

# **Kaksi- ja monikanavaisen kotiäänentoiston tekninen laatuvertailu ja kehitysodotukset**

Jukka Laaksonen

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Mediekultur
Identifikationsnummer:	
Författare:	Jukka Laaksonen
Arbetets namn:	Teknisk kvalitetsjämförelse och utvecklingsförväntningar mellan två- och flerkanalig ljudåtergivning i hemmet
Handledare (Arcada):	Mats Nylund
Uppdragsgivare:	Ingen
<p>Sammandrag:</p> <p>Mitt examensarbete handlar om en form av modern ljudåtergivning i hemmet, det så kallade flerkanalljudet eller surroundljudet, sådan som det användas inom hemmabiosystem och stora musikanläggningar. Denna återgivningsmöjlighet har varit också finska konsument tillhanda för ungefär tio år. Fastän hemmabios stora genombrott har väntats varje år, har detta återgivningssätt inte blivit en allmän del av hemmets vanliga underhållningsutrustning på samma sätt som den digitala televisionsmottagaren, DVD/BluRay-spelaren eller det traditionella tvåkanaliga stereosystemet. Lyssningsvanornas långsamma ändring från stereo till surround har ännu blivit beroende på några få HiFi-entusiaster, medan den tidigare ändringen från mono till stereo på 1950-talet slog sig igenom jämförelsevis snabbt.</p> <p>Min problemställning är, om det kan finnas några sådana detaljer inom strukturen, egenskaperna eller användbarheten av dessa flerkanaliga lyssningssystem, som skulle förklara deras långsamma utspridning till hemmabruk, oavsett deras många oförnekliga förmåner. Är den flerkanaliga teknikens nackdelar ännu större än deras fördelar, och vilken slags framtid kan vi föreställa oss för hemmets ljudåtergivning inom de nästa årtiondena? Som forskningsmaterial har jag använt läroböcker av utländska experter, såsom mina egna tidigare studier över detta ämne. Min forskningsmetod har varit en sammansättning av den skriftliga teorikunskapen och mina egna lyssningserfarenheter.</p> <p>Mitt forskningsresultat är, att det ännu finns många svårigheter i att ta i bruk och använda ett flerkanaligt ljudsystem. En högklassisk surroundanläggning är ännu en hel del dyrare än en stereoanläggning och även dess användning är jämförelsevis komplicerad, på grund av olika och motstridande tekniska normer. Dessutom innehåller den flerkanaliga återgivningen i sig själv några inskränkningar, som baserar sig på hur vår riktighörsel fungerar. Slutligen kan man konstatera, att den flerkanaliga lyssningen kan väl ännu framskrida i popularitet, men kan inte på lång tid hota stereos långvariga maktställning på konsumentmarknaden, oavsett sin artistiska överlägsenhet.</p>	
Nyckelord:	ljudåtergivning, stereo, surround sound, hemmabiosystem
Sidantal:	53
Språk:	Finska
Datum för godkännande:	20.5.2010

DEGREE THESIS	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Mediekultur
Tunnistenumero:	
Tekijä:	Jukka Laaksonen
Työn nimi:	Kaksi- ja monikanavaisen kotiäänentoiston tekninen laatuvertailu ja kehitysodotukset
Työn ohjaaja (Arcada):	Mats Nylund
Toimeksiantaja:	Ei ole
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Opinnäytteeni käsittelee erästä nykyaikaisen kotiäänentoiston muotoa, niin sanottua monikanavaääntä eli surround-ääntä, sellaisena, kuin sitä käytetään kotiteattereiden äänentoistossa ja isoissa musiikintoistolaitteissa. Tämä toistomahdollisuus on ollut suomalaistenkin kuluttajien saatavilla jo noin kymmenen vuoden ajan. Vaikka kotiteatterilaitteiden suurta läpimurtoa onkin odotettu joka vuonna, tämä toistotapa ei ole vakioitunut osaksi tavanomaista kotiviihdelaiteistoa samalla tavalla kuin esimerkiksi digitaalinen televisiovastaanotin, DVD/BluRay-soitin tai perinteinen kahden kaiuttimen stereolaitteisto. Kuuntelutapojen hidas muutos stereosta surroundiin on yhä jäänyt vain harvojen HiFi-harrastajien kiinnostuksen varaan, toisin kuin joitakin vuosikymmeniä aikaisempi muutos monista stereoon, joka löi itsensä läpi verraten nopeasti.</p> <p>Opinnäytteeni tutkimuskysymys on se, löytyykö näiden monikanavaisten kuuntelulaitteiden rakenteesta, ominaisuuksista tai käytettävyydestä joitakin sellaisia tekijöitä, jotka selittäisivät tämän tekniikan hitaan leviämisen kotikäyttöön, sen monista kiistämättömistä eduista huolimatta. Ovatko monikanavaisuuden haitat sittenkin yhä suuremmat kuin sen edut, ja millaista tulevaisuutta kodin äänentoistolle voisi kuvitella seuraavina vuosikymmeninä? Tutkimukseni aineistona olen käyttänyt ulkomaisten teoreetikkojen alaa koskevia oppikirjoja, samoin kuin omia aiempia tutkimuksiani tästä aiheesta. Tutkimusmenetelmänä olen käyttänyt sekä kirjallisen teorian tiedon vertailua että omia kuuntelukokemuksiani.</p> <p>Johtopäätökseni on se, että monikanavalaitteiston käyttöönottoon liittyy nykyäänkin monia vaikeuksia. Hyvälaatuinen surround-laitteisto on yhä huomattavasti kalliimpi kuin stereolaitteisto ja sen lisäksi laitteiden käyttö on monista ristiriitaisista normeista johtuen myös varsin monimutkaista. Lisäksi monikanavatekniikka jo itsessään sisältää eräitä suuntakuulomme toiminnasta johtuvia rajoituksia. Voidaan todeta, että monikanavaisen kuuntelun suosio saattaa yhä yleistyä, mutta se ei silti pitkään aikaan uhkaa stereon vakiintunutta asemaa kuluttajamarkkinoilla, taiteellisesta ylivertaisuudestaan huolimatta.</p>	
Avainsanat:	äänentoisto, stereo, surround sound, kotiteatteri
Sivumäärä:	53
Kieli:	Suomi
Hyväksymispäivämäärä:	20.5.2010

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Mediekultur
Identification number:	
Author:	Jukka Laaksonen
Title:	Technical quality comparison and future expectations in two-channel and multichannel home sound systems
Supervisor (Arcada):	Mats Nylund
Commissioned by:	None
<p>Abstract:</p> <p>My degree thesis discusses one form of modern home sound reproduction, the so-called multichannel sound or surround sound, in the way that it is used in home theatre sound and large-scale music playback equipment. This reproduction possibility has been available to even Finnish consumers for about a decade. Although the great breakthrough of home theater systems has been anticipated each year, this method of reproduction has never been received as a conventional home commodity, like digital televisions, DVD/BluRay-players or traditional two-speaker stereo sets have been. The slow change in consumer listening habits from stereo to surround is still only supported by scarce HiFi enthusiasts, unlike the previous change from mono to stereo decades ago, which pulled itself through quite rapidly.</p> <p>The research question of my degree thesis is, whether some factors can be found in the structure, features or usability of multichannel sound systems, to explain this slow adoption of the new system for domestic use, despite its many unquestionable merits. Are the drawbacks of surround sound still bigger than its benefits, and what kind of a future can we foresee for sound production in homes during the next decades? As source material for my study I have used textbooks by foreign theoreticians, as well as my own previous studies about the subject. My method has been literary theory information comparison, combined with my own hearing experiences.</p> <p>My conclusion is that there remain many difficulties in the installation and use of a multichannel sound system. A good quality surround system is still considerably more expensive than a stereo system. Besides, the everyday use of the equipment is complicated, due to several conflicting technical standards. In addition, multichannel listening has in itself some inherent restrictions, that arise from the workings of our directional hearing. This all leads to the conclusion that the popularity of surround sound listening may well continue to rise, but will not for a long time threaten the long-standing reign of stereo sound in the consumer market, in spite of its artistic superiority.</p>	
Keywords:	sound reproduction, stereo, surround sound, home theatre
Number of pages:	53
Language:	Finnish
Date of acceptance:	20.5.2010



# SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>EDELITYTYKSIÄ JÄRJESTELMIEN ARKIKÄYTÖLLE .....</b>	<b>9</b>
1.1	STEREOSTA SURROUNDIIN .....	9
1.2	VANHAA JA UUTTA .....	10
1.3	MITÄ ARVOJA MUSIIKIN TOISTOSSA HAETAAN .....	12
1.4	MONIKANAVAISUUDEN TUOMA LISÄETU .....	14
<b>2</b>	<b>STEREON JA MONIKANAVAN TEKNISET EROT .....</b>	<b>16</b>
2.1	BASSOKAIUTTIMEN ERI ROOLIT .....	16
2.2	KOTIKUUNTELUN KYSYMYKSIÄ .....	18
2.3	ELOKUVIA VAI MUSIIKKIA? .....	20
<b>3</b>	<b>STEREO- JA MONIKANAVAÄÄNEN YHTEENSOPIVUUS .....</b>	<b>23</b>
3.1	STEREO JA MONO .....	23
3.2	SURROUND JA STEREO .....	24
<b>4</b>	<b>STEREOTEKNIIKAN PERINTEISET EDUT .....</b>	<b>26</b>
4.1	YLIMENOKAUDET .....	26
<b>5</b>	<b>MONIKANAVATEKNIIKAN HAITTOJA .....</b>	<b>27</b>
5.1	KANAVAMÄÄRÄ JA KUULUVUUS .....	27
5.2	SUUNTAKUULON TOIMINTA .....	29
5.3	VARHAISIA TEORIOITA .....	31
5.4	EPÄJATKUVUUSKOHDAT .....	32
5.5	MUSIIKKI JA ELOKUVAAÄNI MONIKANAVAISSA JÄRJESTELMISSÄ .....	38
<b>6</b>	<b>POHDINTAA JA JOHTOPÄÄTÖS .....</b>	<b>39</b>
6.1	PUUTTEITA JA VÄÄRÄÄ SÄÄSTÖÄ .....	39
6.2	MARKKINOIDEN ARMOILLA? .....	41
6.3	JULKINEN TARJONTA .....	42
6.4	ENTÄ KUVAN KEHITYS? .....	42
6.5	JOHTOPÄÄTÖS .....	43
<b>7</b>	<b>LÄHDEKRITIIKKI .....</b>	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>46</b>
<b>9</b>	<b>LIITE: KÄSITTEISTÖ .....</b>	<b>48</b>

## ESIPUHE

Kuluttajien käytettävissä olevan audio- ja videoviihteen määrä on tasaisesti lisääntynyt edellisen ja tämän vuosisadan kuluessa. Toisen maailmansodan aikana jopa gramofoni oli harvinaisuus eikä televisiosta ollut kuultukaan, kun taas nykyisin halvatkin käsipuhelimet sisältävät jo suuria määriä korkealuokkaista musiikkia, puhumattakaan iPodista, stereolaitteista, kaapeliteleviosta tai niistä monista erimuotoisista video- ja audiotiedostoista, joita voidaan toistaa tietokoneen avulla tai siirtää tietoverkoissa.

Eräs audiotekninen uudistus, josta jo vuosien ajan on odotettu seuraavaa suurta mullistusta kodin äänentoistoon, on ns. surround-tekniikka eli monikanavainen äänentoisto. Sana "monikanavainen" tarkoittaa tässä yhteydessä sitä, että laitteistossa on useampia kuin kaksi itsenäistä toistokanavaa (ja siten enemmän kuin kaksi kaiutinta). Tähän verraten perinteistä kaksikanavaista äänentoistoa kutsutaan stereoksi ja vain yhden kanavan käsittävää äänentoistoa kutsutaan monoksi.

Tämä työ on yritys selittää sitä, millä tavoin monikanavatoisto eroaa vanhasta ja tutusta, jo 1950-luvulla käyttöön otetusta stereojärjestelmästä, sekä erityisesti sitä, millaiset tekijät saattavat joko estää tai edistää monikanavatekniikan tuloa yleiseen käyttöön arkipäivän kotiviihteessä. Tällöin erityistä painoa on annettu niiden tekijöiden selittämiseksi, jotka tähän mennessä ovat vähentäneet monikanavaisen kuuntelutavan merkitystä ja hidastaneet sen yleistymistä.

Suomessa on jo pitkään seurattu erilaisten kodin elektroniikkalaitteiden myyntiä ja menekkiä, mikä osaltaan antaa arviopohjaa myös kotiteatterilaitteiden yleisyydelle. Tässä esittämäni arviot perustuvat sekä Tilastokeskuksen että Kodintekniikka-alan tiedotusfoorumin (KOTEK) antamiin tietoihin.

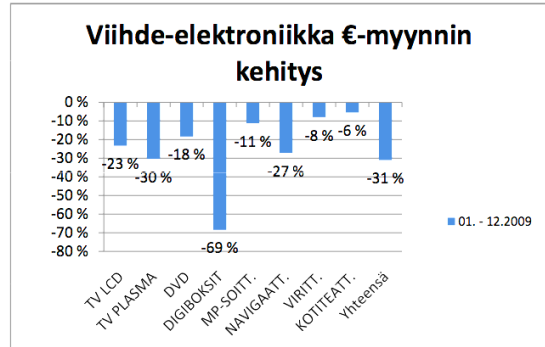
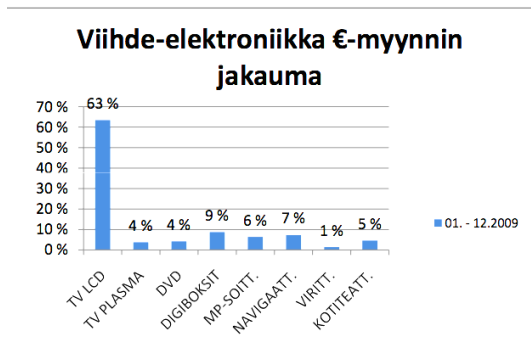
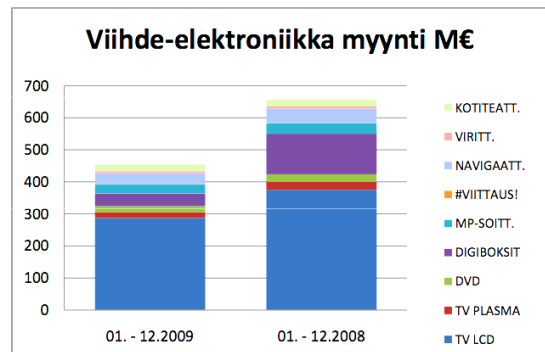
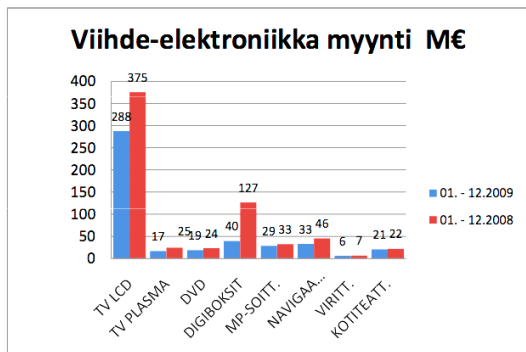
KOTEK ([www.kotek.fi](http://www.kotek.fi)) on kodintekniikka-alan yhteistyöfoorumi, johon kuuluvat Elektroniikan Tukkukauppiat ry (ETK), Kodintekniikkaliitto ry sekä alan merkittävimmät vähittäismyyjät. KOTEK tuottaa puolueetonta tietoa kodintekniikka-alasta, uutuustuotteista sekä tuotekehityksestä ja näin helpottaa kuluttajien päätöksentekoa. KOTEK osallistuu myös kodintekniikan toimialaa koskevaan yhteiskunnalliseen keskusteluun ja tekee yhteistyötä eri viranomaisten kanssa.

	2005	2006	2007	2008
Kannettavat	30,1	33,3	36,6	32,8
Virittimet	9,2	8,8	7,4	7,1
Kotistereot	24,3	23,4	20,5	22,2

*Kuva 1. Kuuntelulaitteiden myynnin arvo vuosina 2005-2008, miljoonia euroja (Tilastokeskus).*

Kuvan 1 taulukosta käy ilmi, että vuosina 2005-2008 kannettavien äänentoistolaitteiden myynti kasvoi lähes kolmen miljoonan euron verran, kun taas kiinteästi asennettavien kotilaiteluokkien (virittimet ja kotistereot) myyntiluvut samanaikaisesti laskivat kumpikin hieman yli kaksi miljoonaa euroa. Kyseisten kolmen vuoden ajan laitemyynti on siis suuntautunut yhä enemmän pois päin perinteisistä kotilaitteista, kannettavia laitteita suosien.

Seuraavan sivun kuvassa 2 näkyvä, vuoden 2009 loppuun ulottuva tilastointi osoittaa, että sama yleissuuntaus jatkuu yhä. Tässä yksityiskohtaisemmassa tarkastelussa kahden vuoden ajalta nähdään, että suurimmat kodin viihde-elektroniikan myyntivaltit ovat olleet kuvantoistolaitteet (nykyisin lähinnä teräväpiirtotelevisiot) sekä kuvalähteinä toimivat digiboksit (joiden myyntipiikki tosin liittyi myös samoihin aikoihin toteutettuun televisiojaketun digitaaliuudistukseen).



Kuva 2. Tarkemmin eritelty kaavio eri laitetyyppien myynnistä vuosina 2008-2009 (KOTEK).

Käsillä olevan tutkimuksen kannalta mielenkiintoinen piirre on kuvasta 2 ilmenevä kotiteatterilaitteiden kokonaismyynti, jonka arvo on laskenut miljoonalla eurolla vuodesta 2008 vuoteen 2009. Tilastoista voidaan todeta sekä se, että kotiteatterilaitteet edustavat yhä vieläkin varsin pientä osuutta koko viihdelaitteiden myynnistä, että vielä paljon oleellisempänä kehityssuuntana se, että niiden myyntiluvut ovat viime vuosina jatkuvasti olleet tasaisesti laskusuunnassa. Me kysymme: miksi?

# 1 EDELLYTYKSIÄ JÄRJESTELMIEN ARKIKÄYTÖLLE

## 1.1 Stereosta surroundiin

Jo 1950-luvulla keksitty stereofoninen äänentoisto on yhä nykyäänkin voimissaan ja, Mark Twainin kuuluisaa lausahdusta lainaten, useasti esitetyt "huhut sen kuolemasta ovat olleet suuresti liioiteltuja". Tullessaan markkinoille stereo toi uuden tilaulottuvuuden äänentoistoon; kotikuuntelussakin oli ensi kertaa mahdollista erottaa eri äänten todellinen kuuluminen eri suunnilta huonetta, riippuen siitä, miten eri äänilähteet oli äänitettäessä sijoitettu eli *panoroitu* stereokannalle. Useissa tuon aikakauden äänitteissä on kuultavissa myös se, miten tuottajat ja äänittäjät innoissaan liioittelivat juuri keksittyä stereovaikutelmaa: saattoi tapahtua, että koko rummusto tai komppiryhmä panoroitiin pelkästään yhteen kanavaan, kun taas kuoro tai jouset panoroitiin pelkästään toiseen kanavaan. Alkuvaiheen liioiteltuja panorointikokeiluja on tavattu, hieman halveksivaan sävyyn, kutsua "ping-pong-stereoksi". Nimi johtuu siitä, että alkuaikoina stereon ilmaisuvoimaa esiteltiin usein juuri sellaisilla myyntiäänitteillä, joissa pingispallo kulki kahden pelaajan välillä edestakaisin, kaiuttimesta toiseen.

Vuosikymmenten kuluessa äänitystaiteen työmenetelmät kypsyivät käyttämään kahden kanavan stereotoistoa paremmin ja luonnollisemmin. Seuraava suuri kehitysaskel oli monikanavainen kotiäänentoisto eli "surround sound", jossa kaiuttimia on sijoitettuina myös kuulijan taakse (tai joissakin tapauksissa sivuille). 1980-luvulla kokeiltujen erilaisten *kvadrofonisten* järjestelmien kiihdyttyä valmistajien väliseen kilpailuun ja käyttäjätuen puutteeseen, alan kehitys on viimein johtanut nykyisen 5.1-kanavaisen toistojärjestelmän vakiintumiseen sekä ammatti- että kotikäytössä.

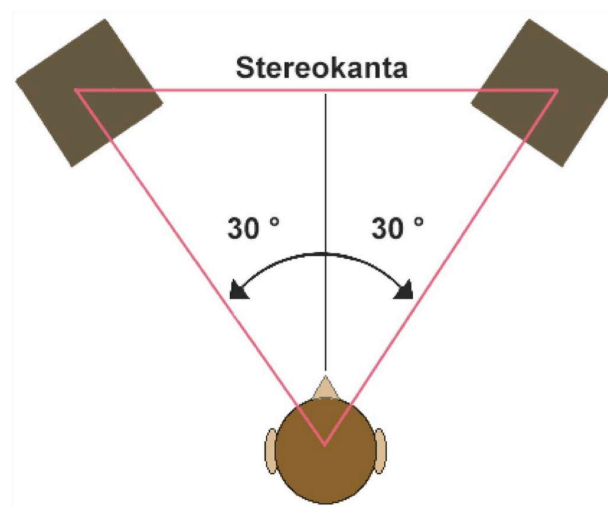
Nykyisin useimmat ammattikäyttöön suunniteltavat äänitarkkaamot ovat surround-kelpoisia. Tämä johtuu siitä, että tällaisessa tarkkaamossa voidaan aina tuottaa sekä stereo- että surround-äänitteitä, joten ratkaisu on ammatillisesti yleispätevä. Sen sijaan kotikäytössä näitä laitteita näkee yhä harvoin, vaikka niitä on myyty jo 2000-luvun alusta lähtien, aluksi erikoistuneissa HiFi-liikkeissä ja nyttemmin myös kodintekniikan yleistavarataloissa, hiustenkuivaimien, pesukoneiden ja polkupyörien rinnalla.

## 1.2 Vanhaa ja uutta

Kuten usein muulloinkin tekniikan kehityksessä, uusi menetelmä ei ole tehnyt vanhaa virattomaksi. Aivan samoin kuin CD (laseräänilevy) ei monen hifistin hämmästykseksi tappanutkaan mekaanista äänilevyä (vinyyliä), ei myöskään uusi surround-tekniikka aiheuttanut stereolaitteiden poistumista myynnistä. Näin kävi jopa siitä huolimatta, että kaikkeen monikanavaiseen äänentoistoon on alusta alkaen sisäänrakennettu myös *yhteensopivuus taaksepäin* eli stereofoniaan: kaikkia stereoäänitteitä voi siis kuunnella normin mukaisen surround-laitteiston kahdella laitimmaisella etukaiuttimella suoraan sellaisinaan, jolloin perinteinen 60 asteen kuuntelukulma säilyy muuttumattomana.

Se, että stereokaiuttimet tulee asettaa kuulijan eteen, kuulijaa kohti suunnattuina ja toisiinsa nähden 60 asteen kulmaan siten, että kuulijan pää sijaitsee kaiuttimien määrittämän tasasivuisen kolmion yhdessä kulmassa, on vuosikymmeniä vanha perinne, jonka toteutustapa kuvataan sellaisenaan lähes kaikissa audiotekniikan oppikirjoissa (Borwick 1996, 238; Rumsey 2001, 53; Aro 2006, 104; Laaksonen 2006, 43).

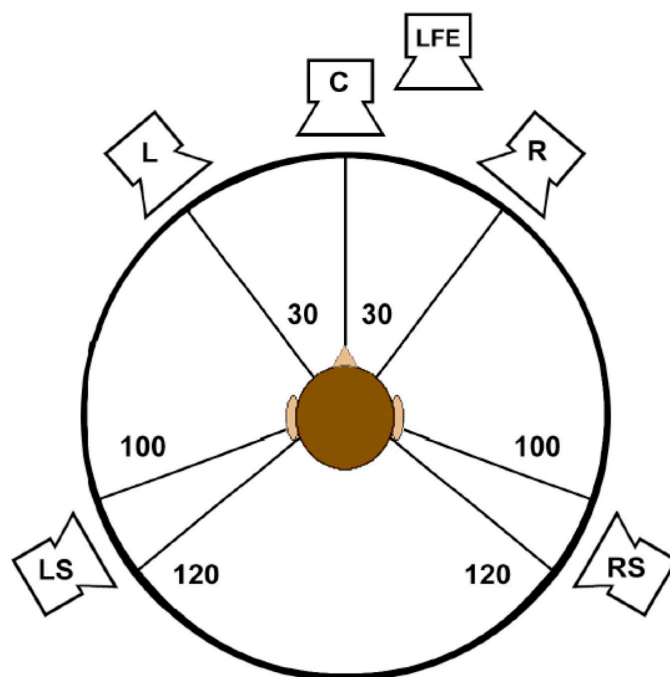
Tämä perinteinen asettelu esitetään kuvassa 3.



Kuva 3. Stereokuuntelun perinteinen tasasivuinen kuuntelukolmio (Laaksonen 2006, 43).

Kuvan 3 mukaisen perinteisen kaksikanavaisen stereotoiston erityisiksi vahvuuksiksi voidaan todeta sen kätevä soveltuvuus monenlaisiin kuunteluympäristöihin – kotiin, autoon ja stereokuulokkeisiin. Vaikkakaan nämä erilaiset soittotavat eivät ole keskenään täydellisen yhteensopivia (esimerkiksi kaiutinkuuntelussa stereokanta tuntuu muodostuvan kuulijan eteen, kun taas kuulokekuuntelussa se tuntuu muodostuvan kuulijan pään sisään), stereo on kuitenkin osoittanut elinvoimaisuutensa varsin pitkään. Lähes kaikki kuluttajakäyttöön valmistettavat äänentoistolaitteet ovatkin nykyisin stereokelpoisia. Monikanavalaitteiden tapaan nekin ovat audion kehityksessä *taaksepäin yhteensopivia*: kaikilla stereolaitteilla voi siten aina kuunnella myös monoääntä, samoin kuin kaikilla surround-laitteilla voi aina kuunnella myös stereoääntä.

Stereokuuntelu on lisäksi siinä suhteessa monikanavaista kuuntelua kätevämpää, että sen vaatimat kaiuttimet mahtuvat varsin pieneen tilaan (vaikkapa kannettavaan radioon), kun taas surround vaatii jo käyttöön isohkon huoneen, koska myös takakaiuttimien tulee mahtua luontevasti kuuntelutilaan siten, että kuulijan etäisyys kaikkiin kaiuttimiin säilyy samana kuvan 4 mukaisesti.



Kuva 4. Surround-kuunteluympyrä ITU-R BS.775.1 -normin mukaan. Kaiuttimien etäisyys kuulijasta voi vaihdella kahdesta metrillä neljään metriin (Genelec 2003).

### 1.3 Mitä arvoja musiikin toistossa haetaan

Se, että surroundissa äänen tulosuuntavaikutelman (engl. *localisation*) voi lähes vapaasti määritellä eri paikkoihin ympyrän kehällä, antaa runsaasti uusia mahdollisuuksia ääni-ilmaisuun. Eräs tärkeimpiä kysymyksiä ääni-ilmaisun arvioinnissa on tietenkin se, miten äänitteen taiteellista laatua mitataan. Useimmilla musiikin kuluttajilla on varmaankin tästä asiasta omat, vakiintuneet mielipiteensä, mutta yleistäen voidaan todeta ainakin kolmen perusominaisuuden olevan oleellisen tärkeitä kaikelle hyvälaatuiselle äänityölle: 1) *erottelukyky*, 2) *miellyttävä yleissointi* sekä 3) *luonnollisuus*. Tämä kolmijako perustuu yleisiin korkealuokkaisen äänentoiston odotuksiin ja siten se pätee sellaisenaan sekä stereo- että surround-toistoon. Näihin kolmeen laatutekijään voidaan toki lisätä sellainen lisävaatimus kuin *tekninen moitteettomuus* (eli äänitteen kohinattomuus ja säröttömyys), joka kuitenkin nykyisiä hyvälaatuisia digitaalisia tuotantovälineitä käytettäessä enää harvoin muodostuu ongelmaksi.

Eräs kaikkein tärkeimmistä hyvän puhe- tai musiikkiäänitteen tunnusmerkeistä on *erottelukyky* eli *selektiivisyys* (engl. *selectivity*). Tällä äänitystaitteeseen vakiintuneella käsitteellä tarkoitetaan sitä, miten hyvin valmiin äänitteen kuuntelija voi niin halutessaan vapaasti kohdistaa huomionsa erilaisiin äänissä oleviin yksityiskohtiin. Jos esimerkiksi jazz-pianotrion äänitteestä on koska tahansa vaivatta erikseen kuultavissa se, millaisia rytmikuvioita rumpali kulloinkin soittaa, se, mitä asteikon ääniä basisti käyttää, sekä se, mitä pianisti tekee vasemmalla kädellään, äänite on jo varsin selektiivinen.

Äänitteen hyvä erottelukyky ei kuitenkaan koskaan saa olla toisen perusvaatimuksen eli teoksen salliman *kokonaisvaltaisen taide-elämyksen* esteenä; kuulijan täytyy voida niin halutessaan myös antautua musiikin vietäväksi ja uppoutua sen kokonaisuintiin, "soundiin", tunteillaan silloin, kun hän ei satu tuntemaan erityistä viehtymystä tarkkaan äänelliseen erittelyyn. Jokainen hyvin tehty äänite, olipa se sitten musiikkia, elokuvaääntä tai kuunnelmaa, tarjoaakin aina mahdollisuudet näihin molempiin kuuntelutapoihin samanaikaisesti, kuulijan omista valinnoista riippuen.



Perinteisessä stereoäänityksessä, erityisesti pop- ja rock-musiikin äänitteissä, on usein ongelmallista saada kaikkia soittimia ja lauluääniä kuulumaan niin hyvin, että valmis miksaus olisi samanaikaisesti sekä musiikillisesti miellyttävä että erottelukykyinen. Koska stereossa suuntaerotteluakseleita on vain kaksi (vasen-oikea), äänittäjät joutuvat turvautumaan moniin muihin tapoihin erotella eri äänet toisistaan (esimerkiksi dynamiikan muokkainten ja taajuuskorjainten runsaaseen käyttöön). Monikanavaisessa miksausympäristössä puolestaan on niin monia lisämahdollisuuksia äänen sijoitteluun, että eri äänet erottuvat toisistaan luonnollisesti ja paljon helpommin kuin stereossa. Tämä puolestaan johtaa aiempaa vähäisempään dynamiikka- ja korjaintyökalujen tarpeeseen, mistä seuraa myös äänen laadun paraneminen: sointi on silloin lähempänä alkuperäistä, luonnollista kuulovaikutelmaa ja vähemmän keinotekoisena kuuloinen. Tällä seikalla on merkitystä myös kuunteluväsymykseen, joten monikanavaäänitteitä myös jaksaa kuunnella ja niistä nauttia pidempään kuin stereota kuunneltaessa.

Kolmas hyvän äänentoiston perusedellytys eli *luonnollisuus* tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että kuulija voi halutessaan unohtaa kuuntelevansa teknisiä laitteita ja kuvitella olevansa todellisten, elävää esitystä soittavien muusikoiden vieressä tai ympäröimänä. Parhaissa akustisissa äänitteissä tämä realistinen tilantuntu voikin olla varsin voimakas.

## 1.4 Monikanavaisuuden tuoma lisäetu

Monikanavainen toisto on jo sinänsä, puhtaasti teknisten syiden nojalla, tutkitusti luonnollisemman kuuloista kuin kaksikanavainen. Pro Gradu -tutkielmassaan äänittäjä Matti Fredriksson on kokeellisesti tutkinut samasta akustisesta tapahtumasta samanaikaisesti tehtyjen äänitteiden luonnollisuutta eri kanavamäärillä toistettuina. Työnsä yhteenvedossa hän toteaa tutkimuksestaan seuraavaa:

Erityisenä mielenkiinnon kohteena oli stereo- ja viisikanavajärjestelmän vertailu sekä se, paraneeko äänen luonnollisuus kaiuttimien määrää lisättäessä viidestä ylöspäin (kun käytössä on ambisonics-menetelmä). Tutkimustavoitteessa onnistuttiin hyvin, testattujen kaiutinjärjestelmien erojen ollessa selkeitä ja tutkimusmenetelmän osoittauduttua melko luotettavaksi.

Stereo- ja viisikanavajärjestelmän ero oli hyvin selkeä. Kaikkien ääninäytteiden kohdalla viisikanavaista pidettiin stereojärjestelmää parempana. Näin ollen tässä tutkimuksessa saatu tulos tukee 5.1-järjestelmän saavuttamaa vahvan standardin asemaa musiikki- ja elokuvateollisuudessa.

Hieman myöhemmin Fredriksson kirjoittaa:

Tässä tutkimuksessa saadut tulokset osoittavat, että äänen luonnollisuus ei kaiuttimia lisättäessä viidestä ylöspäin enää parane. Päinvastoin, kuulijoiden antamat arvosanat laskivat lievästi sitä mukaa, kuin kaiuttimien lukumäärä lisääntyi. (Fredriksson 2002, 49)

Luonnollisen äänentoiston ihanne toteutuu surroundissa stereota paremmin myös siitä syystä, että kaiuttimien tekninen suorituskyky ei tällöin joudu niin koville. Jo se seikka, että stereossa kumpikin kaiutin joutuu toistamaan koko kuuloalueen taajuuksia matalista bassoista aina korkeimpiin yläsäveliin, aiheuttaa teknisiä ongelmia äänen laadulle. Mitä matalampi soiva ääni on, sitä suurempaa mekaanista liikettä kaiutinkartio joutuu tekemään äänen synnyttämiseksi. Matalia ääniä toistava kaiutinkartio liikkuu siis voimakkaasti edestakaisin myös silloin, kun se toistaa samanaikaisesti korkeita ääniä. Tällöin korkeiden äänen osasten syntyy häiriintyvä kartion voimakkaasta liikkeestä, niiden sijainti avaruudessa muuttuu koko ajan eivätkä ne enää soi puhtaasti. Äänitekniikassa tällaista ilmiötä kutsutaan keskeismodulaatiosäröksi (engl. *intermodulation distortion*) ja se kuuluu äänessä epämusikaalisena, ruman sävyisenä korkeiden äänesten värityksenä. Sen sijaan, mitä useammalle kaiutinkanavalle toisto jakautuu, sitä pienempää on kaiuttimissa syntyvä keskeismodulaatiosärö ja sitä puhtaammin ääni soi. Aivan sama hyötyilmiö eli äänen säröytymisen väheneminen on taustalla myös siinä

huomiossa, että erillisellä subwooferilla varustettu stereolaitteisto soi aina puhtaammin ja selkeämmin kuin pelkkä kahden kuittimen toistolaitteisto.

Se, että stereotoistossa on aina ollut käytettävissä vain kaksi kaiutinta, on johtanut äänittäjiä myös etsimään joitakin muita erottelun keinoja kuin pelkän sähköisen panoroinnin vasemman ja oikean kanavan välille. Se, että eri äänet tai soittimet voidaan sijoittaa panoroimalla jossain määrin eri suuntiin, ei vielä anna äänikuvalle minkäänlaista ilmavuutta tai avaruutta, koska stereokannalta kuuluvat äänet vaikuttavat kaikki olevan tarkalleen yhtä kaukana kuulijasta. Nykyäänitteissä tämä vaikutelma useimmiten johtuu lähimikrofonitekniikan käytöstä, jolloin todellinen akustinen äänitysetäisyys todellakin useimmiten on hyvin pieni, enintään puolen metrin luokkaa. Soinnin luonnollinen tilavaikutelma kuitenkin edellyttää myös sitä, että ääneen syntyy etäisyysvaikutelma eli *perspektiivi*: tunne siitä, että jotkin esiintyjät ovat kauempana kuulijasta kuin toiset. Pop- ja jazz-musiikkimiksauksissa hyvin yleinen tapa pyrkiä luomaan puuttuvia etäisyysvaikutelmia on käyttää erillisiä sähköisiä kaikulaitteita (engl. *reverberation*). Parhaassa tapauksessa ne luovatkin jonkin verran perspektiivin vaikutelmaa, mutta samalla ne saattavat myös tuoda ääneen ylimääräistä, luonnotonta lisäväriä.

Monikanavaisessa äänitys- ja miksaustekniikassa perspektiivin hallitseminen on helpompaa, koska etäisyysvaikutelmia voi äänitettäessä erityisesti korostaa sijoittamalla ne eri kaiuttimiin. Silloin tarve äänen ulkopuolisten tehosteiden käyttämiseen myös vähenee, mikä saattaa parantaa toiston luonnollisuutta ja aitoa, alkuperäistä akustista ääntä muistuttavaa sointia. Näin ollen monikanavainen äänitystekniikka palveleekin parhaiten sellaisia tuotantoja, joissa tallennetun äänen sointi-ihanteena on nimenomaan luonnollisuus ja musiikin helppo kuunneltavuus. Kaikkein läheisimmin tämä toteutuu akustiseen realismiin pyrkivissä klassisen konserttimusiikin äänitteissä, joissa monikanavatekniikkaa erityisen runsaasti käytetäänkin.

## 2 STEREON JA MONIKANAVAN TEKNISET EROT

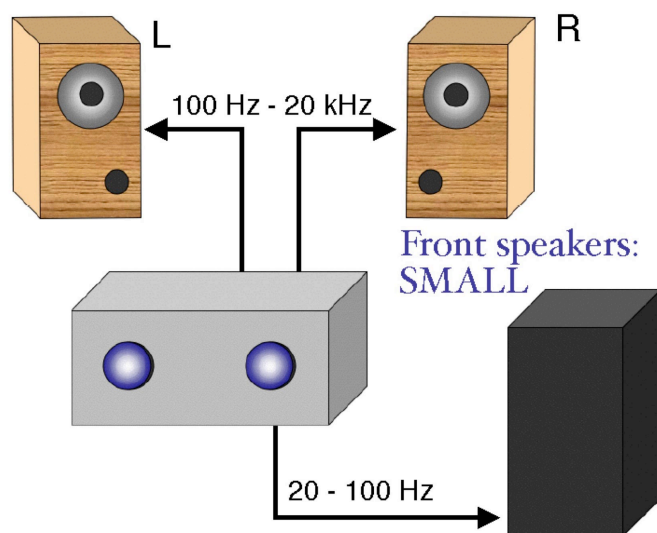
### 2.1 Bassokaiuttimen eri roolit

Stereo- ja monikanavajärjestelmien suora äänenlaadullinen vertaaminen toisiinsa on ongelmallista siksi, että niiden käyttö on osittain ristikkäistä. Kotiteatterilaitteisiin on jo niiden rakennusnormien suunnitteluvaiheessa rakennettu *yhteensopivuus taaksepäin*, joten monikanavaista laitteistoa voi hyvin käyttää myös stereokuunteluun; yksinkertaisimmillaan tämä tarkoittaa sitä, että monikanavaisesta laitteistosta käytetään vain kaiutinkanavia L ja R ja muut kaiuttimet kytketään pois päältä.

Ammattikäytössä, kuten äänistudioiden tarkkaaamoissa tai elokuvateattereissa, laitteiden oikeantyyppinen käyttö ei useimmiten tuotakaan ongelmia. Sen sijaan kuluttajatason laitteissa jotkin maallikolle oudot nimitykset saattavat aiheuttaa epä tietoisuutta. Tällöin ongelmien lähteenä ovat usein väärinkäsitykset niin eri kaiuttimien rooleista kuin koko laitteiston käytötarkoituksestakin.

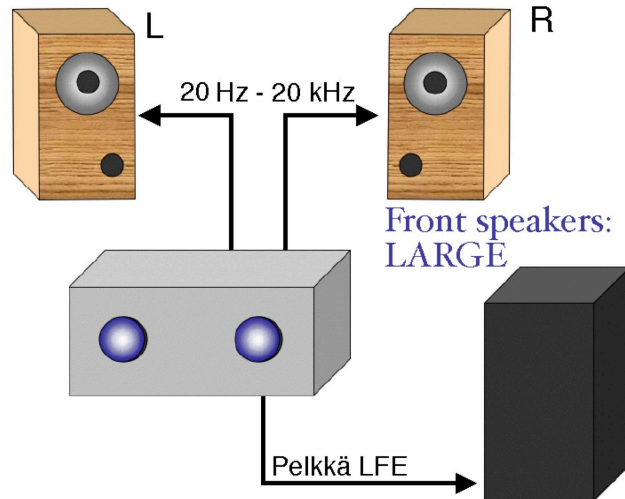
Kaiuttimien käytössä ja säädössä etenkin lattialle sijoitettu erillinen bassokaiutin (engl. *subwoofer*) saattaa olla pulmallinen. Tällaisia laitteita käytetään usein myös kaksikanavaisissa toistolaitteissa, jolloin bassokaiutin toistaa ne kaikkein matalimmat taajuudet, joihin pääkaiuttimien L ja R oma toistoalue ei muutoin ylettyisi. Etenkin silloin, kun pääkaiuttimina käytetään pienikokoisia, helposti sisustukseen sopivia "kirjahyllykaiuttimia", erillisen bassokaiuttimen käyttö parantaa bassotoiston laajaksi ja muhkeaksi ilman, että ulkonäköseikoista tarvitsee tinkiä. Mikäli pääkaiuttimet L ja R esimerkiksi toimivat kaksitieperiaatteella (jolloin kummankin pääkaiuttimen kotelossa on sisällä kaksi erillistä kaiutinelementtiä, *woofer* ja *tweeter*), pelkästään yhden erillisen monofonisen bassoyksikön lisääminen muuttaa samalla koko toistolaitteiston kolmitieperiaatteella toimivaksi. Yksi keskellä sijaitseva subwoofer voi siis siis samanaikaisesti palvella molempia stereokanavia, koska suuntakuulomme on varsin epäherkkä havaitsemaan kaikkein matalimpien taajuuksien tulosuuntia. Tällaisesta laitteistokytkenästä käytetään nimitystä bassonhallinta (engl. *bass management*).

Teknisesti bassonhallinta toteutetaan siten, että L- ja R-signaaleista erotetaan jakosuotimen avulla kaikkein matalimmat (pääkaiuttimien toistokaistan alapuolelle jäävät) taajuudet, jotka sitten summataan yhteen ja ohjataan kuunteluvahvistimessa olevaan erilliseen subwoofer-lähtöliittimeen. Kaikissa nykyaikaisissa, HiFi-tasoisessa kotikuunteluun rakennetuissa päätevahvistimissa onkin tällainen kytkentämahdollisuus jo valmiina. Tällöin vaadittava bassoyksikkö täytyy kuitenkin hankkia erikseen, jo olemassa olevien stereokaiuttimien lisäksi.



*Kuva 5. Stereoparin pääkaiuttimien bassotoistoa laajentava subwoofer-kytkentä, jossa pääkaiuttimien jakosuotimen taajuusvalinnaksi asetetaan vahvistimessa SMALL. Tällöin molempien pääkanavien matalat taajuudet ohjautuvat jakosuotimen jälkeen yhteen miksattuina yhteiseen bassokaiutinyksikköön.*

Sen sijaan monikanavaisissa toistolaitteissa, kuten kotiteattereissa, jo vakiovarusteena oleva bassokaiutin toimii aivan eri periaatteella. Kaikkein yleisin monikanavaisuuden nykymuoto on niin sanottu 5.1-kanavajako, johon kuuluu viisi täyden kaistan toistokanavaa (ja niitä vastaavat täyden kaistan kaiuttimet) sekä erillinen LFE-kanava (*Low Frequency Effects*) ja sitä vastaava, pelkästään matalinta bassoaletta toistava pientaajuuskaiutin. Silloin, kun kuunneltavaan äänitteeseen sisältyy erillinen LFE-kanava, bassokaiutin toistaa sen, eikä mitään muuta – toisin sanoen monikanavatoistoon ei tavallisesti kuulu samanlaista pääkanavien bassoaletan subwoofer-jakosuodatusta kuin stereotoistoon.



Kuva 6. Surround-laitteistoon kuuluvien L- ja R-kaiuttimien LFE-kytkentä, jossa pääkaiuttimien taajuusvalinnaksi asetetaan vahvistimessa LARGE. Tällöin ainoastaan LFE-kanavan sisältämät matalat taajuudet ohjautuvat bassokaiutinyksikköön, jolloin jakosuodintakaan ei tarvita.

## 2.2 Kotikuuntelun kysymyksiä

Ongelmallista maallikkokäyttäjälle on nimenomaan se, että nämä kaksi bassokaiuttimen käyttötapaa voivat kotilaitteissakin olla käytössä joko erikseen tai yhtä aikaa, riippuen kuuntelijan mieltymyksistä sekä kulloinkin kuunneltavasta ohjelmasta. Kaikki kaupoissa myytävät bassokaiuttimet sopivat siis aivan yhtä hyvin käytettäviksi sekä subwoofer-kaiuttimina (eli toistettavan taajuusalueen laajennukseen) että LFE-kaiuttimina (eli äänitteessä olevan erillisen LFE-kanavan toistamiseen). Tämä asettaa monikanavaäänitteitä miksaavat äänittäjät vaikean valinnan eteen: miten paljon bassoa ohjelmaan uskaltaa laittaa, kun basson lopullisesta tasosta kuluttajien laitteissa ei ole muuta tietoa, kuin että se vaihtelee runsaasti laitteesta toiseen? Lisäksi useimmissa monikanavaisissa päätevahvistimissa (niin sanotuissa av-vahvistimissa) on koko joukko monipuolisia kaiutinsäätöjä, joiden avulla näitä molempia toimintoja voi hyödyntää samanaikaisesti, usein jopa keskenään säädettävissä voimakkuussuhteissa.

Näiden asetusten keskinäisten suhteiden ongelmia Jukka Laaksonen kuvaa seuraavasti:

Monikanavaisen musiikin miksaajan ongelma näiden eri vaihtoehtojen keskellä on se, että hän ei voi tietää, millä tavalla kukin äänitteen ostaja on kytkenyt omat kotiteatterilaitteensa ja millaisia korostuksia ja jakotaajuuksia niissä kulloinkin on. Tässä suhteessa elokuvien äänessä on vähemmän ongelmia kuin ilman kuvaa tehtävissä musiikkimiksauksissa. Musiikkiäänittäjä ei myöskään voi tietää sitä, riittääkö kotikuuntelijan ymmärrys ja taito vaihtamaan vahvistimen toimintatila oikeaksi silloin, kun hän siirtyy elokuvaäänestä pelkän monikanavaisen musiikin kuunteluun. Maltillisella LFE-kanavan käytöllä (tai sen tietoisella käyttämättä jättämisellä) on mahdollista välttyä pahimmilta ristiriidoilta. Valistunut kuluttaja saa aina lopulta musiikkiin haluamansa määrän kaikkein alintakin bassoa, mutta toisaalta se tietysti edellyttää häneltä omatoimista kykyä kytkeä ja säätää omat laitteensa, myös LFE-kytkentä ja bassonhallinta, oikein (Laaksonen 2006, 301).

Toinen, aivan erityinen teknisten ristiriitojen ja epävarmuuden syy on LFE-kanavan tekninen -10 dB sovituserongelma, joka juontaa juurensa elokuvaäänien kehityshistoriasta. LFE-toiston alkuperäisenä kehittäjänä pidetään Lucasfilm-yhtiön teknistä johtajaa Tomlinson Holmania, joka esitteli tämän tekniikan ensi kertaa elokuvassa "Star Wars – Tähtien sota". Kyseessä oli kuusiosaisen teossarjan vuonna 1977 valmistunut ensimmäinen elokuva, joka myöhemmin, koko sarjan valmistuttua, sai nimekseen "Episode IV: A New Hope".

1970-luvulla pitkien teatterielokuvien äänentallennus perustui *optiseen ääniraitaan*, jossa äänimodulaatio valotettiin filmin laitaan samaan tapaan kuin kuvakin. Analogisesta esikorostuksestaan johtuen tällainen järjestelmä on herkkä ylihjaukselle, erityisesti bassoalueella (aivan samoin kuin mekaaninen äänilevy on erityisen herkkä bassoalueen ylihjaukselle). Ylihjaussärön välttämiseksi usein voimakkaita iskuja sisältävä LFE-raita tallennettiin elokuvan esityskopioon normaalista alennetulla tallennustasolla (-10 dB tasolla muihin kanaviin nähden). Jotta elokuvateatterissa soivan äänen voimakkuus saataisiin takaisin alkuperäiselle tasolle, toistavan LFE-kaiuttimen vahvistusta sitten lisättiin vastaavasti 10 dB muita kaiuttimia suuremmaksi.

Tämä järjestely toimi hyvin niin kauan, kuin elokuvien monikanavaääni oli analoginen. Kaikki nykyiset kuluttajakäytössä olevat tallennemuodot (jo varsin harvinaiseksi käynyttä vinylilevyä lukuunottamatta) ovat luonteeltaan digitaalisia. Digitaalinen tallennus puolestaan on taajuuskäyttäytymiseltään *lineaarinen* (tasalaatuinen) ja siksi siinä ei tarvitse varoa bassoaluetta yhtään sen enempiä kuin muitakaan taajuusalueita.

Näin ollen myös elokuvaääneen suunniteltu -10 dB vaimennus bassokanavassa ei enää ole teknisesti perusteltu, ja sen käytöstä onkin nykyään luovuttu sellaisissa äänitteissä, joihin ei liity kuvaa (kuten monikanavaisissa musiikkilevyissä). Kuluttajan tehtäväksi jää kuitenkin edelleen päättää siitä, lisääkö hän oman bassokaiuttimensa toistoon tuon perinteisen 10 dB vahvistuksen, vai jättääkö hän sen tekemättä. Tämä ongelma on erityisen vaikea niille monikanavamusiikin äänittäjille, jotka haluaisivat täysin käyttää hyväkseen LFE-kanavaa musiikkimiksauksen tehostajana. Koska äänittäjät ja tuottajat ei voi mitenkään tietää sitä, toistuuiko äänite kuluttajan kotilaitteilla heikennetyllä (0 dB) vai vahvistetulla (+10 dB) bassotoistolla, monet levy-yhtiöt ovat pyrkineet väistelemään koko ongelmaa, jättämällä LFE-kanavan lähestulkoon tai peräti täysin käyttämättä, etenkin pelkkää musiikkia sisältävissä äänitteissä. Jos LFE-kanavaan on tallennettu pelkästään jotain hyvin hiljaista signaalia, kenenkään laitteet eivät pääse yliohtautumaan vomakkaasta bassosta, mutta levyihin voi siitä huolimatta valehtelematta painattaa myyntiä edistävän 5.1-merkinnän.

### **2.3 Elokuvia vai musiikkia?**

Toinen yleistä epätietoisuutta aiheuttava seikka on se, että myös monikanavaisia äänentoistolaitteita sinänsä valmistetaan kahteen, lähtökohtaisesti keskenään aivan erilaiseen käyttötarkoitukseen. Ei siis riitä, että kuluttaja viimein päättää uskaltaa hankkia itselleen kuusikanavaiset kotiteatterikaiuttimet; sen lisäksi hänen täytyisi myös pystyä perustelemaan itselleen se, millaista kotiteatteria oikein ollaankaan hankimassa.

Monikanavainen äänentoisto on vuosikymmenien ajan ollut oleellinen osa pitkien teatterielokuvien tuotantoa. Kaupallisissa elokuvateattereissa (samoin kuin elokuvien äänityskäytännössä) myös eri kaiuttimien roolit on tarkasti määritelty; etenkin etukannan keskellä oleva C-kaiutin (*Centre*) on tällöin useimmiten käytössä vain ja nimenomaan näyttelijöiden puheen toistoon (siitä käytetäänkin alalla yleisesti myös nimitystä "dialogue channel"). Samoin taustakaiuttimien käyttö (elokuvan tyylilajista riippuen) rajoittuu usein vain taustatehosteisiin, jälkikaikuihin ja ympäristöääniin.



Tämä laitteiston käyttötapa näkyy selvästi myös niissä kotiteatterikaiutinsarjoissa, joita markkinoidaan nimenomaan elokuvien kuunteluun. Niissä keskikaiutin on tyypillisesti muodoltaan erilainen (ja usein myös kooltaan pienempi) kuin stereokuunteluunkin käytettävät sivukaiuttimet L ja R. Keskikaiuttimen pieni koko helpottaa ennen kaikkea sen sijoittamista televisiovastaanottimen päälle. Tällaiselle laitteistolle on lisäksi tyypillistä se, että myös takakannan kaiuttimet LS ja RS ovat huomattavasti pienemmät kuin etukannalla; tällä tavoitellaan usein parempaa soveltuvuutta sisustukseen. Sen sijaan korkealaatuiselle monikanavaiselle musiikin kuuntelulle on oleellisen tärkeää se, että kaikki viisi pääkaiutinta (L, C, R, LS ja RS) ovat keskenään täysin samanlaisia, täyden taajuuskaistan toistavia HiFi-kaiuttimia. Pelkästään se seikka, että kaupallisissa monikanavaisissa musiikkimiksauksissa usein sijoitellaan tärkeitä soittimia tai lauluääniä myös takakannalle, vaatii, että kuuntelijan takana olevien kaiuttimien tulee toistaa niihin syötetyt signaalit aivan yhtä luonnonmukaisesti kuin etukaiuttimienkin.

Äänitysstudioiden tarkkaamokuuntelun osalta Masataka Nakahara ja Akira Omoto ilmaisevat tämän surround-kaiutinympyrän yhdenmukaisuusvaatimuksen seuraavasti:

One of the most important considerations for a studio monitoring environment is that all channels have a consistent response at the listening position.

The second most important consideration is that this consistent response be good response. We could list numerous parameters for deciding whether the response is good, ranging from subjective to physical, however key is that there are no large peaks or dips in the frequency characteristic (Nakahara, Omoto 2003, 319).

Sama huomio voidaan tällöin käänteisesti muuntaa suoraan koskemaan myös kaikkia kotikuuntelussa käytettäviä monikanavajärjestelmiä, siitä yksinkertaisesta syystä, että tarkkaamossa työskennellyt äänittäjä on jo alun perinkin kuulonvaraisesti laatinut miksauksen ja sen sävyt soimaan juuri sellaisina, kuin hän on ne miksaustilanteessa kuullut viiden, keskenään samanlaisen kaiuttimen toistamina. Tästä seikasta on suoraan pääteltävissä se, että myös kotioloissa ainoastaan viisi keskenään samanlaista kaiutinta pystyvät toistamaan saman miksauksen oikein (siis alkuperäisellä, äänittäjän ja tuottajan tarkoittamalla tavalla).

Tämä ongelmakenttä ja viihdealan erilaisten äänituotantoformaattien keskinäinen yhteensopimattomuus muodostuu vielä entistäkin monimutkaisemmaksi, kun otetaan huomioon se, että esimerkiksi joissakin DVD-videotallenteissa (kuten kaupallisissa elokuvissa) äänen kanavajako toimii elokuvakäytännön mukaan, kun taas toisissa (kuten monikanavaisissa videoituissa konserttitallenteissa) äänen kanavajako puolestaan toimii musiikkikäytännön mukaan.

Sellainen korkealaatuinen kotilaitteisto, jonka kaikki viisi pääkaiutinta toistavat koko kuultavan taajuusalueen ja ovat lisäksi keskenään samanlaisia, pystyy toki toistamaan kummankin tyypin äänitteitä varsin tyydyttävästi; siihen kuluva rahamäärä vain on jo huomattavasti suurempi kuin mitä kodinkoneliikkeiden mainostamien huokeimpien "kotiteatteripakettien" tarjoushinnat antavat ymmärtää. Tosiasiaksi jää aina se, että hyvää laatua ja monipuolisuutta ei koskaan saa halvalla, mikä saattaaakin myöhemmin aiheuttaa yllättäviä lisäkuluja vaatimattomia "perustason" laitteita hankkineille.

## 3 STEREO- JA MONIKANAVAÄÄNEN YHTEENSOPIVUUS

### 3.1 Stereo ja mono

Samoin kuin stereofoniset ja monikanavaiset kuuntelujärjestelmät eroavat toisistaan teknisesti, ne eroavat toisistaan myös äänitteiden taiteellisen sisällön ja kuulovaikutelman suhteen, jopa vielä paljon suuremmassa määrin. Kaikkein oleellisin, maallikonkin selkeästi huomaama ero on tietenkin se, että surround-laitteisto tuottaa ääntä myös kuuntelijan takaa. Toinen yhtä tärkeä, mutta vaikeammin havaittava ero liittyy kuitenkin siihen, millä tavalla niin laitteiston suunnittelussa kuin käytännön äänityksissäkin otetaan huomioon eri laitetyyppien väliset yhteensopivuusvaatimukset.

Silloin, kun stereofoniset laitteet ja äänitteet tulivat ensi kertaa suuren yleisön tietoisuuteen 1950-luvulla, suurin osa levysoittimista, radioista ja muista kodin äänentoistolaitteista oli yhä yksikanavaisia eli *monofonia*. Niissä oli siis vain yksi kaiutin (tai usean erillisen elementin muodostama, yhteen koteloitu monitiekaiutin), joka toisti kaiken kuultavan äänen samasta pisteestä. Kun stereofonia ja sen synnyttämät uudet suuntavaikutelmat saapuivat markkinoille, piti sekä laitevalmistajien että äänitetuottajien ottaa huomioon tämän laajan, jo olemassa olevan laitekannan aiheuttamat vaatimukset. Tällöin syntyi käsite yhteensopivuus alaspäin (engl. *downwards compatibility*), jolla määritellään se, miten hyvin kuluttaja pystyi toistamaan uusia stereoäänitteitä myös vanhemmilla monolaitteilla.

Stereoäänitteissä tämä tavoite eli monoyhteensopivuus (*monophonic compatibility*) liittyy erityisesti stereokanavien keskinäisiin vaihesuhteisiin. Yhteensopivuus on hyvä aina silloin, kun stereokanavien signaalit ovat enimmäkseen keskenään myötävaiheessa. Vastaavasti yhteensopivuus on huono aina silloin, kun stereokanavien signaalit ovat enimmäkseen keskenään vastavaiheessa. Siinä ääritapauksessa, että kanavat L ja R ovat aina täydellisesti myötävaiheessa keskenään kaikilla taajuuksilla, ne toistavat täsmälleen samaa signaalia, jolloin äänen toisto ei itse asiassa ole enää lainkaan stereofonista, vaan ainoastaan kahden eri kaiutinkanavan kautta toistettua monoääntä. Tällaisia arkipäiväisiä, tosin stereolaitteilla toistettavissa olevia, mutta silti sisäisesti monofonia ohjelmatyyppejä ovat esimerkiksi radion ja television uutislähetykset. Lisäksi yhä

nykyäänkin valmistetaan ja myydään halpoja viihdelaitteita, jotka on rakennettu ainoastaan monotoistoon kykeneviksi. Tällaisia ovat esimerkiksi monet matkakäyttöön tarkoitetut, pienikokoiset ja kannettavat radio- ja televisiovastaanottimet.

Stereokuunteluun liittyvä pyrkimys selkeään äänen tulosuunnan vaikutelmaan sisältää siis väistämättä aina jonkin asteisia kompromisseja ja äänitystaiteellisia sovittelemuratkaisuja, yhtäältä ihanteellisen stereovaikutelman ja toisaalta monolaitteiden aiheuttaman yhteensopivuusvaatimuksen välillä. Tällaisiin, käytännön äänityössä päivittäin punnittaviin kysymyksiin kuuluvat esimerkiksi aivan stereokannan äänilaitoihin panoroitujen äänten suhteellinen voimakkuus ja sen arvioiminen monoyhteensopivuuden kannalta, koska ne vaimentuvat ympäristöönsä nähden 3 desibeliä hiljaisemmiksi aina silloin, kun äänitettä kuunnellaan monona (Laaksonen 2006, 134).

## **3.2 Surround ja stereo**

Surround-järjestelmien kaiutinasettelunormissa on jo otettu huomioon toinen, edellä kuvatun tapainen yhteensopivuuskysymys, nimittäin yhteensopivuus ylöspäin (*upwards compatibility*), jolla määritellään se, miten hyvin kuluttaja pystyy toistamaan vanhoja stereoäänitteitä myös uusilla monikanavalaitteilla. Valmiin stereo- tai mono-ohjelman kuuntelu surround-laitteilla onkin sinänsä helppoa: stereo-ohjelma toistetaan pelkästään kaiuttimilla L ja R, kun taas mono-ohjelma toistetaan pelkästään kaiuttimella C. Sen sijaan päinvastainen kysymys eli yhteensopivuus alaspäin (se, minkä laatuinen alunperin monikanavaiseksi miksattu ohjelma on kuunneltavissa stereo- tai monolaitteissa), on jo vaikeampi kysymys. Surroundin osalta tällaisia yhteensopivuuden vaatimuksia on kaksi: stereo- ja monoyhteensopivuus.

Se, miten yhteensopivuus toimii, on kuitenkin suuresti riippuvainen äänitteen miksaajan työtavoista ja henkilökohtaisista mieltymyksistä. Usein äänitteen tätä ominaisuutta ei edes mitenkään erityisesti painoteta tuotannossa. Varsin yleistä onkin se, että surroundvaikutelman hyvää suuntavaikutelmaa ja avaruutta ei haluta lainkaan huonontaa stereoyhteensopivuuden vaatimusten mukaan. Tällaisissa tapauksissa äänitteeseen sisällytetään aivan erilliset monikanava- ja stereomiksaukset ja sitten annetaan kuuntelijan valita, kumpaa hän kulloinkin haluaa käyttää. Nykyiset monipuoliset

digitaaliset tallennustavat monine kanavineen ovat siis tehneet äänittäjille mahdolliseksi etääntyä äänitteiden yhteensopivuusvaatimuksesta paljon enemmän, kuin mikä aikanaan oli teknisesti mahdollista siirryttäessä monosta stereoon.

Sellaisten monikanavaisten äänitteiden osalta, joissa erillistä stereomiksausta ei ole tehty tai joissa se on kuulijan mielestä epätydyttävä, voidaan käyttää myös valmiiksi esisäädettyä stereomiksausta eli niin kutsuttua *downmix*-toimintoa. Tällainen mahdollisuus sisältyy useimpiin nykyaikaisiin monikanavavahvistimiin. Yleisimpiä tapoja sen toteuttamiseen on summata C-kanava 3 dB vaimennettuna sekä L- ja R-kanaviin sekä samoin summata takakanavat etulaitoihin L ja R joko 3 dB tai 6 dB vaimennettuina (se, kumpi arvo kulloinkin valitaan, voidaan jättää myös kuuntelijan säädettäväksi, koska se riippuu aina kulloinkin kuunneltavan äänitteen takasignaalien taiteellisesta tärkeydestä ja niiden suhteellisesta voimakkuudesta etukantaa nähden).

Jo pelkästään stereoyhteensopivuuden varmistaminen vaatisi miksausessa joskus suuria taiteellisia uhrauksia, mistä syystä surroundista useimmiten tehdäänkin erillinen stereomiksaus, sen aiheuttamasta lisätyöstä huolimatta. Vastaavasti monikanavaisen miksausksen monoyhteensopivuutta harvoin edes ajatellaan, koska monotoiston vaatimukset on kuitenkin paljon helpompi toteuttaa stereo- kuin surround-muodossa.

Pyrkimys yhteensopivuuteen saattaa kuitenkin aiheuttaa monikanavaisissa laitteissa enemmän ongelmia kuin stereolaitteita käytettäessä. Perinteisen monolaitteen omistajahan saattaa kuunnella yhdellä kaiuttimellaan alunperin stereofonista radio-ohjelmaa tai CD-musiikkia täysin ongelmitta, jopa edes tietämättä sitä, että ääni on summattu monoksi. Sen sijaan monikanavaisen äänitteen yhteensopiva toisto vaatii pienissäkin kotiteatterilaitteissa runsaasti säätämistä, valikkoihin sijoitettujen toimintojen esille hakemista ja ennen kaikkea englanninkielisen audiosanaston ymmärtämistä. Näin ollen monikanavaisen äänentoiston myötä suuresti lisääntyneet valinnan mahdollisuudet ovat samalla vaikeuttaneet laitteiden käyttöä ja siltä osin arvattavasti myös rajanneet kuulijakuntaa, missä saattaa piillä osaselitys surround-tekniikan hitaaseen yleistymiseen. Samaan suuntaan on osaltaan vaikuttanut myös audiolaitteiden valmistajien keskinäinen kilpailu laitteiden mahdollisimman runsailla ja monipuolisilla ominaisuuksilla, jolloin tuotteiden lopullinen kotikäytettävyys ja kuuntelun ergonomia yllättävänkin usein unohdetaan.

## 4 STEREOTEKNIIKAN PERINTEISET EDUT

### 4.1 Ylimenokaudet

Aina, kun jonkin viihde-elektroniikan uuden kehitysaskelen merkitystä arvioidaan kotikuluttajan kannalta, on syytä erityisesti punnita sitä, millaista aitoa lisäarvoa uusi tekniikka tuo käyttäjälleen entiseen verraten. Silloin, kun uudella tekniikalla ei saavuteta juuri mitään ilmeistä hyötyä, mutta käyttö sen sijaan hankaloituu, kuluttajien vastustus on suurta. Näinhän kävi esimerkiksi silloin, kun Suomessa siirryttiin digitaalisiin maanpäällisiin televisiolähetysiin syyskuussa 2007: tekniikka oli yhä kehittymätöntä, luvattuja uusia palveluita ei ollut saatavilla ja suuria hankaluuksia syntyi jopa sellaisissa perustoiminnoissa, jotka olivat aiemmin toimineet analogisesti moitteetta useita vuosikymmeniä (kuten audion ja videon keskeinen tahdistus tai kuvaan lisätty tekstitys).

Stereokuuntelun kiistattomia etuja monikanavaisuuteen verraten ovat sen tutuus, yleisyys, kuulijan sijoittumisen helppous ja laitteiden halpuus. Useimmat äänentoistolaitteet ovat kyenneet stereotoistoon jo niin kauan, ettei asiaa aina edes ajatella; se, että televisiossa tai HiFi-laitteistossa on kaksi kaiutinta, on jo kaikille itsestään selvää. Useimmat aktiiviset musiikin kuuntelijat myös hallitsevat stereokuuntelun perussäännöt eli asettautumisen kaiutinten etupuolelle ja väliin siten, että välimatka kumpaankin kaiuttimeen on yhtä suuri kuin kaiuttimien etäisyys toisistaan. Helposti kannettavien musiikkilaitteiden ja pienten kuulokkeiden yleistymisen myötä stereokuuntelu on nykyään myös tullut sekä huokeaksi että mahdolliseksi lähes kaikkialla.

Tämä stereotekniikan etu on samalla surround-kuuntelun suurin haitta: kaiuttimien muodostamassa kuunteluympyrässä on aina erityisesti asettauduttava tiettyyn pisteeseen ja pysyttävä siinä melko liikkumatta. Musiikki ei siis enää seuraa kuulijan mukana, vaan kuulijan on tultava sinne, missä laitteet ovat. Monenlaisia kokeiluja esimerkiksi surround-kuulokkeiden kehittämiseksi on tehty, mutta vaikka parhaat ammattikäyttöön tehdyt ratkaisut toimivatkin varsin hyvin, niiden rasitteina ovat suuri koko ja kallis hinta, jotka pitävät ne jatkossakin ainoastaan äänittäjien työvälineinä.

## 5 MONIKANAVATEKNIIKAN HAITTOJA

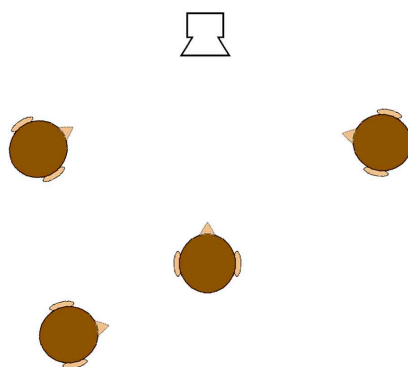
### 5.1 Kanavamäärä ja kuuluvuus

Vaikka surround-tekniikka tarjoaakin runsaasti äänellisiä etuja stereoon verraten, on sillä myös omat haittansa. Näistä keskeisimpiä ovat kuuntelijan sitouttaminen yhteen kuuntelupisteeseen, muiden kuin etukaiuttimien välisen kannan liiallinen leveys sekä fysiologiset kuunteluongelmat keskeisen kuuntelupisteen sivuilla ja takana.

Yleinen sääntö kaikessa tallennetun äänen kaiutinkuuntelussa on se, että kuuntelualue on aina sitä pienempi, mitä useampia erillisiä toistokanavia kuunteluun käytetään. Tästä monikanavakuuntelun parhaan kuuntelupaikan (engl. *sweet spot*) pistemäisyydestä David Griesinger toteaa:

Before we can begin recording, we must know whether the recording will primarily be heard by a single listener at a single point, or by a group of listeners. The answer will determine many aspects of the recording method. In film recording, the answer is obvious – the recording will be heard by a group. Yet for music recording, we have answered the question without posing it – we have made individual listening at a single point the standard. A single listener is at a point equidistant from all loudspeakers. There is no listening area, only a listening point. What happens, when we listen with friends? Will someone – or everyone – be disappointed? (Griesinger 2001, 182-183)

Täysin ylivoimainen toistomuoto tässä suhteessa onkin monofoninen eli vain yhden kaiuttimen kautta toistettu ääni, jonka kuuluvuus kaikille samassa huoneessa oleville kuuntelijoille on täysin riippumaton kuuntelijan sijainnista tilassa.



Kuva 7. Huoneessa olevan monokaiuttimen lähelle ryhmityneet kuuntelijat kuulevat kukin kaiuttimesta tulevan pistemäisen äänen yhtä hyvin, riippumatta siitä, missä suunnassa tai miten kaukana kaiuttimesta kukin kuulija on.

Tätä monotekniikan mainota kykyä välittää ääni tasaisesti kaikille kuulijoille, heidän sijainnistaan riippumatta, käytetään äänitustekniikassa tietoisesti hyväksi aina silloin, kun ääneen sisältyvän asiatiedon luotettava välittäminen kuulijoille on ensiarvoisen tärkeää. Esimerkiksi radion ja television uutislähetysten ääni, samoin kuin viranomaisten hätäkuulutukset, ovatkin monofonisia juuri tästä syystä.

Jo perinteinen kahden kanavan stereokuuntelu rajoittaa voimakkaasti kuuntelijan sijoittumista huoneessa, koska parhaan stereovaikutelman saadaksesen hänen on aina sijoitettava sivusunnassa yhtä kauas kummastakin kaiuttimesta, toisin sanoen stereokannan puoliväliin. Monikanavaisuudessa tähän sivuttaisrajoitukseen yhdistyy toisensuuntainen lisärajoitus etu-taka-suunnassa, koska, saadaksesen parhaan perspektiivivaikutelman, kuulijan on sijoitettava juuri oikeaan kohtaan L-C-R-kaiuttimien muodostaman etukannan ja LS-RS-kaiuttimien muodostaman takakannan väliin (kuva 4).

Siksi kotiteatterin monikanavainen kuuntelu toimiikin todella nautittavasti vain yhdelle tai korkeintaan muutamalle kuuntelijalle kerrallaan. Kaupallisissa elokuvateattereissa, joissa tietenkin myös toistetaan monikanavaääntä, tämä seikka ei muodostu ongelmaksi siitä yksinkertaisesta syystä, että elokuvateatterissa kaiuttimien etäisyydet kuulijasta ovat aina paljon suuremmat kuin kotiteatterissa, jolloin myös "sweet spot" on suurempi. Silloin, kun kaiuttimet ovat useiden kymmenien metrien etäisyydellä, kuunteluympyrän koko muodostuu niin suureksi, että suuri joukko ihmisiä kykenee vastaanottamaan monikanavaisen äänikokemuksen suunnilleen samanlaisena.

Kotioloissa kuunteluhuoneen rajoitettu koko useimmiten estää tämän, joskin Suomessakin on rakennettu omakotitalojen kellareihin joitakin kotikuunteluhuoneita, joiden mittakaava on lähellä kaupallisia elokuvateattereita ja äänentoiston laatuakin sen mukainen. Näin vakava HiFi-kuuntelu vaatii kuitenkin isot tilat ja kalliit laitteet, mistä syystä se pysyy aina pienen vähemmistön harrasteena eikä siksi myöskään erityisen paljon kiinnosta suuriin myyntilukuihin tähtääviä kaupallisia laitevalmistajia.

Toinen surround-kuuntelun perushaitta ei liity kuuntelupaikan kokoon, vaan pikemminkin suoraan itse monikanavaisen toistotekniikan rajoituksiin, siis kaiuttimien



normitettuun sijaintiin kuulijan päähän nähden sekä siihen perusmekanismiin, jonka avulla oma kuuloaistimme yleensäkin erottaa eri suunnista kuuluvat äänet toisistaan.

## 5.2 Suuntakuulon toiminta

Suuntakuulomme eli äänten akustinen lokalisointikykyemme perustuu siihen, että molemmat korvamme kuulevat aina samanaikaisesti samat äänet, mutta kumpikin korva kuulee ne erilaisina. Ne äänen ominaisuudet, jotka eroavat toisistaan kahden korvamme välillä, ovat äänen voimakkuus (amplitudiero), äänen viivästymisen (aika- ja vaihe-erot) sekä äänen taajuussisällön muuttuminen (sävyero). Yleistä kaikelle suuntakuulemiselle on se, että korkeilla (yli 1,5 kHz) taajuuksilla, joiden akustinen aallonpituus on lyhyempi kuin ihmisen korvien välinen etäisyys, äänen tulosuunnan erottaminen perustuu korvien väliseen *intensiteettieroon* (voimakkuustasojen eroihin) kun taas matalilla (alle 1,5 kHz) taajuuksilla, joiden akustinen aallonpituus on pidempi kuin ihmisen korvien välinen etäisyys, äänen tulosuunnan erottaminen perustuu korvien välisiin *aika- ja vaihe-eroihin* eli stereokanavien kulkuviiveeseen (Rumsey 2001, 23-30). Kaikkien näiden eri osatekijöiden kokonaisuudesta käytetään kuulotutkimuksessa yhteistä yläkäsitettä pään siirtofunktio eli HRTF (*head-related transfer function*).



Kuva 8. Akustinen ääni suodattuu ihon ja korvalehden epätasaisuuksista eri tavoilla riippuen siitä, kuulemmeko äänen suoraan edestä, suoraan sivulta vai jostain muusta suunnasta.

Kuulomme on erityisen herkkä niille äänille, jotka kuuluvat korviimme joko suoraan edestä tai suoraan sivulta. Sivulta kuulevat äänethän pääsevät etenemään korvakäytäviin esteittä. Lisäksi ulkokorvamme eli korvalehtemme rakenne on sellainen, että sen kiemuraiset muodot ohjaavat myös edestäpäin tulevan äänen suoraan pään sisäiseen korvakäytävään ja sitä tietä edelleen mekaaniseksi värinäksi korvan tärykalvolle, synnyttämään kuuloaistimuksen.

Sen sijaan takaapäin kuuluvat äänet törmäävät päässämme kahteen akustiseen esteeseen: ensinnäkin tukkaan (tai päänahkaan) sekä toiseksi ja ennen kaikkea korvalehden kovarustoiseen takaosaan, jonka muoto siinä tapauksessa estää äänen etenemistä korvakäytävään. Kaikkien tällaisten äänen energiaa imevien esteiden vaikutus on suorassa suhteessa äänenkorkeuteen eli ilmaäänien akustiseen aallonpituuteen. Mitä korkeampi (suuritaajuisempi) ääni on, sitä pienempi sen aallonpituus on ja päinvastoin. Kuuloalueemme matalimmat bassoäänet (pienet taajuudet) ovat aallonpituudeltaan niin pitkiä ja niiden liike-energia on niin suuri, että ne pystyvät helposti kiertämään päässämme olevat pinnat, kun taas korkeimpien äänten hyvin lyhyt aallonpituus ja hyvin pieni liike-energia aiheuttavat niiden vaimenemisen (jolloin äänen liike-energia itse asiassa muuttuu lämmöksi, joskin lämmön nousu ihollamme on niin pieni, ettemme pysty aistimaan sitä).

Eero Aro kuvaa tätä ilmiötä yksinkertaisen ja helposti toistettavan kokeen avulla:

Avaa keittiön tai kylpyhuoneen vesihana ja jätä vesi juoksemaan. Astu kauemmas vesisuihkusta ja sulje silmäsi. Jos kääntelet päätä hitaasti puolelta toiselle, niin huomaat, kuinka kohinan luonne muuttuu. Pään takaa ja yläpuolelta kuultuna kohina on tummempaa ja pään edessä kirkaampaa (Aro 2006, 33).

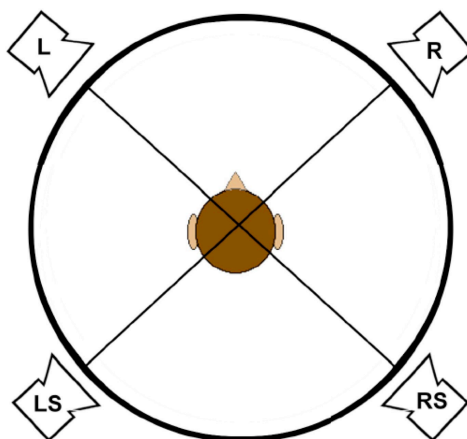
Yksinkertaistaen tämä tarkoittaa sitä, että luonnollinen suuntakuulomme aistii takaapäin kuuluvat äänet aina tummasävyisempinä kuin edestä tulevat. Niissä on siis suhteellisesti enemmän bassoa (matalia ääniä) ja vähemmän diskanttia (kirkkaita ääniä). Tällä seikalla on ratkaiseva merkitys silloin, kun äänitteessä lähdetään tavoittelemaan täydellistä, ympyränmuotoista soivaa tilaa nykyisin valtasuuntauksena olevan 5.1-kaiutinjärjestelmän avulla.

### 5.3 Varhaisia teorioita

1980-luvulla viihdeteollisuudessa koettiin ensimmäinen yritys murtautua ulos kaksikanavaisesta stereojärjestelmästä. Tämä menetelmä oli nimeltään nelikanavaisuus eli *kvadrofonia* ja siinä käytettiin neljää, keskenään samanlaista kaiutinta, jotka oli sijoitettu symmetrisesti kuunteluhuoneen kaikkiin nurkkiin.

Tällaista kaiutinjärjestelyä käytettiin tuolloin yleisesti sekä kalleimmissa kotikuuntelulaitteissa että äänitysstudioiden tarkkaamoissa. Siihen aikaan stereo ja sen lainalaisuudet olivat audioammattilaisille jo varsin tuttuja asioita, kun taas suuntakuulotutkimusten tuloksista ei vielä ollut saatavilla julkista tietoa. Kun siis tiedettiin, että koska äänilähteitä voidaan sijoitella stereokannalle sähköisellä panoroinnilla näennäisesti mihin tahansa, alalla kuviteltiin yleisesti, että samanlainen panorointi onnistuu myös kaikkiin muihin suuntiin. Itse asiassa kvadrofoninen äänitys perustui siitä perusoletukseen, että kuulijan ympärille muodostuu neljä keskenään samanlaista *stereokantaa*, kukin suorassa kulmassa viereiseen nähden, ja että äänen sijoittaminen panoroimalla mihin tahansa oli vain yksinkertainen tekninen järjestely.

Tuon aikakauden isot musiikkiäänitysmikserit jopa varustettiin joka kanavassa kvadrofonisilla panorointisäätimillä eli tikkuohjaimilla (engl. *joystick*), jotka muistuttivat leikkiauton tai -lentokoneen kauko-ohjaimia ja joita saattoi pyörittää vapaasti kaikkiin suuntiin.



Kuva 9. 1980-luvun kvadrofoninen kaiutinjärjestely.

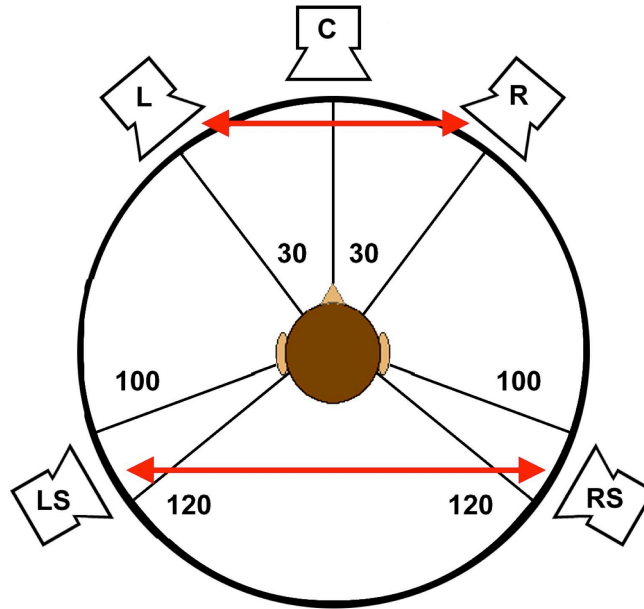
Tämä varhainen käsitys "ympäröivästä äänestä" ei kuitenkaan perustunut siihen tietoon, jota meillä nykyisin on suuntakuulon toiminnasta. Tosiasiassahan kuvan 9 mukaiseen kvadrofoniseen kuunteluneliöön sisältyy ainostaan yksi voimakkuuspanorointiin sopiva stereokanta (etukanta), ja muut kolme kantaa (molemmilla sivuilla ja takana) ovat panorointiin kelpaamattomia. Itse asiassa symmetrisessä kvadrofoniassa edes etukanta ei toimi virheettömästi, koska kaiuttimien välinen kulma (90 astetta) on liian suuri ja siten se synnyttää kuunteluun niin sanotun "kuoppa keskellä" -ilmiön (engl. *hole in the middle*).

Tämän virheellisen käsityksen synnystä Aro kertoo näin:

Ajattelun lähtökohta oli, että asetelman neljä kaiutinta muodostavat kuuntelijan ympärille neljä stereoparia ja että lisäämällä stereoon kaksi takakaiutinta saadaan yhteensä neljä stereokantaa. Teoria ei kuitenkaan toteudu käytännössä, sillä näennäiset äänilähteet eivät paikallistu stabiilisti 90 asteen levyisillä stereokaiutinpareilla. Äänen paikallistuminen suoraan kuuntelijan sivulle ei edes periaatteessa ole tällaisella kaiutinasettelulla mahdollista. (Aro 2006, 108)

## 5.4 Epäjatkuvuuskohdat

Diskanttikadon lisäksi normin mukaisen ITU-kuunteluympyrän takakanta on huomattavasti leveämpi kuin etukanta (kuva 10). Tämä puolestaan korostaa edellä mainittua "kuoppa keskellä" -ilmiötä, jossa ääni tuntuu kuuluvan joko vasemmasta tai oikeasta fyysisestä kaiuttimesta, mutta ei tunnu lainkaan paikallistuvan niiden keskelle. Tämä johtuu siitä, että kaiuttimien ollessa näin kaukana toisistaan niiden välinen *korrelaatio* (vastaavuus) laskee liian pieneksi, jotta ne tukisivat toisiaan riittävästi, synnyttääkseen phantom-stereovaikutelman takakannalle. Lisäksi tämä ilmiö pahenee entisestäänkin takaa tulevien äänten huonon HRTF-vasteen johdosta, koska suuri osa lokalisointikykyämme perustuu korkeisiin (yli 1,5 kHz taajuisiin) ääniin, jotka takaa päin kuultuina aina erottuvat erityisen huonosti.



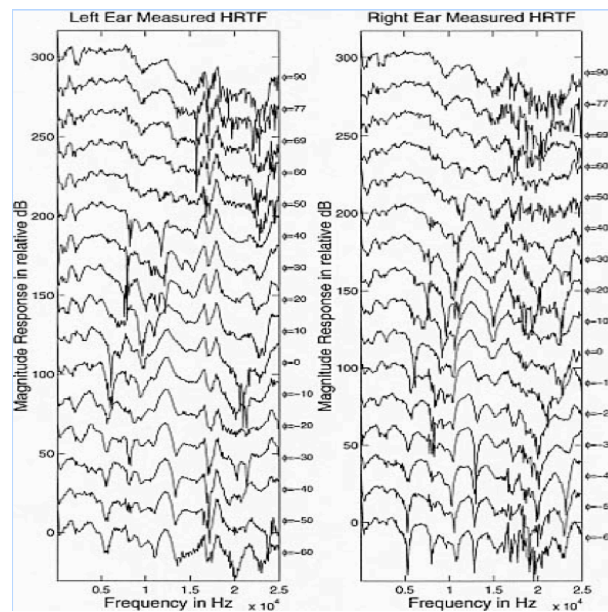
Kuva 10. Normitetussa surround-kuunteluympäristössä takakanta on aina huomattavasti etukantaa leveämpi.

Varhaisissa monikanavaisissa kotijärjestelmissä (kuten Dolby Surround) tätä haittaa koetettiin usein minimoimalla rakentamalla takakaiuttimet pelkästään sivusuuntaan säteileviksi (*dipolikaiuttimiksi*), jolloin takakannalle ei enää syntynyt lainkaan erillisiä, tiettyyn suuntaan lokalisoituvia ääniä, vaan sen sijaan vain yksi yhtenäinen, pilvimäinen (*diffuusi*) äänikenttä. Korkealuokkaisessa 5.1-kuunteluympyrässä, jossa kaikki viisi pääkaiutinta ovat keskenään samanlaisia, tämä ratkaisu ei kuitenkaan enää nykyisin ole mahdollinen (tai ei ainakaan se ei enää ole voimassa olevan normin mukainen).

Se, että myöskään sivusuuntainen panorointi ei toimi tyydyttävästi, perustuu niin ikään pään siirtofunktioon. Eräs sivupanoroinnin haittatekijä on se, että koska takaa kuuluvat äänet aina kuulostavat luonnostaan tummemmilta kuin edestä kuuluvat, äänen panorointi sivulle johtaa taajuusvasteen vääristymiseen. Sivulla olevan "stereokannan" muodostavat kaksi kaiutinta toistavat samaa signaalia, mutta kuulostavat erilaisilta, jolloin panoroitava ääni tuntuu hajoavan kahteen osaan: äänen korkeat osat tuntuvat kuuluvan etummaisesta sivukaiuttimesta, kun taas saman äänen matalat osat tuntuvat kuuluvan takimmaisesta sivukaiuttimesta. Näin ollen kiinteää suuntavaikutelmaa (lokalisatiota) ei synny, vaan sivulle panoroitu ääni tuntuu vaeltavan jatkuvasti edestakaisin sen mukaan, miten korkea taajuus siinä kullakin hetkellä soi.

Tästä aihealueesta on tehty runsaasti kokeellista tutkimustyötä, alustavasti jo 1960-luvulla, mutta erityisen paljon vuosituhatosen vaihteesta lähtien. Suurin osa tutkimuksesta keskittyy ylikansallisiin elektroniikka- ja audioalan yhteistyöelimiiniin, jollaisia ovat esimerkiksi IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ja AES (Audio Engineering Society). Molemmat mainitut järjestöt ovat alunperin kotoisin USA:sta, mutta toimivat nykyisin kaikilla mantereilla.

Eräässä 1999 IEEE:n piirissä julkaistussa tutkimuksessa on kehitetty menetelmä, jonka avulla pään HRTF-taajuusvasteet voidaan havainnollistaa eri tulokulmista mitattuina. Kuva 11 esittää mittaustulosta, jossa takaapäin (200-300 asteen kulmassa) kuuluva äänen diskanttitoiston heikkeneminen on nähtävissä suoraan edestäpäin (0 asteen kulmassa) tulevaan ääneen verrattuna. Tämä tutkimustulos tukee aiempia havaintoja siitä, että korkeiden taajuuksien heikkeneminen alkaa noin 1,5 kHz taajuudelta, jossa kuulomme suuntaerottelu vaihtuu vaihepainotteisuudesta voimakkuuspainotteisuuteen.



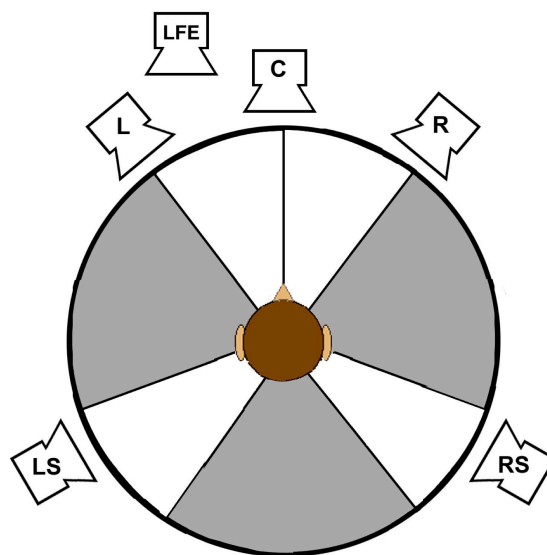
Kuva 11. Diskantin taajuusvasteen heikkeneminen takaapäin kuuluviissa äänissä (Cheng-Wakefield 1999).

Vielä tätäkin tärkeämpi estävä tekijä sivuttaissuuntaisessa lokalisaatiossa on se seikka, että jokainen suoraan sivulta kuuluva ääni aistitaan pääasiassa vain yhdellä korvalla, koska vastakkainen korva jää tällöin pään muodostamaan akustiseen varjoon. Tällöin myös suuntakuulemisen tärkeimpiin perustekijöihin kuuluvat korvien väliset voimakkuus- ja vaihe-erot menettävät merkitystään, jolloin syntyvä kuulovaikutelma on lähinnä monofoninen, siis vailla selkeää suuntavaikutelmaa.

Tästä sivupanoroinnin monofonisuuden ongelmasta kirjoittaa The Ambiophonics Institute -yhtiön perustaja Ralph Glasgal Stereo Times -lehdessä julkaistussa artikkelissaan seuraavaa:

The reason realistic phantom side images are difficult to generate, is that we are largely dealing with a one-eared hearing situation. Let us assume, that for a right side sound only negligible sound reaches the remote left ear. We already know that the only directional sensing mechanism a one-eared person has for higher frequency sound is the pinna convolution mechanism. Thus, if a sound comes from a speaker at 45 degrees to the front, the pinna will locate it there. If, at the same time, a similar sound is coming from 45 degrees to the rear, one either hears two discrete sound sources or one speaker predominates and the image hops backward and forward between them. Of course, some sound does leak around the head to the other ear and, depending on room reflections, but this affects every individual differently and unpredictably. (Glasgal 1999, 3)

Surround-kuunteluympyrän sisäistä, täydellistä 360 asteen panorointia suoritettaessa huomataankin varsin pian, että kuunteluun syntyy *epäjatkuvuuskohtia* sekä kuulijan molemmille sivuille että kuulijan taakse. Näin ollen viisikanavaisen kuuntelun kaiutinkannoista ainoa, jolla amplitudipanorointi toimii aivan moitteetta, on etukanta.



Kuva 12. Panoroinnin epäjatkuvuuskohtat kuunteluympyrän sivuilla ja takana.

Tätä panoroinnin erikoisen hyvää toimivuutta etukannalla tukee oman suuntakuulomme fysiologisen toiminnan lisäksi se seikka, että etukannalla on kolme kaiutinta, jolloin suuntapanorointi kaiuttimien välillä on erittäin tarkkaa. Se antaa samalla äänittäjälle luovan mahdollisuuden käyttää etukannalla kahta erillistä panorointitapaa: perinteistä kahden laitakanavan välistä L-R-panorointia ("*phantom centre panning*") tai keskikaiuttimien käyttöä panoroinnin tukena ("*hard centre panning*").

Kahden kaiuttimen phantom-panorointi toimii hyvin niin kauan, kuin kuulija todella istuu täsmälleen kaiuttimien välissä. Jos kuulija sen sijaan siirtyy sivusuunnassa huomattavasti lähemmäs jompaa kumpaa kaiutinta, ääni tuntuu paikallistuvan (lokalisoituvan) siihen kaiuttimeen, joka on lähempänä kuulijaa. Tämä johtuu niin sanotusta *Haasin ilmiöstä*, jonka mukaisesti lokalisointi perustuu nimenomaan stereokanavien väliseen aikaviiveeseen (jota jota kuulijan siirtyminen sivusuunnassa eli kaiuttimien suhteellinen etäisyys kuulijasta edustaa). Aiemmin kuuluva kaiutin kuulostaa silloin aina voimakkaammalta riippumatta siitä, mikä kummankin kaiuttimen todellinen sointivoimakkuus on.

Francis Rumsey kuvaa asiaa näin:

One form of precedence effect is sometimes referred to as the Haas effect, after the Dutch scientist who conducted some of the original experiments. It was originally identified in experiments designed to determine, what would happen to the perception of speech in the presence of a single echo. Haas determined that the delayed echo could be made substantially louder than the earlier sound, before it was perceived to be equally loud. (Rumsey 2001, 28)

Haasin ilmiön laukaiseva aikaikkuna on suuruudeltaan noin 10-50 millisekuntia, joka huonelämpötilassa edustaa yli kolmen metrin etäisyyseroa kaiuttimien välillä. Tämän suuruisia viiveitä saattaa kotikuuntelussakin syntyä silloin, kun kuuntelualue on suuri, kun kuuntelijoita on useita tai kun kaiuttimien välillä liikutaan sivusuunnassa.



Etukaiuttimen käyttäminen panoroinnin apuna musiikin miksauksessa (joko phantom-panoroinnin asemesta tai sen tukena) vähentää huomattavasti Haasin ilmiön syntyvaraa ja ikään kuin "lukitsee" stereokuvan keskipisteen kaiuttimien suuntaan. Tällöin

Stereokuvan kiinteys ja äänikentän riippumattomuus istuinpaikasta ovat saavutettavissa ovat saavutettavissa myös musiikkimiksauksissa, keskikaiutinta sopivasti hyödyntämällä. Kun musiikki paikallistuu hyvin etukaiuttimiin ja tuntuu pysyvän niissä kuulijan omista liikkeistä huolimatta, äänentoiston todentuntu astuu melko pitkän harppauksen eteenpäin, kohden kuulijan siirtämistä konserttisalin akustiikkaan (Laaksonen 2000).

Näitä kahta panorointitapaa voidaan käyttää joko yhdessä tai erikseen, vaihtelevissa voimakkuussuhteissa toisiinsa nähden. Tämä siis on erilainen työtapana kuin seuraavassa luvussa selostettava, erityisesti elokuvaäänelle tyypillinen erillisen dialogikanavan käyttö. Kuitenkin on otettava huomioon se, että sekä elokuva- että musiikkiäänitteissä on runsaasti hajontaa keskikanavan käyttötavoissa; subwoofer/LFE-kaiuttimen roolin määrittämisen ohella se onkin eräs monikanavaisen äänityön kaikkein keskeisimmistä taiteellisista ongelmista.

## 5.5 Musiikki ja elokuvaääni monikanavaisissa järjestelmissä

Edellä mainittu surround-ympyrän lokalisointitarkkuuden voimakas keskittyminen etukannalle sisältää samalla selkeän viittauksen siitä, mihin käyttötarkoitukseen tällainen laitteisto kaikkein parhaiten sopii. Kuuntelujärjestelmä, jonka suorituskyky on parhaimmillaan etusuunnassa, toimii luonnollisestikin parhaiten kaikissa sellaisissa käyttötavoissa, joissa myös kuunneltavan ohjelmasisällön pääpaino on etusuunnassa. Riippuen siitä, liittykö monikanavaisen äänentoistoon myös puhetta vai ei, tällaisia surround-toistoon erityisen hyvin soveltuvia ohjelmatyyppejä ovat *konserttimusiikin toisto* sekä *elokuvaäänen toisto*.

Perinteisessä akustisessa (useimmiten klassisen musiikin) konserttitilanteessa esiintyjien ja yleisön välinen suhde on juuri samanlainen kuin normitettu surround-kaiutinsijoittelu. Yleisöhän istuu konserttitilanteessa hiljaa paikallaan, kaikkien katseiden kohdistuessa samaan suuntaan eli eteenpäin, esiintymislavalle, jossa esiintyjät puolestaan istuvat selkeästi yleisön näkyvillä. Tässä suhteessa monikanavaisen äänentoiston kanavajakoon tai toimivuuteen ei ole juurikaan vaikutusta sillä, onko tallenne pelkkää audiota, kuten monikanavaisissa äänilevyissä (SACD, DVD-A tai DTS-CD) vai liittykö siihen myös liikkuvaa kuvaa, kuten videoiduissa konserttitallenteissa (DVD-V).

Samalla tavoin surround-tekniikka soveltuu myös erityisesti elokuvaäänen toistoon (josta se audiotekniikan historiallisessa kehityksessä 1900-luvulla alunperin sai alkunsa). Myös elokuvien katselutilanne edellyttää aina keskittymistä edestäpäin tulevaan ohjelmavirtaan.

Erityinen lisäetu elokuvaäänessä on jo useasti aiemminkin mainittu *Centre*- eli keskikanava, jonka kautta ohjataan joko kaikki tai ainakin suurin osa puheesta (dialogista), L- ja R-laitakaiuttimien puolestaan huolehtiessa musiikin toistosta (sekä tehosteista, yhdessä takakaiuttimien kanssa). Näin ollen kaikille kaiuttimille on elokuvaäänessä omat, vakiintuneet roolinsa, mikä edelleen parantaa toiston puhtautta.

## 6 POHDINTAA JA JOHTOPÄÄTÖS

### 6.1 Puutteita ja väärää säästöä

Surround-laitteita on myyty kotikäyttöön jo kymmenisen vuotta, mutta ne eivät vielä ole saavuttaneet suuren yleisönosan hyväksyntää. Mitä vielä vaadittaisiin monikanavatekniikan lopulliseen läpimurtoon?

Kaiken edellä sanotun valossa on todettava, että monikanavainen kuuntelutekniikka on pitkästä kehityskaarestaan huolimatta yhä lapsenkengissään, mitä tulee arkipäivän käytettävyyteen ja huolettomuuteen. Harva ihminen haluaa erikseen opetella sitä, miten sähköliettä tai vessan kattolamppua käytetään – miksi kodin äänentoiston sitten pitäisi välttämättä olla niin mutkikasta? Surroundin yleistymisen ja kehityksen esteet voidaankin kiteyttää sekä asenteisiin että tekniikkaan liittyviin ongelmiin.

Edellisen luvun lopussa kuvattu noidankehä on itse itseään ruokkiva ongelma. Stereon valtakaudella on jo havaittu, että monen maallikon tietoisuus kahdenkin kanavan laatuvaatimuksista on yhä melko huono. Aktiivikuuntelijat ja HiFi-harrastajat toki hallitsevat stereokuuntelun perusteet, mutta on myös suuri joukko ihmisiä, joille kahden erillisen kaiuttimen myötävaiheeseen kytkeminenkin saattaa jo olla vaikeaa. Mitä monimutkaisemmaksi laitteisto käy, sitä harvalukuisemmaksi käy sen hyvin hallitsevien ihmisten määrä. Tämä ongelma ratkeaisi, mikäli jokin valmistaja alkaisi tuottaa sellaisia monikanavaisia äänilaitteita, joiden käyttäminen olisi yhtä helppoa kuin matkaradion avaaminen. Eihän ammattikäytössä olevien tarkkaamoidenkaan kuuntelusäätöjä koko ajan viritellä päivästä toiseen, vaan laitteet pannaan aamulla töihin tultaessa päälle ja sitten ne vain toimivat. Jotain samanlaista kaivattaisiin kipeästi myös kotiteattereihin, korvaamaan sitä laitevalmistajien jatkuvaa (ja kiihtyvää) kilpavarustelua, jossa tuotteita markkinoidaan aina vain entistä monipuolisemmilla ominaisuuksilla, ei käytön helppoudella tai huolettomuudella.

Vaikka helppokäyttöisiä laitteita saataisiinkin myyntiin, itse kuunteluympyrän iso tilantarve on pysyvä haitta, joka vaikuttaa muuhun asumiseen ja sisustukseen ja jota ei voida muuttaa ilman, että koko kuuntelumuodon toimivuus ja mielekkyys katoavat. Tämän outona vastapuolena on se seikka, että laitteiston suurehkosta koosta huolimatta sitä voi silti täysipainoisesti käyttää vain yksi tai korkeintaan kaksi ihmistä kerrallaan.

Onko surround-laitteisto sitten todella liian mutkikas tai liian kallis kotikäyttöön?

Edellä kuvatut erilaiset, keskenään ristiriitaiset kuuntelunormit ja -asetukset varmasti sekoittavat maallikkoa, koska jopa moni audioalan ammattilainenkin joutuu niiden edessä miettimään tarkasti ja opettelemaan uusia asioita. Tämä on suoraa seurausta siitä erilaisten käyttötapojen runsaudesta, joihin monikanavaisia laitteita suunnitellaan ja valmistetaan. Aikoinaan elokuvaääneen suunnitellut järjestelmät olivat omassa luokassaan ristiriidattomia ja yksiselitteisiä, mutta niiden soveltaminen uusiin käyttötarkoituksiin on tuonut mukanaan paljon sellaista historiallista painolastia, josta olisi vihdoinkin hyvä päästä irti. Paitsi helppokäyttöisiä laitteita, tarvittaisiin varmaan myös sellaisia laitteita, jotka soveltuvat kaikkeen kotikuunteluun, siis yleiskäyttöön, nykyisten erillisten musiikki- ja elokuvaäänilaitteiden sijaan.

Silloin puhutaan tosin heti myös kalliimmista kokonaisuuksista kuin mitä liikkeiden sisäänheittotarjoukset antavat ymmärtää. Ongelman ydin on siinä, että ennen vanhaan laadukkaaseen musiikkinautintoon riitti se, että hankki kaksi hyvää kaiutinta – nyt niitä tarvitaan kuusi. Hankintakustannusten kolminkertaistuminen ei varmastikaan ole kaikkien mieleen, ja siksi pä markettien tarjouspaketeilla jatkuvasti riittääkin kysyntää, niiden surkeasta äänentoistosta huolimatta. Halvat ja huonot laitteet eivät kuitenkaan koskaan pysty sytyttämään, saati ylläpitämään aitoa innostusta kuunteluharrastukseen, mikä tekee niistä sittenkin ajan mittaan erittäin huonon ostoksen. Valinta ei ole helppo, ja usein se vaikeutuu edelleen kodinkoneliikkeiden "kotiteatteritarjouspakettien" ylilyövän, asiaa tuntemattoman ja jopa harhaanjohtavan mainonnan johdosta.

## 6.2 Markkinoiden armoilla?

Vaikka tulevaisuuden ennustaminen aina onkin epäkiitollista, niin tilastoitujen myyntitietojen ilmoittama kotiteatterilaitteiden vaatimaton, 5-6 prosentin suuruinen myyntiosuus toki kertoo varsin selvästi sen, että mitään monikanavaisuuden ryntäystä tai lopullista läpimurtoa tuskin on vielä lähivuosiinakaan odotettavissa. Pelkästään arkipäivän hajahuomiot siitä, millaisia tuotteita kodinkone- ja hifi-liikkeet eniten mainostavat sanoma- ja ilmaisjakelulehdissä, osoittavat mielenkiinnon pääpainon yhä olevan perinteisessä stereotoistossa.

Sikäli, kuin monikanavaisia toistolaitteita yleensäkin markkinoidaan, niiden suurin myyntipaine tuntuu olevan elokuvakuunteluun tarkoitetuissa, halvoissa kotiteatterin laitekokonaisuuksissa, joiden kaiuttimet ovat, paitsi keskenään erilaiset, myös useimmiten laadultaan huonot. Silloin, kun kauppojen myyntiponnistelut kohdistuvat ainoastaan edullisen hinnan mainostamiseen, maallikoilla ei ole edes edellytyksiä oppia erottamaan hyviä laitteita huonoista – ja niin kauan kuin he eivät sitä erota, he eivät osaa vaatia myöskään alan liikeiltä yhtään parempia tuotteita. Noidankehä on valmis.

**PIXmania.com** 14 päivän tyytyväisyystakuu  
Osta ja säästä rahaa

Etusivu Kamera Videokamera Tietotekniikka Puhelimet Auto GPS Kuva ja Ääni Kodinkoneet Gadgetit ja Figuriinit Näkkärinti ja puutarha Puhelunne Takuumme

**ÄÄNENTOISTOTUOTTEIDEN HULLUT HINNAT!**

**KOTITEATTERIJÄRJESTELMÄT**

**SONY DAV-F200**  
BLUETOOTH-LIITETTÄVYYS!  
• 2.1-järjestelmä  
• HDMI

**LG HB754CB**  
SISÄINEN BLU-RAY-SOITIN!  
• 3.1-järjestelmä  
• HDMI  
• USB-portti

Kuva 13. Sähköpostiini tullut mainos kotiteatteritarjouksista. Kahden tai kolmen pääkaiuttimen kokonaisuuksia myydään täysin huoletta "kotiteatterijärjestelmien" nimellä, ikään kuin takakanavista ei olisi koskaan kuultukaan. Ehkäpä ei olekaan.

### **6.3 Julkinen tarjonta**

Laitteiden yleistymiseen Suomessa vaikuttaa voimakkaasti myös Yleisradion päätös lähettää ohjelmaa ainoastaan kaksikanavaisena stereona. Silloin, kun digitelevision kanavanippujen rajoja muodostettiin, käytiin rajanveto kussakin nipussa käytettävissä olevien televisiokanavien määrän ja audiokanavien määrän välillä. Kuten tiedetään, kuva voitti tuon ensimmäisen erän, eikä YLE sen jälkeen olekaan julkisesti lähettänyt monikanavaa ääntä, muutamia teknisiä kokeiluja lukuun ottamatta.

Maallikoita askarruttaa usein kysymys siitä, miksi tällainen päätös on tehty ja milloin siihen mahdollisesti voidaan odottaa muutosta. Tätä kysytään usein myös Yleisradion työntekijöiltä, mutta todellinen syy saattaa kuitenkin olla yhtiön ulkopuolella, niissä ohjelmansiirtoteitä vuokraavissa tahoissa, joita tarvitaan mahdollisimman monia digitaaliuudistuksen pitkään jatkuvien jälkikustannusten maksamiseen. Sen jälkeen, kun Yleisradion jakeluteknikka aikanaan yhtiöitettiin Digita Oy:ksi ja sen osakkeet myytiin vapailla markkinoilla, taloudelliset tekijät ja tuotto-odotukset painavat arvioinneissa aina vain enemmän. Ikävä totuus on siis se, että yhtiössä ei ole vielä tehty mitään päätöksiä monikanavaisen jakelun aloittamisesta. Nykyinen surround-ohjelmatarjonnan puute ja kuluttajien riippuvuus kaupallisista äänitteistä jatkunee siis vielä pitkään.

### **6.4 Entä kuvan kehitys?**

Moniulotteinen tilaääni (5.1 surround) on jo kymmenien vuosien ajan ollut oleellinen osa pitkien teatterielokuvien äänentoistoa. Kuitenkin huhtikuun lopun (22.4.) sanomalehdessä oli mainos, jonka mukaan korealainen viihdejätti Samsung on juuri tuonut Suomenkin markkinoille uudentyyppisen kotitelevision, jonka synnyttämään kolmiulotteista kuvaa katsotaan erikoislasien avulla. Mikäli tämä 3D-suuntaus yleistyy kotikatselussa (kuten se on yleistynyt elokuvateattereissa), se voi synnyttää uusia, perusteltuja tarpeita saada myös äänivaikutelma välitetyksi kolmiulotteisesti, siis monikanavaisena, aina kotikatselupisteeseen saakka.

Tämä uudistus vaatii tosin muutoksia myös muissa television oheislaitteissa; tallenteiden katseluun tarvitaan 3D-katseluun sopivaa, teräväpiirtoista Blu-Ray-kuvalevytekniikkaa ja olohuoneen televisionurkkauskin pitää kenties kalustaa uudelleen, kaikkien uusien kaiuttimien saamiseksi oikeille paikoilleen. Se voisi toisaalta olla myös laiteollisuudelle tarpeellinen piristysruiske nykyisessä tilanteessa, jossa kotiteatterimyynti on alkuvuosien ensi-innostuksen jälkeen alkanut heikentyä.

## 6.5 Johtopäätös

Nykyinen tilanne kotiäänentoiston kehityksessä on juuri yhtä ristiriitainen ja sekava kuin tämän toistomuodon pitkä kehityshistoriakin. Tämä asiantila vastaa lopulta myös tutkimuskysymykseen: löytyykö näiden monikanavaisten kuuntelulaitteiden rakenteesta, ominaisuuksista tai käytettävyydestä joitakin sellaisia tekijöitä, jotka selittäisivät tämän tekniikan hitaan leviämisen kotikäyttöön? Olemme havainneet, että sellaisia on paljonkin.

Nykyinen tilanne on siis johdonmukainen seuraus tässä työssä tarkastelluista tekijöistä, mutta sopii silti toivoa, että monikanavainen äänentoisto siitä huolimatta yhä hiljalleen valtaa alaa myös suomalaisissa kodeissa. Muutos stereosta surroundiin on joka tapauksessa ainakin yhtä suuri laadullinen ja taiteellinen parannus äänentoistoon, kuin mitä siirtyminen monosta stereoon oli omana aikanaan. Todennäköisintä on kuitenkin se, että vanhat ja vaihtoehtoiset toistotavat jäävät pysyvästi elämään myös uuden rinnalle, mikä sinänsä hyvin sopiikin nykyisen, moniarvoisen yhteiskunnan kulttuuriin.

Helsingissä 14. päivänä toukokuuta 2010



Jukka Laaksonen

## 7 LÄHDEKRITIIKKI

Eräs tämän kaltaisen, suurelta osaltaan kirjalliseen aineistoon nojaavan tutkimuksen avainkymyksistä on tietenkin lähteiksi valitun aineiston luotettavuus. Audiotekniikasta on kirjoitettu niin valtavan suuri määrä kirjallisuutta (lehdistä ja verkkoaineistosta puhumattakaan), että yhden yksittäisen opinnäytteen taustana on kulloinkin mahdollista käyttää vain murto-osaa kaikesta saatavilla olevasta tiedosta.

Christina Forsberg ja Yvonne Wengström antavat kirjassaan seuraavan ohjeen kirjallisen tutkimuksen aineiston valintaan alaluvussa "Val av studier":

Vanligen görs ett första urval av funna artiklar eller rapporter, och detta urval måste beskrivas och motiveras. Varför valdes just dessa artiklar och/eller rapporter? Varför detta antal?  
(Forsberg, Wengström 2003, 86)

Alaluvussa "Metod" Forsberg ja Wengström toteavat lisäksi:

I en kvalitativ studie bör forskaren även ta ställning till sin förståelse. Med förståelse avses den kunskap som forskaren besitter inom det område där forskningen ska genomföras.  
(Forsberg, Wengström 2003, 55)

Näiden suuntaviivojen mukaisesti olen valinnut lähteitä, joiden asiantuntemus keskittyy nimenomaan monikanavaisen äänentallennuksen ja -toiston erityiskysymyksiin, ja sen jälkeen yhdistänyt muiden kirjoittajien tuloksia sekä omiin aikaisempiin julkaisuihini että omiin ammattillisiin kuuntelukokemuksiini monikanavaisen äänityön opettajana.

Yhteinen tekijä useimmille lähdeluettelossani esiintyville kirjoittajille on äänitekniikan alan ammatillinen yhdistys AES (Audio Engineering Society). Se on alun perin amerikkalainen, mutta nykyisin kaikille mantereille levinnyt, audioteknisen teorian tutkimukseen ja julkaisuun keskittynyt järjestö, jonka pitkäaikaisia jäseniä lähdeluettelon kirjoittajista ovat Borwick, Rumsey (Surreyn yliopiston äänitaytaiteen professori, järjestön edellinen puheenjohtaja ja Fellow of the AES), Griesinger (Lexicon-laitevalmistajayhtiön pääsuunnittelija ja Fellow of the AES), Glasgal, Cheng ja Wakefield.



AES tunnustetaan yleisesti erääksi audioalan johtavaksi auktoriteetiksi ja se onkin usein ollut mukana antamassa lausuntoja myös audiolaitteiden rakenteesta ja normituksesta (kuten esimerkiksi surround-kaiuttimien vakiosijoituksesta). AES on myös kahdesti järjestänyt erilliset, vajaan viikon mittaiset luentopäivät erityisesti monikanava-audion teoriasta ja käytännön toteutuksesta (AES 19th International Conference Saksassa 2001 otsikolla *Surround Sound – Techniques, Technology and Perception* sekä AES 24th International Conference Kanadassa 2003 otsikolla *Multichannel Audio – A New Reality*, joihin molempiin minäkin olen osallistunut.

Näiden ulkomaisten asiantuntijalähteiden lisäksi olen siteerannut omaa tuotantoani, joka sekin lähteittensä osalta alun perin pohjautuu edellä mainittujen tapaisten, kansainvälisesti tunnettujen kirjoittajien julkaisemiin teksteihin, toki omien havaintojeni sekä pitkäaikaisen äänittäjän- ja opettajantyöni ohessa.

## 8 LÄHTEET

### 8A. AUDIOTEKNISET KIRJAT JA AIKAKAUSLEHDET

---

1)

Jukka Laaksonen:  
Äänityön kivijalka  
Idemco Oy, Helsinki 2006  
ISBN 951-98245-7-X

---

2)

Jukka Laaksonen:  
Surround sound – paluu tulevaisuuteen  
RIFFI-lehti, numero 3/2000

---

3)

Eero Aro:  
Tilääni  
Idemco Oy, Helsinki 2006  
ISBN 951-98245-6-1

---

4)

John Borwick:  
Sound recording practice  
Oxford University Press, Oxford 1996  
ISBN 0-19-816608-7

---

5)

Francis Rumsey:  
Spatial audio  
Focal Press, Oxford 2001  
ISBN 0-240-51623-0

---

6)

David Griesinger:  
The psychoacoustics of the listening area  
Audio Engineering Society 19th International Conference Compilation, USA 2001  
ISBN 0-937803-43-X

---

7)

Masataka Nakahara and Akira Omoto:  
Room acoustic design for small multichannel studios  
Audio Engineering Society 24th International Conference Compilation, USA 2003  
ISBN 0-937803-50-2

---

## 8B. VERKKOLÄHTEET

---

8)

Genelec Oy, Iisalmi, 2003

5.1 speaker placement and room acoustics interaction

<http://www.genelec.com/documents/publications/PlacementandRoomAcousticsInteraction.pdf> (luettu 5.5.2010)

---

9)

Ralph Glasgal: The Ear Pinna and Realism in Music Reproduction

The Stereo Times Magazine network edition, April 1999

<http://www.stereotimes.com/comm0499.shtml> (luettu 5.5.2010)

---

10)

Tilastokeskuksen Kuluttajabarometri:

HiFi-laitteiden kokonaisymyynti vuosina 2005-2008

[http://www.stat.fi/artikkelit/2009/art\\_2009-07-15\\_001.html?s=0#4](http://www.stat.fi/artikkelit/2009/art_2009-07-15_001.html?s=0#4) (luettu 5.5.2010)

---

11)

KOTEK: Viihde-elektroniikan myynti 2009

[http://www.kotek.fi/tilastot/Kotek\\_2009\\_Tuoteryhmat\\_total.pdf](http://www.kotek.fi/tilastot/Kotek_2009_Tuoteryhmat_total.pdf) (luettu 5.5.2010)

---

## 8C. TUTKIMUSJULKAISUT

---

12)

Corey I. Cheng and Gregory H. Wakefield:

Spatial Frequency Response Surfaces – An Alternative Visualization Tool for Head-Related Transfer Functions

1999 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing

<http://www.ece.rice.edu/~crozell/courseproj/431report/intro/intro.html> (luettu 5.5.2010)

---

13)

Matti Fredriksson: Kohti uusia kuunteluelämyksiä – musiikin ja äänimaisemien monikanavatoisto

Sibelius-Akatemia, Helsinki 2002

Musiikkikasvatuksen osaston Pro Gradu -tutkielma

---

14)

Christina Forsberg och Yvonne Wengström: Att göra systematiska litteraturstudier

Bokförlaget Natur och Kultur, Stockholm 2003

ISBN 91-27-09156-1

---

## 9 LIITE: KÄSITTEISTÖ

HiFi	Usein käytetty lyhenne käsitteestä High Fidelity – "suuri luonnonmukaisuus". Tämä sanapari periytyy stereoäänen alkuajoilta, jolloin aito, luonnonmukainen toisto yleisesti koettiin toistolaitteiden tärkeimmäksi laadun mittariksi. Tässä perinteinen ajattelu erosi nykyisestä ilmapiiristä, jossa usein korostetaan vain halpaa hintaa, useimmiten itse äänentoiston laadusta tinkien. Tokihan nykyäänkin yhä valmistetaan HiFi-tasoisia laitteita; itse asiassa 1960-luvulta saakka periytyneet, saksalaisen DIN-normin mukaiset HiFi-vaatimukset olivat jo pitkään niin väljät, että niiden ulkopuolelle jäivät vain kaikista kevyimmät kannettavat laitteet ja halvat muoviset tietokonekaiuttimet.
DIN	DIN (Deutsches Institut für Normung) oli ensimmäinen eurooppalainen normitusjärjestö, jonka määritteli hyvän äänentoiston laatuvaatimukset yhtenäisen kansallisen standardin muotoon. Tämä alkuperäinen normi DIN 45500 otettiin käyttöön jo 1960-luvulla, mutta nykyään se on vanhentuneena korvattu yleiseurooppalaisella normilla EN 61305.
stereo	Toistojärjestelmä, jossa käytetään kahta kaiutinta (Left ja Right) sijoitettuina kuulijan eteen 60 asteen kulmaan.

stereokanta	Kahden stereokaiuttimen välille kuviteltu suora jana, jolle erilliset äänilähteet tuntuvat sijoittuvan. Stereokanta synnyttää <i>phantom- eli lumevaikutelman</i> , jonka mukaan myös kaiuttimien väliseltä alueelta tuntuu kuuluvan ääntä (vaikka todellisuudessa kaikki ääni kuulukin aina vain kaiuttimista). Stereokannan muodostavaa lumevaikutelmaa kutsutaan myös phantom-stereoksi.
panorointi	Phantom-äänten haluttu sijoittaminen stereokannalle äänipöydän panorointisäädinten avulla. Stereopanorointi perustuu L- ja R-kanavien välille luotaviin, vaihteleviin voimakkuussuhteisiin (analogisessa audiotekniikassa siis jännitejakoon).
kvadrofonia	1980-luvulla esitelty nelikanavainen toistojärjestelmä. Nykyisin poistunut käytöstä.
vinyylilevy	Analoginen äänilevy, johon äänite on tallennettu mekaanisena kaiverruksena uran reunoihin. Nimi "vinyyli" johtuu siitä, että valmiit äänilevyt puristetaan PVC-muovista (polyvinyylikloridista).
monikavaisuus	Äänentoistojärjestelmä, jossa käytetään useampaa kuin kahta erillistä kaiutinta ja toistokanavaa.
surround (sound)	Äänentoistojärjestelmä, jossa käytetään viittä kaiutinta (L, C, R, LS ja RS) sijoitettuina kuulijan ympärille 360 asteen kuunteluympyrään.

5.1 Äänentoistojärjestelmä, jossa käytetään viittä kaiutinta (L, C, R, LS ja RS sekä niiden lisäksi erillistä LFE-pientaajuuskaiutinta. Nimitys 5.1 johtuu englanninkielen käytännöstä merkitä desimaaliluvun ykkösten ja kymmenysten välikohta pisteellä (toisin kuin suomessa, jossa käytetään "desimaalipilkua"). Nimityksen loppuosa .1 tarkoittaa siis erillisen bassokaiuttimen toistokaistan laajuutta, joka on noin 1/10 muiden viiden kaiuttimien toistokaistasta.

kaiutinkanavien nimitykset L = left channel  
C = centre channel (USA:ssa center channel)  
R = right channel  
LS = left surround channel  
RS = right surround channel  
LFE = low frequency enhancement channel

subwoofer Erillinen bassokautin, joka ei toista erillistä LFE-kanavaa, vaan jonka tarkoituksena on ainoastaan laajentaa pääkaiuttimien toistoaluetta. Subwoofer-tekniikkaa käytetään sekä stereotoistossa (2.1) että surround-toistossa (5.1).

ympäröivyyys (englanniksi *envelopment*); kuulovaikutelma, jossa ääni tuntuu tulevan samanaikaisesti kaikkialta kuulijan ympäriltä kaiutinkehän sisällä; suuntavaikutelman vastakohta.

suuntavaikutelma (englanniksi *localization*); kuulovaikutelma, jossa ääni tuntuu tulevan jostain tarkasti määriteltävästä suunnasta kaiutinkehän sisällä; ympäröivyyden vastakohta.

kuunteluympyrä Kuviteltu ympyrän kehä, jolle surround-kaiuttimet sijoitellaan normin mukaisesti kulmiin, jolloin kaikki viisi pääkaiutinta ovat yhtä kaukana kuuntelupisteestä.

kotiteatteri	(ruotsiksi <i>hemmabiosystem</i> , englanniksi <i>home theatre</i> , USA:ssa <i>home theater</i> ): kodin viihdejärjestelmä, johon kuuluvat hyvälaatuinen (ja usein myös suurikokoinen) kuvantoisto sekä monikanavainen äänentoisto (yleisimmin kanavajaolla 5.1).
woofer	Monitiekaiuttimen bassoelementti.
tweeter	Monitiekaiuttimen diskanttielementti.
kaksitiekaiutin	Itsenäinen kaiutinlaite, joka sisältää valmiiksi sisäänrakennettuina erillisen korkeaäänielementin ( <i>tweeterin</i> ), matalaäänielementin ( <i>wooferin</i> ) sekä signaalia niiden kesken välittävän jakosuotimen (engl. <i>crossover</i> ).
aktiivikaiutin	Itsenäinen kaiutinlaite, joka sisältää erillisten elementtien ja jakosuotimen lisäksi myös tehoasteen eli päätevahvistimen. Tämä edellyttää myös 230 voltin käyttö sähköä kytkemistä suoraan kaiuttimeen.
desibeli	Kymmenesosa belia (Alexander Graham Bellin kunniaksi nimettyä mittayksikköä). Logaritminen, normitettuun vertailutasoon suhteutettu mittaustapa, jota käytetään äänten ja audiosignaalien voimakkuuden mittaamiseen. Lyhenne dB. Keskivertokuulija pystyy erottamaan pienimmillään 2-3 dB suuruisia voimakkuuseroja.

downmix	Äänitteen kuunteleminen pienemmällä määrällä toistokanavia kuin mille se on alun perin tehty; esimerkiksi surroundin kuunteleminen stereofonisena tai stereon kuunteleminen monofonisena.
keskeismodulaatio	Säröytymisen muoto, jossa soinnin yksi osasävel (yleensä taajuudeltaan pienempi) vaikuttaa toiseen osasäveleen (yleensä suurempaan) ja muuttaa sen aaltomuotoa, jolloin sointi ei enää tarkasti vastaa alkuperäistä tulosignaalia.
voimakkuus	Amplitudi; se, miten voimakkaana ääni kuullaan.
taajuus	Frekvenssi; se, miten matalana tai korkeana ääni kuullaan.
Dolby Surround	1970-luvulla kehitetty analoginen, nelikanavainen monikanavajärjestelmä, jonka mukaan ensimmäinen kotiteattereiden sukupolvi suunniteltiin.
dipolikaiutin	Kaiutin, joka säteilee ääntä symmetrisesti kahteen vastakkaiseen suuntaan. Dipolikaiuttimen suuntakuvio eli säteilykuvio on kahdeksikko.
PCM	Pulse Code Modulation. Digitaalisen audiotallennuksen perusmenetelmä.
CD	Compact Disc. Lasersäteellä luettava (optinen) digitaalinen äänilevy, jolle on tallennettu 16-bittistä PCM-stereoääntä 44,1 kHz näytteistystaajuudella. Maailman yleisin audion tallennuksen muoto. Tämän äänitemuodon täydellinen tuotemerkki on CD-DA (Compact Disc Digital Audio).



SACD	Super Audio Compact Disc. Digitaalinen äänilevy, jolle on tallennettu 1-bittistä, ylinäytteistettyä stereo- tai monikanavaääntä 2,8224 MHz tallennustaajuudella. Philips- ja Sony-yhtiöiden yhteistyössä kehittämä, CD-tasoisesta tallennuksesta seuraava kehitysvaihe.
DVD-A	Digital Versatile Disc – Audio. Digitaalinen äänilevy, jolle voidaan tallentaa joko 24-bittistä stereoääntä 196 kHz näytetaajuudella tai monikanavaääntä jopa 192 kHz näytetaajuudella. Levynormi sallii valmistajille useita eri vaihtoehtoja äänen teknisen laatutason valinnassa. Yleinen tuotantoratkaisu on tallentaa sekä monikanava- että stereoääni samalle levyille.
DTS-CD	Digital Theater Systems -yhtiön datapakkauksella valmistettu monikanavainen CD. Sen dataformaatti on sama kuin stereofonisessa CD-äännessä (16-bittinen tallennus 44,1 kHz näytetaajuudella).
DVD-V	Digital Versatile Disc – Video. Digitaalinen kuvalevy, jolle voidaan tallentaa sekä 5.1-monikanavaääntä että stereoääntä. Levynormi sallii valmistajille useita eri vaihtoehtoja äänen teknisen laatutason valinnassa. Yleisin ratkaisu on tallentaa monikanavaääni Dolby Digital -formaattissa ja stereoääni lineaarisena PCM-audiona, mutta myös vaihtoehtoinen DTS-koodaus sisältyy normiin.
Haasin ilmiö	Tutkija Helmut Haasin mukaan nimetty suuntakuulon ilmiö, jossa ääni tuntuu paikallistuvan kahdesta keskenään yhtä voimakkaasta äänilähteestä siihen, joka sijaitsee lähempänä kuuntelijaa.