vaivattomalta. Kompressoitu äänimaailma kadottaa paljon dynamiikkaa ja puolestaan DVD:n ja Blu-Rayn kohdalla äänen dynamiikan vaihtelu saa pienemmät äänet kuulumaan hiljaa ja suuremmat erottuvat enemmän, aiheuttaen aivot tekemään enemmän työtä.

Testihenkilö 4 valitsi omaksi suosikikseen DVD:n. Näytteen laatu täsmäsi hänen kuuntelutottumuksiinsa, jotka koostuivat pääasiassa televisiosarjojen sekä DVD-

elokuvien katsomisesta. Myös musiikin kuuntelu tapahtui mieluummin laadukkailla kaiuttimilla kuin esimerkiksi kannettavan tietokoneen kaiuttimista. Blu-Rayn toistamiseen tarvittavia laitteita ja äänentoistolaitteita varten hän ei olisi valmis rahaa sijoittamaan siihen tarvittavaa määrää, vaan hän tyytyisi siinäkin tapauksessa DVD-elokuvaan ja televisiotasoa hieman parempiin kaiuttimiin.

Äänen laatu, niin yksinkertainen asia kuin voisikin olla, on kuitenkin pidemmän päälle hyvin monimutkainen käsite. Siihen liittyy paljon myös uskomuksia ja se miten sitä kuuntelee, vaikuttaa paljon lopputulokseen. Mielestäni asiaa voisi verrata autoon. Uudemmassa on parempia ominaisuuksia, mutta se myös maksaa enemmän. Vanhassa on enemmän huollettavaa, mutta silläkin pääsee perille. Lopullinen valinta näiden kahden välillä tapahtuu rahan, ajan, mielenkiinnon ja tarpeen suhteen. Jos tuntuu, että on rahaa, aikaa ajaa, tarvetta ajaa ja mielenkiintoa uusia autoja kohtaa, niin varmaan uusi auto hankitaan. Mutta mikäli tarkoituksesi on päästä aamulla töihin ja illalla takaisin, eikä autolla sen jälkeen ole käyttöä, et varmaan ole kovin innokas siihen sijoittamaan.

Samoin voidaan todeta myös, että vaikka Ladaan laittaa jalopuisen ratin, ei kyyti paljoa parane. Tämän voi hyvin kääntää äänimaailmaan, jossa huono äänite kuulostaa edelleen huonolta, oli sitten käytössä hyvät tai huonot kaiuttimet. Toisaalta, jos se ratti saa menon tuntumaan mukavammalta, niin se palvelee tarkoitusta, samoin kaiuttimet saattavat tuoda jo pelkästään hintansa puolesta tunteen että äänenlaatu paranee.

Vaikka äänenlaatua voidaan mitata teoriatasolla, käytännössä sillä ei ole mitään merkitystä jos käyttötarkoitus ei ole saavuttaa absoluuttista täydellisyyttä, kuten studiotyöskentelyssä. Mielestäni kuluttajalle äänenlaatu onkin enemmän käsite, kuin absoluuttinen määre jota voidaan mitata.

LÄHTEET

Aro, Eero 2006. Tilaääni. Porvoo: Riffi-julkaisut.

Digital Video Broadcastin Project 2003. DVB. Hakupäivä 14.3.2012.

< http://dvb.org/about_dvb/>

Dolby Laboratories 2012a, Dolby True-HD. Hakupäivä 13.3.2012.

<<http://www.dolby.com/us/en/professional/technology/pc/dolby-truehd.html>>

Dolby Laboratories 2012b, Dolby Digital. Hakupäivä 13.3.2012.

<<http://www.dolby.com/us/en/professional/technology/pc/dolby-digital.html>>

DTS 2012a, DTS-HD Master Audio. Hakupäivä 13.3.2012.

<<http://www.dts.com/professionals/sound-technologies/codecs/dts-hd-master-audio.aspx>>

DTS 2012b, DTS Digital Surround. Hakupäivä 13.3.2012.

<<http://www.dts.com/professionals/sound-technologies/codecs/dts-digital-surround.aspx>>

Holman, Tomlinson 2008. Surround Sound Up And Runnin. (Europe):Focal Press, Reed Elsevier Group.

Korpinen, Pertti 2005. Äänipää. Äänen taajuus. Hakupäivä 13.3.2012.

< http://www.aanipaa.tamk.fi/taajuu_1.htm>

Korpinen, Pertti & Koivumäki, Ari 2006. Äänipää. Psykoakustiikka. Hakupäivä

14.3.2012. < http://www.aanipaa.tamk.fi/psyko_1.htm>

Laaksonen, Jukka 2006. Äänityön kivijalka. Porvoo: Riffi-julkaisut.

Maes, Jan & Vercammen Marc 2001. Digital Audio Technology. Sony Service Centre (Europe): Focal Press, Reed Elsevier Group.

Nederström, Mikael 2010. Musiikkia mankelin läpi. MikroBitti HiFi 1/2010, 63-65.

Wikipedia 2011, Amplitude. Hakupäivä 20.3.2012

<<http://en.wikipedia.org/wiki/Amplitude>>

Wikipedia 2012a, Audio bit depth. Hakupäivä 13.3.2012.

< http://en.wikipedia.org/wiki/Audio_bit_depth>

Wikipedia 2012b, Compact Disc 3.1 Audio CD. Hakupäivä 13.3.2012.

< http://en.wikipedia.org/wiki/CD#Audio_CD>

Kuva 6. Farina, Angelo 2006. Analysis of the behaviour of three Ambisonics decoders. Hakupäivä 13.3.2012).

<http://www.ramsete.com/Public/B-format/5_1_conversion/5_1_decoders.htm>

Kuva 4. Lavalley, Dan. Audio Editing-Sound Forge. Hakupäivä 13.3.2012.

<http://streaming.wisconsin.edu/creation/st_audio/audio_editing_SF.html>

Kuva 2. Lavalley, Dan. Audio Editing-Sound Forge. Hakupäivä 13.3.2012.

<http://streaming.wisconsin.edu/creation/st_audio/audio_editing_SF.html>

Kuva 5. Megodensa 2006. Conversion AD DA. Wikipedia. Hakupäivä 13.3.2012.

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Conversion_AD_DA.gif>

Kuva 3. Kief 2007. Sine waves different frequencies. Wikipedia. Hakupäivä 13.3.2012

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sine_waves_different_frequencies.svg>

Kuva 1. Tomi Tolla 2012a, AD/DA Signaaliketju.

Kuva 7. Tomi Tolla 2012b, Käytettävissä oleva signaalitie.

Kuva 8. Tomi Tolla 2012c, Oma suosikki.

Kuva 9. Tomi Tolla 2012d, Mietteitä.