



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Simo Leppänen

# AV-suunnittelu ja tekniikka kiinteistöissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan

koulutusohjelma

Insinöörityö

Tekijä Otsikko	Simo Leppänen AV-suunnittelu ja tekniikka kiinteistöissä
Sivumäärä Aika	32 sivua 24.11.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Erikoissuunnittelija Jaakko Hulkkonen Lehtori Osmo Massinen
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä AV-suunnittelun ja tekniikan opas Alten Finlandin talotekniikkaosastolle sekä aiheesta muuten kiinnostuneille. Alten Finland on osa ALTEN-konsernia, joka on yksi Euroopan suurimpia insinööri- ja suunnittelutoimistoja.</p> <p>Työssä käydään läpi aluksi AV-suunnittelun periaatteita ja hyviä käytäntöjä. Puhuttaessa äänestä ja visuaalisesta esitystekniikasta tulee väistämättä ottaa huomioon ihmisen kuulon ja näköaistin fyysisiä ominaisuuksia. AV-tekniikka on rakentunut näiden aistien ympärille käyttääkseen hyväksi niiden oikkuja ja ominaisuuksia. Näitä käydään läpi lyhyesti, miten ne vaikuttavat AV-suunnitteluun.</p> <p>AV-ala kehittyy muihin aloihin verrattuna nopeasti sen ollessa suhteellisen säätelemätöntä ja koska kilpailu on kovaa. AV-tekniikka haarautuu moneen erilaiseen esitystekniikkaan ja käytäntöön, joita tässä työssä pyritään selvittämään; miksi ja miten tietyt asiat voidaan suorittaa.</p> <p>Työssä onnistuttiin luomaan kompakti ohje AV-suunnitteluun, jota voidaan käyttää tulevaisuudessa auttavana työkaluna.</p>	
Avainsanat	AV-suunnittelu, AV-tekniikka

Author Title	Simo Leppänen AV-planning and technology in buildings
Number of Pages Date	32 pages 24 November 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Jaakko Hulkkonen, Special Design Engineer Osmo Massinen, Lecturer
<p>The purpose of the Bachelor's study was to produce a guide to be used by Alten Finland's building service technologies and for those otherwise interested in the subject. Alten Finland is one of Europe's leading technology consulting and engineering companies.</p> <p>Thesis goes through the principles and good practices concerning AV-planning. Human physical properties regarding hearing and vision must be taken to account when talking about audio and visual presentation technologies. Many on the AV-technologies have been built around these properties and shortcomings. Some of these will be addressed briefly, as concerns how they affect AV-planning.</p> <p>AV-field is comparatively unregulated and heavily competitive. This causes rapid advances in the field relative to others in building service technologies. AV-technology can be categorized into many different presentation practices, of which this thesis addresses; why and how some specific situations can be handled.</p> <p>In the final thesis a compact guide regarding AV-planning was achieved that can be used as a helping tool in the future.</p>	
Keywords	AV-planning, AV-technology

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Av-suunnittelu	1
2.1	Lähtökohdat	1
2.2	Järjestelmän suunnittelu, nykytilanne	3
2.3	Av-suunnittelun kehitysidea	5
3	AV-liitännät	6
4	Kuulo ja näköaisti	10
4.1	Näköaistin ominaisuudet	10
4.2	Kuuloaistin ominaisuudet	10
5	Äänijärjestelmät	12
5.1	Akustiikka	12
5.2	Äänentoisto	15
5.3	XLR-liitin	18
6	Videotekniikat	19
6.1	Videoliitännät	21
6.2	Projektorit	22
6.3	Televisiot	24
7	Kuvan ja äänen pakkaus	26
8	AV-järjestelmien ohjauslaitteet	28
9	AV-tietoverkko	28
10	Yhteenveto	30
	Lähteet	31

## Lyhenteet ja termit

AV Audiovisuaalinen (ääni ja kuva).

Blue-Ray DVD:n seuraaja, teräväpiirtoiseen videoon kykenevä tallennusformaatti.

Impedanssi Sähkövirran kokema vastus virtapiirissä.

PA Lyhenne sanoista Public Address. Äänentoistojärjestelmä, joka on yleensä tarkoitettu jonkinlaiselle yleisölle esimerkiksi konserteissa.

Pikseli Yksittäinen kuvapiste.

## 1 Johdanto

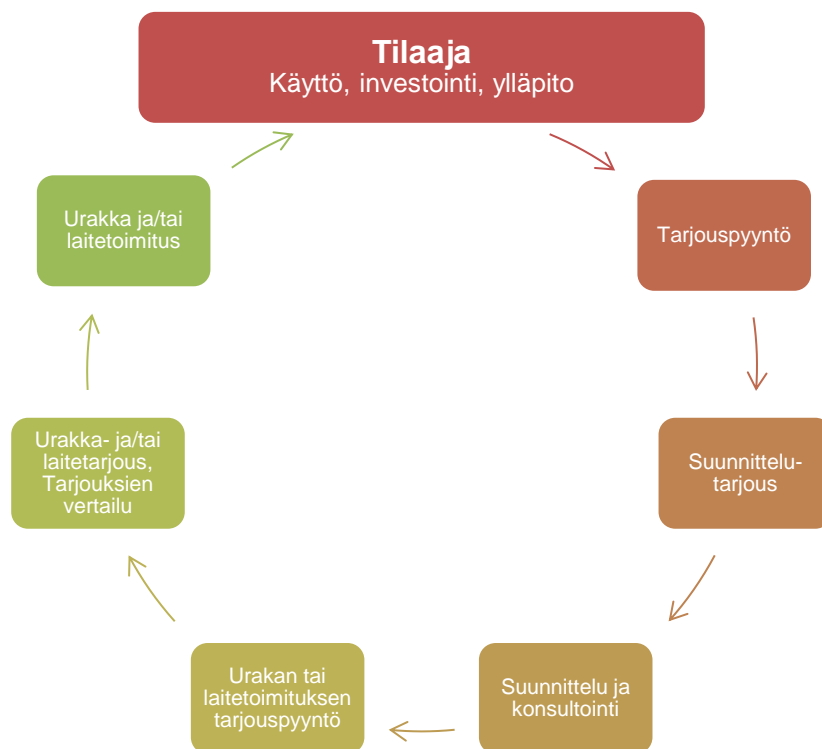
Insinööriyön tarkoituksena on avata ja koota hallitusti av-tekniikkaa ja sen termejä, suunnittelun vaiheita ja huomioon otettavia asioita. Av-tekniikka ei ole erityisen säädeltyä verrattuna esimerkiksi muihin sähköasennuksiin, ja kehitys on verrattain nopeaa. Aiheeseen perehtymätön voi helposti joutua informaatiotulvan alle yrittäessään löytää selkokieleistä tietoa erilaisista järjestelmistä. Tarkoitukseni on tarjota huomionarvoisiin aiheisiin hyvät lähtötiedot sekä vähän tarkemmatkin selitykset, miksi jotkin asiat ovat niin kuin ne ovat. Työn tarkoituksena on olla mahdollinen apuväline lähitulevaisuudessa suunnittelijoille työnantajani Alten Finlandin talotekniikan sähköosastolla.

## 2 Av-suunnittelu

### 2.1 Lähtökohdat

Av-suunnittelussa kuten muussakin talotekniikan suunnittelussa pyritään pääsemään ratkaisuihin, joissa asiakas on tyytyväinen lopputulokseen ja prosessiin, jolla siihen päästään. Tällaisia ovat esimerkiksi käytettävyyks, suorituskyyky, esteettisyys, laajennettavuus / muunneltavuus sekä kustannustehokkuus. AV- eli audiovisuaalinen tekniikka koostuu nimensä mukaisesti äänestä ja / tai kuvasta. Nykyaikaista on AV:n huomioonottaminen rakennusprojekteissa jo hyvin aikaisessa vaiheessa, jolloin on parhaimmat mahdollisuudet päästä onnistuneeseen ratkaisuun. Jokainen kohde tarjoaa erilaiset mahdollisuudet ja edellytykset järjestelmälle mutta jonkin vanha esimerkkikohde voi olla hyvä lähtökohta uuden suunnitteluun. Tämä on erityisen totta siksi, että asiakkaan tarpeet eivät ole välttämättä projektin alussa erityisen tarkasti määritelty. Vaatimuksena voi olla esimerkiksi luokkahuoneisiin kuvan ja äänentoiston mahdollisuus. Tämä tarjoaa suunnittelijalle melko vapaat kädet, mikä voi olla hyvä tai huono asia. Parhaassa tapauksessa suunnittelija tarjoaa asiakkaalle parhaan näkemyksensä ja hienoimman järjestelmän, jonka osaa, ja asiakas hyväksyy tämän. Todellisuudessa asiakkaan on helpompi kertoa näkemänsä perusteella mitä ei haluta, kuin etukäteen kertoa tarkalleen, mitä halutaan. Kommunikaatio suunnittelijan ja asiakkaan välillä on tärkeää suunnittelun jokaisessa vaiheessa, ettei tule tilannetta, jossa työtä on tehty turhaan. Arkkitehti on usein

myös suuressa osassa tätä prosessia, koska arkkitehdin suunnitelmat vaikuttavat erityisesti kalusteiden ja laitteiden sijoitteluun.



Kuva 1. AV-suunnittelun kiertokulku

Kuvassa 1 on esimerkki, miten AV-suunnittelun prosessi etenee. AV-suunnittelu lähtee tilaajan tarpeesta, jota lähdetään toteuttamaan. Tämä voi olla pelkkä AV-suunnitelma tai osa laajempaa sähkösuunnitelmaa. Erityisen laajoissa ja monimutkaisissa järjestelmissä AV-suunnittelu on erillinen tarjouskilpailunsa alaan erikoistuneille yrityksille. Osana sähkösuunnitelmaa se on vain yksi osa suurta kokonaisuutta, jolloin sen on vaara jäädä pienemmälle huomiolle. Suunnittelu- ja urakkatarjouksiin voi sisältyä laitteisto, tai se voi olla ohjeellista varsinaisten hankintojen jäädessä tilaajalle. Prosessi etenee pitkälti kuten muissakin rakennushankkeissa. Tarjousvaiheessa tulisi selvittää laitteiston käyttötarkoitus ja toteutuksen laajuus, että saadaan alustava kustannusarvio. Järjestelmien tilan tarve tulee myös ottaa huomioon. Pienemmissä järjestelmissä laitteiston sähkönkulutus on yleensä hyvin pieni kiinteistöjen muuhun sähkönkulutukseen verrattuna. [1]

Laitteiston hankkija tavallisesti toimittaa asiakkaalle käytön koulutuksen. Tästä on hyvä sopia jo tarjousvaiheessa. Suunnittelukokoukset ovat hyvä paikka saada täsmennyksiä pohjatietoihin sekä mahdollisesti tuoda omia huomioita esiin.

Muutamia apukysymyksiä AV-suunnittelun aloittamiseen:

Onko av-tekniikka helppokäyttöistä? Hienoimmasta ja teknisesti edistyneimmästä järjestelmästä ei ole suurta iloa, jos sitä ei osaa kukaan käyttää. Tämän arvioiminen voi olla kaikkein hankalin osa-alue, jossa tulee erityisesti huomioida asiakas; minkälaiseen käyttöön laitteisto tulee. Liian yksinkertainen järjestelmä voi olla jopa rajoittava tekijä vaativalle käyttäjälle.

Mikä on järjestelmien elinkaari? Järjestelmien elinkaaren kannalta tulee kiinnittää huomiota ja pyrkiä ennakoimaan tulevaa, onko se vanhentunut jo parin vuoden kuluttua vai voidaananko esimerkiksi laite- ja kaapelointivalinnoilla vaikuttaa siihen.

Millaista käyttöä järjestelmälle tulee? Esimerkiksi luokahuoneen ja äänitysstudion ääntötoistolta vaaditaan aivan erilaisia asioita. Suomen rakennusmääräyksien mukaan esimerkiksi kokoontumistilat ja luokahuoneet tulee varustaa induktiosilmukka äänen- toistojärjestelmään kuuloesteisiä henkilöitä varten, joka määritellään standardissa SFS-EN 60118:4.

Missä ovat omat rajani AV-suunnittelussa? Mikäli järjestelmät sisältävät erikoisempaa tekniikkaa tai ovat erityisen laajoja, voi olla järkevää kääntyä erilliseen AV-suunnitteluun.

## 2.2 Järjestelmän suunnittelu, nykytilanne

AV-järjestelmät voidaan jakaa yleisiin järjestelmiin ja esitystekniikan järjestelmiin. Yleisiä järjestelmiä ovat yleensä esimerkiksi kokous- ja luokahuoneet sekä infojärjestelmät. Näille on tyypillistä, että laitteisto ei ole erityisen kookasta, se ei kuluta merkittävästi energiaa ja että se ei vaadi erillisiä laitetoja. Esitystekniikassa, esimerkiksi auditoriot ja teatterit, tyypillistä ovat erilliset laitetoilat, suuri energiankulutus ja hyvinkin mittavat järjestelmät ja suunnitelmat. [1]

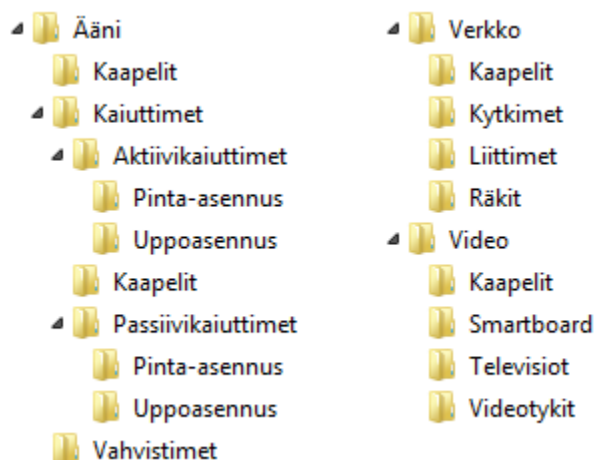


Lähtötietojen laadusta riippuen pitäisi muodostaa jonkinlainen kokonaiskuva järjestelmistä. Kohteessa saattaa olla useita samankaltaisia tiloja, joista yksi kannattaa suunnitella aluksi esimerkiksi. Suunnitelma voi olla asiakkaasta riippuen osa sähköpohjapiirustusta tai omina kaavioinaan. Aluksi tulisi kartoittaa minkälainen laitteisto AV-järjestelmään tarvitaan. Tämä tarkoittaa käytännössä ääni- (ks. kohta 6) ja esitystekniikkaa (ks. kohta 7). Laitteet ja niiden käyttötarkoitus määrittelevät pitkälti, minkälaisia kytkentöjä ja kaapelointeja ne tarvitsevat keskenään. [1]

Laitteiston sijoittelu on olennainen osa suunnitelmaa. Se on usein jonkinlainen kompromissi tilan, kalusteiden ja muiden järjestelmien kanssa. Parhaassa tapauksessa ennen suunnitelman aloittamista arkkitehdiltä saadaan pohjapiirustukset ja kalustekuvat, joiden perusteella laitteiden sijoittelun voi tehdä heti tarkasti. Tämä kuitenkin on harvoin todellisuutta, vaan AV-suunnitelmia muutetaan ja päivitetään muiden rakennussuunnitelmien mukaan. Keskeisessä osassa on esitystekniikka, tarkoittaa se sitten televisiota tai projektorin valkokangasta. Sen sijoitteluun ja valintaan vaikuttaa merkittävästi toivotun kuvapinnan koko. Tähän voi soveltaa tilan rajoituksia tai mieluummin suunniteltua maksimikatseluetäisyyttä, joka suositellaan olevan lähteestä riippuen 1,5–2,5 kertainen kuvan halkaisijaan nähden. [8]

Laitteiston mukaan ne tarvitsevat jonkinlaisen kaapeloinnin. Suurin osa vaatii vähintään verkkovirtaa, pois lukien passiivikaiuttimet (ks. 6.1). Nykyään vaatimuksena voi olla myös yhteys lähiverkkoon. Eri laitteiden väliset kytkennät tulee ottaa erityisesti huomioon. Esimerkiksi neuvotteluhuoneen pöydältä voidaan tarvita HDMI-yhteys kattoon asennettuun projektoriin. Kaapelointi on usein hankalampaa videosignaaleille koska niiden liittimiä ei voi yleensä rakentaa itse. Tällöin joudutaan käyttämään valmiita kaapeleita, joissa on valmiit liittimet mikä tekee niiden vetämiseksi esimerkiksi tavallisen 20 mm:n sähköputken läpi vetämisestä mahdotonta. Näissä tilanteissa täytyykin määrittää erikseen, käytetäänkö esimerkiksi seinän sisällä suurempaa putkea. Toinen vaihtoehto voi olla kaapelikanavat ja kourut, jotka helpottavat asennusta huomattavasti. Joissain tapauksissa, erityisesti ammattimaista av-järjestelmää suunniteltaessa, tulee ottaa huomioon järjestelmän maadoitus. Analogisilla äänisignaaleilla on erittäin tärkeää, että maadoitukset ovat riittävän kattavat, ettei minkäänlaisia potentiaaliaroja pääse syntymään. Analogiset äänisignaalit ovat usein erittäin heikkoja ja huono maadoitus on omiaan aiheuttamaan niihin esimerkiksi kohinaa. [1]

## 2.3 Av-suunnittelun kehitysidea



Kuva 2. Esimerkki kansiorakenteesta laitetietokannalle

Av-suunnittelussa olisi hyvä ottaa mallia esimerkiksi valaistussuunnittelusta, joka on kehittynyt viimevuosikymmeninä huomattavasti. Av-suunnittelun virtaviivaistamiseksi voidaan ottaa käyttöön laitekansiot ja –luettelot. Av-suunnittelussa erilaisten laitteiden tarjonta voi hirvittää heikompia. Kehitys kehittyy ja mallit päivittyvät uudempiin. Tämä hankaloittaa erityisen laitetietokannan muodostamista ja ylläpitoa koska valmistajilla ei ole ja tuskin tulee olemaan ainakaan vähään aikaan mitään järjestelmiä, joilla tuotetietoja voitaisiin tuoda yrityksen omiin tietokantoihin hallitusti. Sen sijaan yritys voi luoda omaa laitetietokantaansa esimerkiksi verkkolevylle kansiorakenteeseen (ks. kuva 2), missä erityyppiset järjestelmät olisivat omissa kansioissaan ja erityyppiset laitteen omissaan. Kansiot voivat sisältää esimerkiksi laitteen tietokortin (mikäli saatavilla) linkin valmistajan tuotesivulle sekä hinnan. Nämä tiedot voisivat helpottaa ja nopeuttaa tarkempien av-suunnitelmien valmistusta sekä erityisesti tarjouksien laskemista. Asiakkaalle tai urakoitsijalle voidaan toimittaa tarkat arviot kokonaiskustannuksesta sekä se, mistä se koostuu, mikä helpottaa esimerkiksi laitteistojen vertailua.

Näitä kansioita voidaan päivittää ja lisätä niihin laitteita sitä mukaa, kun sellaisia tarvitaan projekteissa, vähitellen kasvattaen tietokantaa.

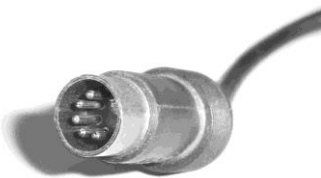
### 3 AV-liitännät

Tärkeimmät ääniliitännät



Kuva 3. XLR [16]

Kuvassa 3 on yleinen balansoitu analoginen liitintyyppi XLR, joka on laajalti käytössä äänentoistossa ja -tuotannossa.



Kuva 4. DIN [16]

Kuvassa 4 on DIN-liitin. Se on 2–8 napainen liitin audio ja valo-ohjaussignaaleille AV-tekniikassa.



Kuva 5. RCA [16]

Kuvassa 5 on analoginen audio- ja videoliitin RCA. Sitä käytetään myös digitaalisessa äänessä s/pdif signaalilla. RCA-liittimet ovat värikoodattu seuraavasti: valkoinen vasen, punainen oikea kanava, oranssi/keltainen s/pdif (tai video).



Kuva 6. Toslink [16]

Kuvassa 6 on optinen liitin digitaaliselle s/pdif äänelle.



Kuva 7. Speakon [16]

Kuvassa 7 on liitin vahvistetulle äänisignaaliille kaiuttimen ja vahvistimen välillä.



Kuva 8. 3,5 mm ja 6,3 mm [16]

Kuvassa 8 ovat plugiliittimet, mitä löytyy myös kuluttajaäänentoistossa esimerkiksi kuulokkeissa. Plugi voi olla stereo- tai monoäänelle sen rakenteen mukaan.

## Tärkeimmät videoliitännät



Kuva 9. HDMI [16]

Kuvassa 9 on videosignaalin liitin HDMI, joka versiosta riippuen kykenee kuljettamaan myös häviötöntä monikanavaääntä, ohjauskomentoja, lähiverkkoa sekä tietoja siihen kytketyistä laitteista.



Kuva 10. VGA [16]

Kuvassa 10 on vanhempi analoginen näyttöliitin VGA.



Kuva 11. DVI [16]

Kuvassa 11 on VGA-liittimen digitaalinen seuraaja DVI, joka on tietyin edellytyksin yhteensopiva sekä VGA- että HDMI-liittimien kanssa adaptoreilla.



Kuva 12. RCA [16]

Kuvassa 12 on fyysisesti samanlainen kuin RCA-ääniliittimet mutta keltainen. Vanhentunut yleisimmissä tarkoituksissa sen teknisten rajoitusten vuoksi.

## Data



Kuva 13. 8P8C [16]

Kuvassa 13 on lähiverkoista adoptoitu parikaapeliliitin, joka mahdollistaa nykyaikaisilla laitteilla lähes kaikenlaisten av-tekniikan signaalien siirron digitaalisesti, usein kutsutaan virheellisesti nimellä RJ45.

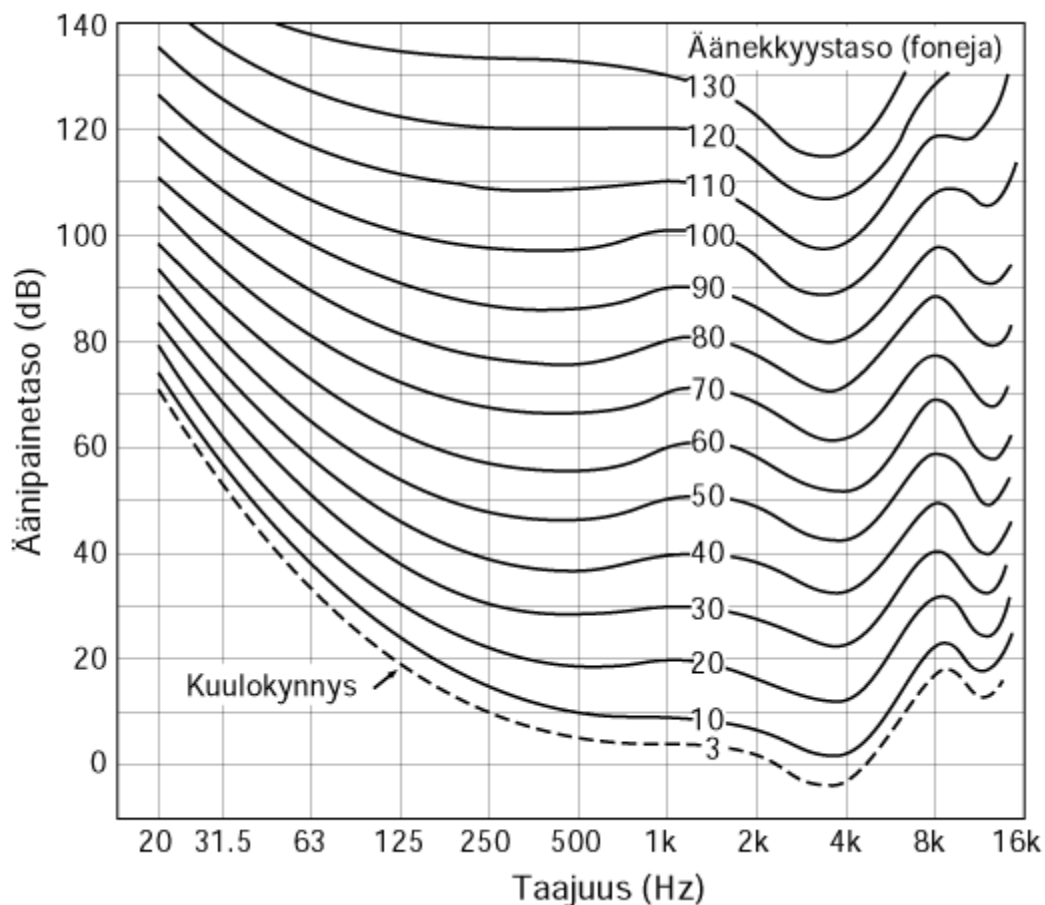
## 4 Kuulo ja näköaisti

### 4.1 Näköaistin ominaisuudet

Terveen ihmisen silmä erottaa kolmen päävärin kirkkautta, punaisen, sinisen ja vihreän. Kuten kuuloaisti, myös näkö on hyvin subjektiivinen aisti. Paitsi että joidenkin värien erotelussa on joillakin vaikeuksia, aivojen tapa tuottaa kuva silmistä saadun tiedon perusteella vaikuttaa pitkälti siihen, miten kuvanesitystekniikkaa on kehitetty. Ihmisen on vaikea määritellä valon kirkkautta absoluuttisesti, johtuen siitä, että silmän valoherkät solut muuttavat käytöstään niille osuvan valon määrän mukaan ja silmän iiris säätelee silmän pohjaan osuvan valon määrää. Silmä onkin kehittynyt erottamaan kontrastia eli valon kirkkauden eroja näkymästään. Esitystekniikassa tärkein valon yksikkö on luminanssi eli pinnan kirkkaus. Luminanssin yksikkö on kandela per neliömetri eli  $\text{cd/m}^2$ . Esimerkiksi tietokoneen näytön luminanssi voi olla  $\sim 300 \text{ cd/m}^2$ , kirkkaan taivaan  $\sim 8000 \text{ cd/m}^2$  ja pilvisen taivaan  $\sim 2000 \text{ cd/m}^2$ . [12]

### 4.2 Kuuloaistin ominaisuudet

Ihmisen kuulo määritellään tyypillisesti toimivan terveellä nuorella noin 20–20 000 Hz alueella. Ihmisen kuuloaistin subjektiivisuuden vuoksi äänen fyysisiä suureita mitattaessa ja ilmoitettaessa on otettava useita asioita huomioon. Äänen voimakkuuden ilmaisemiseen käytetty yksikkö on desibeli. Se ei ole absoluuttinen yksikkö siinä missä esimerkiksi watti tai kilogramma vaan se on aina vertailuarvo johonkin logaritmisella asteikolla. Äänestä puhuttaessa desibeli on määritelty siten, että 0 dB on ihmisen kuulon raja, joka tarkoittaa yleensä 20 mikropascalin äänenpainetta ilmassa yhden kilohertsin taajuudella, ellei toisin mainittu. 120 dB on taas määritelty kuulon kipurajaksi 20 pascaliin samalla taajuudella. Esimerkiksi kymmenen desibelin ero äänenvoimakkuudessa kuulostaa ihmiseltä aina samalta, vaikka oltaisiin missä kohtaa asteikkoa tahansa. Kymmenen desibelin nousu tarkoittaa aina äänenpaineen  $\sim 3$  kertaistumista ja äänen tehon kymmenkertaistumista. [2]



Kuva 14. Foonin asteikko [2]

Toinen äänenvoimakkuuden yksikkö on fooni, joka on johdettu desibelistä. Ylemmän kaavion mukaisesti foonissa on otettu huomioon, miten ihminen kuulee eri taajuudet. Fooni on yhtenevä desibelin kanssa 1 kHz:n kohdalla. Kuvan 14 käyristä nähdään että ihmisen kuulo on herkimmillään 2–5 kHz:n alueella. [2]

Esimerkiksi 1 kHz 90 dB kuulostaa ihmisen korvaan yhtä kovalta ääneltä kuin 63 Hz 100 dB. Äänen taajuus esitetään yleensä myös logaritmisena edellisen kaavion mukaisesti, jossa pyritään jäljittelemään ihmisen kuulon ominaisuuksia. Taajuuden kaksinkertaistuminen kuulostaa äänen korkeuden koetulta kaksinkertaistumiselta. Esimerkiksi 250 – 500 Hz:n ero kuulostaa yhtä suurelta kuin 4–8 kHz. [2]



## 5 Äänijärjestelmät

2.0, 2.1, 5.1, 7.1.2. Tällaisia numeroyhdistelmiä tulee vastaan usein äänijärjestelmissä. Näillä ilmaistaan esimerkiksi, kuinka monta kanavaa vahvistin pystyy toistamaan. Ensimmäinen numero kertoo pääkanavien määrän, 2 tarkoittaa kahta kaiutinta stereo-asetelmassa edessä, 5 tarkoittaa kahta edessä, kahta takana sekä yksi keskellä ja 7 lisää edelliseen kaksi kanavaa vielä suoraan sivuille. Toinen numero kertoo subwoofereiden määrän ja kolmas kattokaiutinten määrän, usein kaksi tai neljä. Kattokaiuttimia päästään hyödyntämään järjestelmässä, joka tukee esimerkiksi Dolby Atmos -ääniteknologiaa. Dolby Atmos tuo teoriassa teknisesti huippuluokan äänen kaikkialle ja kaikille, jotka sellaista kaipaavat ja joilla on tarpeeksi budjettia sijoittaa äänentoistoon.

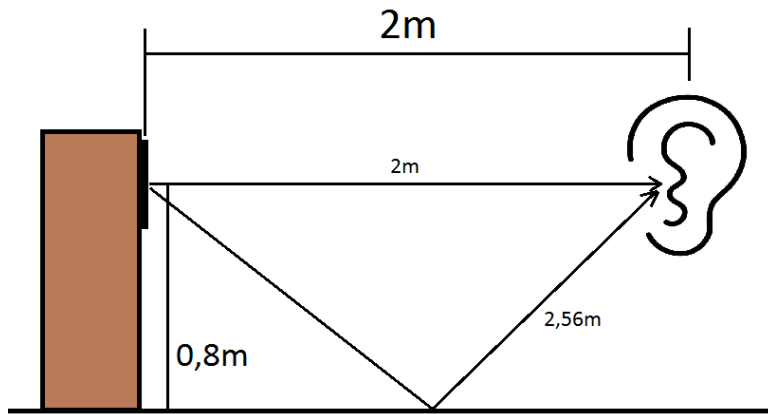
### 5.1 Akustiikka

Haviteltaessa hyvää äänentoistoa on kaksi kriteeriä ylitse muiden: kaiuttimet sekä akustiikka. Mikäli kumpaakaan näistä laiminlyödään, lopputulos kärsii varmasti. Akustiikalla tarkoitetaan sen tilan, missä ääntä kuunnellaan, vaikutusta ääniaaltoihin. Äänen osuessa johonkin pintaan se voi absorboitua siihen kokonaan, jolloin ääni ”pysähtyy”. Se voi heijastua kokonaan, toisin sanoen kaikua, jolloin se jatkaa matkaansa yhtä voimakkaana vastakkaisessa kulmassa pinnan normaaliin verrattuna tai jotain tästä väliltä. Akustisesti ”kuollut” huone tarkoittaa, että sen sisällä tuotetut äänet eivät heijastu mistään pinnasta takaisin. Tällaisia huoneita käytetään äänilaboratorioissa esimerkiksi kaiuttimien akustisissa mittauksissa. Tällainen huone ei ole kuitenkaan soveltuva ihmiselle, koska kuuloaisti on tottunut kuulemaan kaikua aina jonkin verran; sen puuttuminen kokonaan kuulostaa luonnottomalta. [14]

Akustiikan kannalta huonoin tilanne olisi suorakaiteen muotoinen huone, jossa kaikki pinnat olisivat kovia, esimerkiksi kiveä. Tällainen huone olisi erittäin hankala sellaiseen äänentoiston suunnittelun kannalta, koska mitä enemmän tila kaikuu siellä toistettua ääntä, sitä huonommalta se käytännössä kuulostaa. Tämä johtuu siitä, että ääni liikkuu ilmassa verrattain hitaasti, noin 340 metriä sekunnissa. Tästä aiheutuu se, että sama ääni kuullaan ensin suoraan kaiuttimesta, sitten uudestaan sen heijastuttua esimerkiksi katosta ja sitten esimerkiksi takaseinästä. Mitä enemmän ja kauemmin ääni kaikuu huoneessa, sitä enemmän ääni ”puuroutuu” eli alkaa kuulostaa epäselvältä. Tähän vaikuttaa

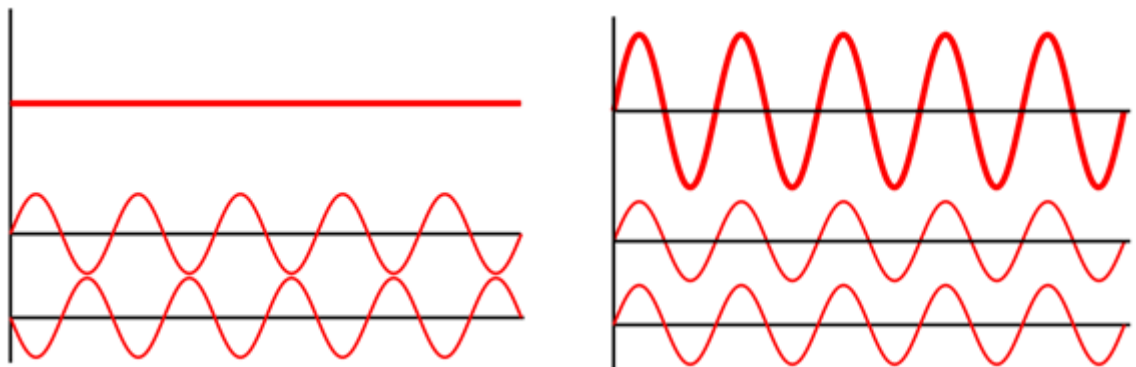
myös kaiuttimien suuntaavuus, jotkin kaiuttimet soivat lähes täydet 180 asteen alueella tasaisella voimakkuudella, kun taas jotkin ovat hyvinkin suuntaavia, mikä tarkoittaa, että ääni lähtee kaiuttimen elementeistä kapeammalla alueella. Hyvänä vertauksena voisi pitää esimerkiksi taskulamppuja; toiset valaisevat hyvin laajalle alueelle eteensä, kun taas toiset muodostavat vain kirkkaan pisteen. [14]

Akustointi tarkoittaa yleensä tiloissa materiaalivalintoja sekä erityisiä akustisia elementtejä. Näillä pyritään yleensä tekemään huoneesta akustisesti neutraalimpi vähentämällä äänen heijastuksia. Erityisesti akustiikassa keskitytään vähentämään niin sanotun ensimmäisen heijastuksen voimakkuutta sekä lyhentämään heijastuksen kokonaiskestoa. Ensimmäinen heijastus on yleensä seinä, katto tai lattia, jonka kautta esimerkiksi kaiuttimen ääni heijastuu kuulialle. Tällaisen pisteen voi kuvitella siihen kohtaan pintaa johon, jos sijoitettaisiin peili, kuulija näkisi siitä kaiuttimen. Heijastuksien kokonaisajalla tarkoitetaan, kuinka kauan ääni heijastelee edestakaisin tilassa esimerkiksi vastakkaisien seinien välillä. Tämän takia tilat, jotka ovat suunniteltu erityisesti akustiikkaa silmällä pitäen, eivät sisällä vastakkaisia seiniä, jotka ovat täysin samansuuntaisia. Katon ja lattian kanssa tämä ei yleensä ole kustannustehokasta tai edes mahdollista. Katto on sen sijaan hyvä paikka erillisille akustisille paneeleille/elementeille, jotka on suunniteltu vähentämään äänen heijastumista absorboimalla se. [14]



Kuva 15. Kaiutinesimerkki

Kuvan 15 esimerkistä kaiuttimesta suoraan saapuvan ja lattia kautta heijastuneen äänen ajoituksessa on eroa 0,56 metriä eli noin 0,16 millisekuntia. Jo näin pienellä erolla voi olla vaikutus erityisesti taajuuksille, jotka ovat aallonpituudeltaan puolet tästä välimatkasta. Esimerkkitapauksessamme tämä taajuus on noin 1200 Hz. [14]



Kuva 16. Ääniaaltojen vaikutus toisiinsa

Kuvassa 16 vasemmalla on tilanne, jossa kuuntelijalle saapuvat äänet ovat vaiheeltaan 180 astetta eri kohdissa, jolloin signaalit kumoavat toisensa. Samassa kuvassa oikealla on tilanne, jossa äänet vahvistavat toisiaan. Tällainen ääniaaltojen käytös ei ole millään tapaa huonoin mahdollinen tai edes tavaton tilanne, ja muun muassa näitä asioita pyritään akustoinnilla vähentämään.

## 5.2 Äänentoisto

AV-tekniikan olennainen osa on äänentoisto. Jos esimerkiksi neuvotteluhuoneessa tarvitaan kuvaa ja ääntä, se toteutetaan usein pienemmissä tiloissa televisiolla. Käytännössä kaikissa televisioissa on myös kaiuttimet, mutta niiden äänentoisto on usein korkeintaan tyydyttävällä tasolla. Kun nykyään mennään yhä litteämpiin ruutuihin, samalla myös ääni ohenee fyysisistä rajoituksista joillain varauksilla. Esimerkiksi LG:n joissain uusimmissa malleissa ääni tuotetaan värähtelemällä kuvaruutua, jolloin kuvapaneeli toimii osana kaiutinta. Erilliset kaiuttimet ovat usein suositeltava lisä, mikäli äänentoistoon on minkäänlaisia vaatimuksia.

Kaiuttimien valinnassa on otettava huomioon, minkälaista suorituskykyä niiltä vaaditaan ja yleensä myös esteettisyys. Se kuinka suurta ääntä kaiuttimista halutaan, määrittää pitkälti myös niiden fyysisen koon; fyysisesti suuremmat kaiuttimet tuottavat yleensä myös suuremman äänen. Asennustapoja on monia, kaiuttimet voivat olla esimerkiksi pöydällä, hyllyllä, seinäkiinnikkeessä tai upotettuna kattoon tai seinään. Kaiuttimen rakenteella on myös merkitystä, mikäli haluttu asennustapa tiedetään.

### Passiivikaiuttimet

Kaiuttimet voidaan jakaa kahteen ryhmään: aktiivisiin ja passiivisiin. Passiivikaiuttimet vaativat aina erillisen vahvistimen, joka tuottaa niille vahvistetun analogisen äänisignaalin. Ne voivat sisältää kaiutinelementtejä yleensä yhdestä viiteen. Suosituin ratkaisu on kaksi elementtiä: basso ja diskantti. Bassoelementti on huomattavasti diskanttia kookkaampi fyysisesti, koska se on tarkoitettu matalille taajuuksille, diskantti korkeammille. Bassoelementin toistamat taajuudet ovat tyypillisesti alle 4 kHz ja diskantin yli 4 kHz. Jos eri elementeillä halutaan toistaa eri taajuuksia, ne sisältävät jonkinlaisen jakosuotimen, joka jakaa taajuudet eri elementeille. Yksinkertaisimmillaan tämä on vain kondensaattori diskantin kanssa sarjassa, joka suodattaa signaalista matalammat taajuudet, jotka voisivat rikkoa sen nopeasti. [10]

Kaiuttimien valinnassa tärkeimmät sähkötekniset arvot ovat tehonkesto, impedanssi ja mahdollisesti herkkyys. Tehonkestosta ilmoitetaan usein kaksi arvoa, huippupiikkitehon ja RMS (root means square) eli jatkuvan tehon kesto watteina. Näistä käytännössä vain

RMS-teholla on merkitystä, mutta valmistajat tykkäävät joskus markkinoida kaiuttimia piikkiteholla koska pakkaukseen saadaan suurempi numero. Ilmoitettu RMS tehokin on otettava vain ohjeellisena koska sen mittaustapaa ei ole standardoitu mitenkään. [10]

Impedanssi ilmoitetaan ohmeissa. Yleisin kaiuttimien impedanssi on 8 ohmia. Impedanssi vaikuttaa siihen, kuinka paljon kaiutin kuormittaa vahvistinta. Vahvistimen oma impedanssi on lähellä nollaa, joten mitä pienempi on impedanssi, sitä enemmän sen transistoreissa tapahtuu tehohäviötä. Vahvistimissa on aina ilmoitettu kaiuttimien minimi-impedanssi, jotka siihen voidaan kytkeä. Käytettäessä minimi-impedanssia pienempi impedanssia kaiuttimia vahvistin saadaan todennäköisesti rikottua. [5]

Kaiuttimen herkkyys ilmoitetaan desibeleissä. Esimerkiksi 95 dB:n herkkyys tarkoittaa, että kaiutin pystyy tuottamaan 95 dB:n äänen yhden watin teholla. [5]

Jokainen passiivikaiutin tarvitsee plus- ja miinusjohtimet vahvistimelta, joilla ei ole äänentoiston kannalta oikeastaan muita vaatimuksia kuin tarpeeksi pieni impedanssi eli poikkipinnaltaan tarpeeksi suuri johdin kaiuttimilta tarvittavaan tehoon nähden. [4] Käytännössä rakennusmääräykset ja käytännön seikat määräävät kaapelivalinnan. Vahvistimen valinnassa on huomioitava, että se kykenee tuottamaan tarpeeksi tehoa valituiden kaiuttimien impedanssin mukaan. Kaiuttimien liian pieni impedanssi vahvistimeen nähden todennäköisesti rikkoo sen. [6]

#### Aktiivikaiuttimet

Aktiivikaiuttimet toimitetaan yleensä joko yksittäin niin, että jokainen kaiutin sisältää oman vahvistimensa tai sitten pareittain, jolloin toinen kaiutin sisältää stereovahvistimen ja säädöt, toinen kytketään siihen. Aktiivikaiuttimet ovat tästä syystä helpompi vaihtoehto verrattuna passiivisiin, joskaan ei välttämättä edullisempi, koska vahvistinta ei tarvitse itse valita. Aktiivikaiuttimia on erittäin laaja valikoima taskuun mahtuvista parin watin bluetooth-kaiuttimista tuhansien wattien vaatekaapin kokoiisiin PA-kaiuttimiin. Äänentoistojärjestelmiin soveltuvat aktiivikaiuttimet sisältävät yleensä oman virtalähteensä, jolloin niihin tarvitsee tuoda vain verkkovirta sekä äänisignaali. Analogisen äänisignaalin saamiseksi aktiivikaiuttimeen yleisimmät tavat ovat mallista riippuen 3,5 tai 6,35 mm:n plugiliitin, optinen/koaksiaali s/pdif, rca ja XLR. Aktiivikaiuttimet tuottavat pääasiassa

"kokoääntä". Tämä tarkoittaa, että niiden toistoalue kattaa ihmisen kuulon taajuusalueen kokonaan. [10]

### Subwooferit

Matalammilla taajuuksilla fysiikan lait tulevat jossain vaiheessa vastaan kokoäänikaiuttimilla eikä fyysisesti pienillä elementeillä päästä toistamaan kaikkein matalimpia ( $< 100$  Hz) erityisen hyvin. Kätevä tapa saada lisää potkua mataliin taajuksiin on lisätä järjestelmään subwoofer, kansan kielellä "subbari". Subwooferit ovat usein aktiivisia yhden suuren (yli 10 tuumaa halkaisijaltaan) kaiuttimia, jotka ovat tarkoitettu matalien, alle 100 Hz:n taajuuksien toistoon. Subwooferit eroavat kokoäänikaiuttimista jossain määrin myös vahvistimiensa puolesta. Mitä matalampia ääniä halutaan toistaa, sitä suurempi teho tarvitaan. Paitsi että matalien taajuuksien suuremmat elementit tarvitsevat enemmän tehoa liikkuakseen, ihmisen kuulo heikkenee merkittävästi matalilla alle 120 Hz:n taajuuksilla. [10]

### Vahvistimet

Passiivikaiuttimille joudutaan aina valitsemaan myös vahvistin kaiuttimen ja käyttötarkoituksen mukaan. Yleisimmät vahvistintyypit ovat A/B- ja D-luokkaa. [3]

A/B-vahvistin on perinteistä tekniikkaa, jossa signaalin vahvistus tuotetaan transistoreilla. Suurin osa vahvistimista käyttää tätä tekniikkaa sen verrattaisen yksinkertaisuuden ja edullisuuden vuoksi. Jos vahvistimessa ei ole erikseen mainittu mitä luokkaa se edustaa, se on todennäköisesti A/B-luokan vahvistin. Erityisesti suuremmilla tehoilla sen huono hyötysuhde voi kuitenkin muodostua ongelmaksi. Toimintatapansa vuoksi ne voivat tuottaa huomattavan määrän hukkalämpöä, silloinkin kun niiden läpi ei toisteta signaalia. Parhaimmillaankin A/B luokan vahvistimilla päästään vain noin 15 %:n hyötysuhteeseen. [3]

D-luokan vahvistimet suhteellisen uuden tekniikkansa vuoksi eivät ole vielä valloittaneet markkinoita mutta tulevaisuudessa näin voi hyvinkin tapahtua. Ne eroavat perinteisistä transistorivahvistimista siten, että niissä transistoreita käytetään vain on/off kytkiminä. Signaali muodostetaan PWM eli pulssinleveysmoduloillulla signaalilla. Kun käytetään tarpeeksi suurta PWM-ohjaustaajuutta, siitä saadaan alipäästösuodattimella

muodostettua analoginen signaali kaiuttimelle. Tästä seuraa, että D-luokan vahvistimilla päästään lähes 100% hyötysuhteeseen, eikä ne kuluta sähköä käytännössä lainkaan, kun niiden läpi ei toisteta signaalia. Tekniikka soveltuu erityisesti subwooferien vahvistimiksi koska matalilla taajuuksilla voidaan käyttää huomattavasti heikompaa alipäästösuodatusta ja matalampaa PWM-taajuutta. Koko taajuusalueen vahvistimena se vaatii hienostunutta elektroniikkaa, että äänenlaatu saadaan A/B-luokan vahvistimien tasolle, minkä vuoksi niiden hinnat ovat usein selkeästi korkeammat. Korkeat PWM-ohjaustaajuudet vaativat myös hyvin suunnitellun suojauksen, etteivät ne aiheuta elektromagneettista häiriötä ympärilleen. [3]

### 5.3 XLR-liitin

XLR-liitin on muodostunut äänentoiston ja -tuotannon työjuhdaaksi. Jo 50-luvulle juurensa juontava Canonin kehittänyt XLR-liitin muodostui nopeasti 60-luvulla itsestäänselvyydeksi. Se kehiteltiin alun perin mikrofoniin liittämiseksi äänentallennusvälineisiin. Mikrofonien tuottama äänisignaali on usein äärimmäisen heikko vaatien huomattavasti vahvistusta ennen kuin sillä voidaan tehdä mitään hyödyllistä. Mikrofonit ovat yksinkertaisimmillaan komponenttitasolla identtisiä kaiuttimien kanssa, vain hyvin pieniä sellaisia. Niissä on johdin kelalla, jonka keskellä on kestopagneetti, joka värähtelee siihen kohdistuvasta äänestä. Magneetin liike aiheuttaa kelassa pienen jännitteen, joka vahvistetaan jopa useita magnitudia suuremmaksi, ennen kuin se pystytään tallentamaan tai toistamaan kaiuttimessa. Mikrofoneilla onkin yleensä suuri impedanssi. Näistä asioista johtuen, jos mikrofoniin ja vahvistimen väliseen kaapeliin indusoituu pienikin häiriö, vahvistettuna se voi kilpailla mikrofoniin signaalin kanssa tasaväkisesti tai olla jopa sitä voimakkaampi. Canon kehitti kolminapaisen XLR-liittimen ja -kaapelin tähän tarkoitukseen. XLR-kaapelissa kaksi signaalijohdinta on kiedottu yhteen, ja niiden seurana on kolmas maajohdin, joka voi olla kiedottu tai punottu signaalijohtimien ympärille. Koska signaalijohtimissa niiden signaalit ovat vaiheeltaan käänteisiä toisiinsa nähden, kaapelia ulkopuolelta tarkasteltaessa ne kumoavat toisensa. Tällä järjestelyllä saavutetaan erinomainen häiriönsietokyky sekä magneetti- että sähkökentiltä.

XLR-kaapelit voidaan jakaa kahteen ryhmään, analogisiin ja digitaalisiin. Ne ovat ulkoisesti yhteneviä, ainoana erona ollessa niiden impedanssi. Analogisissa tämä on 45 ohmia ja digitaaliset noudattavat AES/EBU-standardia, joka määrittelee kaapelin

impedanssiksi 110 ohmia. Näillä on erityisesti merkitystä pitkissä (>20 m) digitaalisissa XLR-kaapeleissa, joka täytyy ottaa huomioon asennuskaapeleita valittaessa. [15]

## 6 Videotekniikat

Yleisimmät termit	Vaaka- kertaa pystykuvapisteen määrä
XGA	1024x768
720i/p, HD Ready, WGA	1280x720
1080i/p, Full HD	1920x1080
4K, Ultra HD	3840x2160 tai 4096x2160

Taulukko 1. Yleisimmät resoluutiot.

720p, 1080i, 4K, HD Ready, Full HD... Taulukossa 1 on selitetty näistä yleisimmät. Tällaisia termejä löytyy käytännössä jokaisesta laitteesta mikä näyttää jonkinlaista kuvaa. Näillä viitataan kuvapisteen määrään eli toisin sanoen kuvan tarkkuuteen. Mitä enemmän kuvapisteitä on, sitä parempi erottelukyky kuvassa on. Tällä on merkitystä erityisesti suuremmissa kuvissa. Nykyään suurin osa markkinoilta löytyvistä tuotteista on varustettu vähintään 1080p:n erottelukyvillä, mutta muutamia poikkeuksia löytyy silti edullisimmista malleista. Näitä saatetaan joskus markkinoida harhaanjohtavasti, jolloin esimerkiksi projektorin kerrotaan pystyvän toistamaan Full HD-tarkkuuden kuvaa mutta skaalattuna pienemmälle määrälle kuvapisteitä. Suurempi esimerkiksi 4K:n resoluutio on teoriassa neljä kertaa tarkempi kuin Full HD-resoluutio, mutta käytännössä tätä eroa voi



olla vaikea tai lähes mahdotonta havaita. Esitettävästä materiaalista riippuen ei välttämättä ole edes mahdollisuutta hyödyntää suurempaa resoluutiota.

”i” tai ”p” merkintä kertoo, onko kuva progressiivinen (p) vai lomitettu (i). Lomitettu kuva on kuvaputkiajoilta jäänyt katoava muinaisjäännöksenä näyttötekniikassa, jossa ensin kuvan parittomat vaakajuovat piirretään näytölle vuorotellen ja sen jälkeen parilliset. Kuvaputkinäyttöillä tällä saatiin vähennettyä kuvan välkynnän näkymistä silmälle. Litteillä näyttötekniikoilla tällä ei kuitenkaan saavuteta mitään etuja, päinvastoin liikkuvassa kuvassa voi ilmetä tästä aiheutuvia juovia. Tämä tekniikka on kuitenkin jo käytännössä poistunut markkinoilta.

Kuvan kontrastisuhde määrittää, kuinka suuria kirkkauseroja pystytään toistamaan yhtä aikaa. Kontrasti ilmoitetaan suhdelukuna X:1, joka kertoo teoriassa kirkkaimman ja tummimman kohdan eron. Lukuun ottamatta OLED-näyttöjä, joilla päästään käytännössä äärettömään kontrastiin, kontrastiluku on yleensä välillä 1000:1 (huono) – 6000:1 (erinomainen). Markkinoinnissa saattaa kuitenkin törmätä ”dynaamiseen kontrastiin”, joka voi olla ilmoitettu olevan jopa 1 000 000:1. Tämä ei kuitenkaan käytännössä tarkoita mitään, koska sen mittausta ei ole standardisoitu. [9]

Kuvan mustan taso on hankalampi arvioida, ja sen määrittää pitkälti käytössä oleva tekniikka. Mustan tasolla tarkoitetaan sitä, kuinka mustalta kuvassa mustana tarkoitettu alue näyttää. Projektoreilla se riippuu paitsi projektorista, myös ympäristön valon määrästä. Televisioissa voidaan pitää nyrkkisääntönä, että mustan tasot menevät parhaimmasta huonoimpaan paneelitekniikan mukaan: OLED, VA, IPS ja TN. [9]

HDR on lyhenne sanoista High Dynamic Range. Yleisin käytetty väriavaruus on 24 bittiä suuri. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaisen kuvapisteen päävärillä (punainen, vihreä ja sininen) on 8 bittiä eli 256 eri arvoa kirkkaudelle, 0 sen ollessa kokonaan pois päältä ja 256 kirkkaimmillaan. HDR signaalilla näitä bittejä on enemmän, yleensä 10 bittiä, jolloin mahdollisia eri kirkkauden asteita on nelinkertaisesti. Näin voidaan hyödyntää paremmin esimerkiksi OLED paneelien erinomaista kontrastia vaaleiden ja tummien alueiden välillä ilman että kuvan tarkkuus kärsii. [9]

## 6.1 Videoliitännät

### HDMI

Vuonna 2002 elektroniikkateollisuuden suurimmat valmistajat julkaisivat yhdessä kehittämiensä ”High-Definition Multimedia Interface” -standardinsa, joka on monipuolisuudellaan ja päivitettävyydellään vallannut alan tehokkaasti. HDMI 1.0 tarjosi alun perin 1920 x 1080 resoluutioisen kuvan 60 ruutua sekunnissa, uudemmat 2.0+ -standardit jopa 4096 x 2160 60 fps HDR. HDMI on yleisin käytössä oleva videoliitäntä ja se tarjoaa riittävän suorituskyvyn useimpiin tilanteisiin. Yksi rajoittavia tekijöitä on sen maksimipituus, joka tavallisilla kaapeleilla on noin 20 metriä. Tätä pidemmällä matkoilla tarvitaan jonkinlaista aktiivista elektroniikkaa, joka vahvistaa signaalia tai muuttaa sen esimerkiksi valokuituun tai verkkokaapeliin sopivaksi. Markkinoilla löytyy myös langattomia ratkaisuja HDMI-signaalin siirtoon lyhyitä alle 10 metrin matkoja. Tällaisia ratkaisuja suositellaan kuitenkin vältettäväksi kiinteissä asennuksissa, koska niiden toimintavarmuus ei ole kaapelin tasolla.

### Displayport

Joskus sekoitetaan HDMI liittimen kanssa koska ne muistuttavat toisiaan fyysisesti sekä pitkälti suorituskyvyltään. Displayport-liittimessä on pieni hakanen, joka pitää painaa alas, kun liittintä irrotetaan, toisin kuin HDMI liittimessä. Displayport-liittimet ovat yleisimpiä tietokoneiden monitoreissa ja mahdollistavat jopa HDMI:tä suuremmat resoluutiot ja päivitystaajuuudet. Toinen displayportin etu on, että näyttöjä voidaan ketjuttaa, jolloin keskusyksiköltä viedään kaapeli vain ensimmäiselle näytölle, josta se ketjutetaan eteenpäin. Tällöin kuitenkin myös näytön täytyy tukea ketjutusta.

### DVI

DVI on ensimmäisiä digitaalisia yleistyneitä tietokoneiden näyttöliittimiä. Sillä päästiin eroon analogisten tekniikoiden rajoituksista ja tarjosi huomattavia parannuksia niihin verrattuna. Displayport on kuitenkin syrjäyttänyt sen lähes kokonaan.

## VGA

VGA on vanhentunut analoginen näyttöliitin, jota saattaa tulla vastaan vanhemmissa tietokoneissa. Markkinoilla on adaptereita, joilla VGA-signaali voidaan muuttaa esimerkiksi HDMI:ksi.

## 6.2 Projektorit

Projektorit tarjoavat hyvin erilaisia mahdollisuuksia televisioihin verrattuna. Paitsi että niillä saavutetaan yleensä edullisemmin hyvin suuri kuva, niiden sijoittelu tarjoaa mahdollisuuksia ja haasteita.

Projektoreissa huomioitavia arvoja ovat heittoetäisyys, ANSI-kirkkaus, kuvansiirtomahdollisuudet ja resoluutio. Hieman subjektiivisempi arvo on projektorin melu. Joissain tapauksissa sillä ei ole edes merkitystä, mutta silloinkin kun on, ei projektorin teknisissä tiedoissa tätä aina kerrota. Vaikka jonkinlainen desibeliarvo projektorin melulle olisi ilmoitettu, sekään ei kerro koko totuutta. Projektorissa melu aiheutuu lampun jäähdytykseen tarkoitetusta tuulettimesta. Erilaisista tuulettimista aiheutuu erilaista ääntä; vaikka kahdesta erilaisesta tuulettimesta mitattaisiin yhtä suuri melu desibeleissä mitattuna, sen laatu vaikuttaa paljon siihen kuinka häiritsevältä se kuulostaa. Suurempien tuulettimien matalampitaajuuksinen hurina on usein subjektiivisesti vähemmän häiritsevää kuin pienempien tuulettimien korkeataajuuksinen sirinä.

Heittoetäisyys tarkoittaa, millä etäisyydellä projektori pystyy tuottamaan tarkennetun kuvan ja kuinka suuren.

ANSI-kirkkaus ilmoitetaan luumeneissa. Tämä arvo kertoo, kuinka paljon valoa projektori pystyy tuottamaan. Mitä suurempi kuva ja mitä valoisampi ympäristö on, sitä enemmän valotehoa projektorilta vaaditaan, että kuva näyttää hyvältä. Esimerkiksi pimennetyssä kotiteatterissa 2500 ANSI-luumenin valoteho riittää tuottamaan tyydyttävästi isonkin (150” halkaisija) kuvan. Vähän kirkkaammissa kohteissa kuten esimerkiksi kokoustilat tai luokkahuoneet, joissa voidaan sammuttaa osa valoista ja vähentää tulevan valon määrää ikkunoista suositellaan vähintään 3000 ANSI-luumenia. Kohteissa, joissa ei ole mahdollista himmentää muita valoja, suositellaan yli 5000 ANSI-luumenia projektorilta. [7]

Projektorin kuvansiirto-ominaisuudet määrittelevät mihin se voidaan asentaa suhteessa kuvapintaan. Yksinkertaisimmillaan tämä tarkoittaa pelkkää kuvan tarkennusta, jolla projektorin kuva pystytään tarkentamaan ilmoitetulle välille x–y.

Useimmiten projektoreissa on myös vähintään digitaalisia kuvansiirto-ominaisuuksia, joilla voidaan korjata kuvan muotoa, jos projektori ei ole optimaalisella korkeudella heijastettavaan kuvaan nähden. Hienoimmissa malleissa nämä korjaukset pystytään tekemään optisesti linssejä manipuloimalla, joko manuaalisilla säätimillä tai moottoroidusti projektin käyttöliittymän kautta.

Toinen hyvin yleinen ominaisuus projektorissa on zoomilinssi. Tällä pystytään johonkin asti säätämään kuvan kokoa. Projektoreissa on aina jotenkin ilmoitettu, minkä kokoinen kuva sillä voidaan saada milläkin etäisyydellä. Usein kuvan halkaisija on vähän alle projektorin etäisyyden heijastuspinnasta.

Markkinoilla on myös lähiheittoon erikoistuneita projektoreita, joilla voidaan saavuttaa suuri kuva jo muutaman kymmenen sentin etäisyydeltä heijastuspinnasta. Tämä voi olla joissain tapauksissa välttämätöntä, jos heijastettavaan kuvaan ei haluta varjoja esimerkiksi esiintyjästä tai jos projektorilla ei voida asentaa kauemmaksi. Eräs huomionarvoinen asia projektoreissa, erityisesti perinteisissä malleissa, joissa on halogeenilamppu, on, että niiden käynnistyminen voi olla hidasta, erityisesti jos sammuttamisen jälkeen tarvitaan nopeasti käynnistää projektori uudelleen.

### Projektoritekniikat

Nykyään suurin osa projektoreista käyttää joko DLP- tai LCD-tekniikkaa. LCD-projektorissa valo kulkee joko yhden LCD-paneelin läpi, jossa jokainen pikseli saa värinsä ja kirkkautensa tai jossa valo jaetaan prismalla kolmeen pääväriin kolmelle eri LCD-paneelille, jonka jälkeen ne taas yhdistetään. [8]

DLP-projektorissa valo kulkee ensin väripyörän läpi, joka päästää läpi vuorotellen jotakin kolmesta pääväristä. Tämän jälkeen valo osuu mikrobeilipaneelille, jossa on yhtä monta mikroskooppisen pientä peiliä kuin kuvassa pikseleitä. Näitä peilejä käännellään ohjautusti joko ”päälle” tai ”pois”, jolloin pikseliin saadaan kirkkaus peilin käännön keston mukaan ja väri väripyörän asennon mukaan. DLP-projektoreilla voidaan saada kuvaan

parempi kontrasti kuin LCD-tekniikalla. Jotkut käyttäjät näkevät DLP-projektorin kuvassa niin kutsuttua sateenkaariefektiä, jossa liikkuvan kuvan ääriviivoissa näkyy häiritsevästi sateenkaaren sävyjä. Tästä on yleensä merkitystä vain elokuvakäytössä. [8]

### 6.3 Televisiot

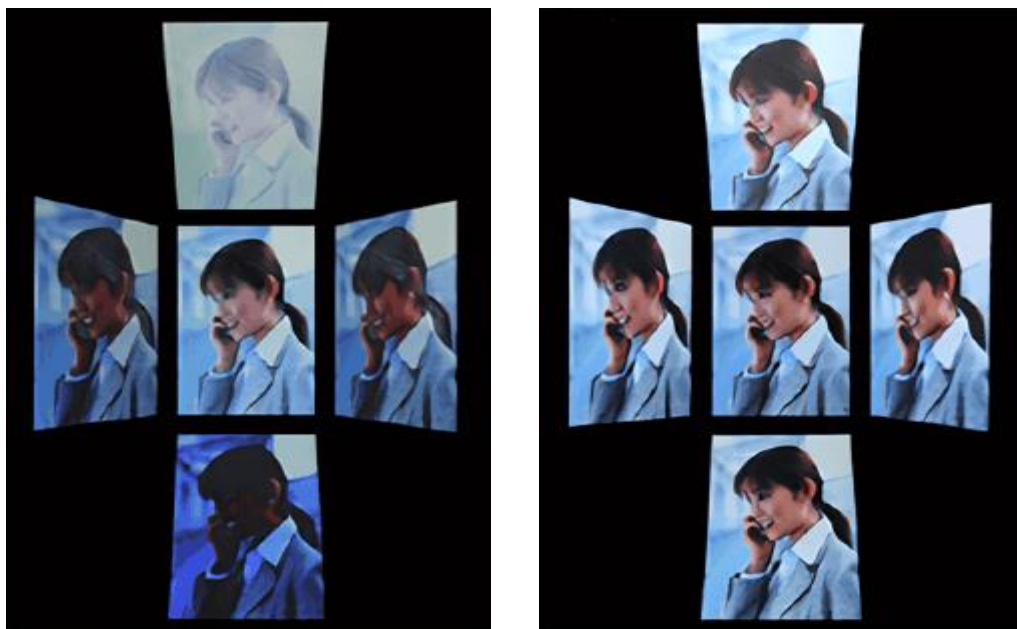
Vielä vuosikymmen sitten kun esitystekniikalta vaadittiin suurta kuvaa, videoprojektori oli enemmän sääntö kuin poikkeus. Oli sitten kyse neuvottelu-, luokka- tai kotiteatterista, valkokangas ja katossa tai pöydällä huriseva projektori oli ja on edelleen tuttu näky. Tekniikan kehittyessä suuret taulutelevisiot ovat kuitenkin tarjonneet entistä paremman vaihtoehdon isolle kuvalle. Televisioiden etuja projektoriin verrattuna on monia. Ne ovat edullisempia hankkia (varauksella), asentaa ja käyttää, niissä on terävämpi ja kirkkaampi kuva, huoneen valaistuksella ei ole niin suuri merkitys, ne ovat käytännössä huoltovapaita sekä ne kuluttavat vähemmän energiaa (varauksella).

Täysin projektoreita televisiot eivät kuitenkaan ole ainakaan lähitulevaisuudessa korvaamassa, sillä suurempiin (yli 75 tuumaa) kuvakokoihin projektori on käytännössä ainoa järkevä vaihtoehto, eikä televisio välttämättä sovi joka paikkaan. Projektori voidaan kiinnittää kattoon, jossa se ei ole tiellä ja valkokangas voi olla rullautuvaa mallia. Projektori-tekniikan kehittyessä moniin asioihin on tullut led- ja laser-projektorien myötä parannuksia. Energiankulutus (lämmön tuotto) on tippunut eikä lamppua tarvitse vaihtaa muutamman tuhannen käyttötunnin välein, toisin kuin perinteisiä halogeenilamppuja.

#### Televisiotekniikat

Kuvanmuodostustekniikoista yleisin televisioissa kuin myös projektoreissa on LCD-paneeli. Sen taustavalaistus on tuotettu perinteisesti loisteputkilla, jotka led-valot ovat korvanneet käytännössä kokonaan. Led taustavalotekniikat voi jakaa reunavalaistuihin ja kuvan takaa valaistuihin. Reunavalaistuisia paneeleissa led-valot ovat vain kuvan reunoilla, takaa valaistuisia ne ovat suoraan paneelin takana koko sen pinta-alalta. Takaa valaistuisia paneeleissa voidaan hyödyntää ”local dimming”-teknologioita, joissa joista eri tausta-ledin kirkkautta säädellään kuvan mukaan, millä voidaan saavuttaa parempi kontrasti kuvan kirkkaiden ja tummien kohtien välillä. Tähän yleensä sovelletaan myös jonkinlaista HDR-tekniikkaa. Kontrasti on LCD-paneeleissa aina jossain määrin

rajallinen koska taustavaloa vuotaa aina jonkin verran paneelin läpi. Kuvan kokonaiskirkkautta säädellään taustavalon kirkkautta muuttamalla. LCD-tekniikka on hyvin pitkälle kehittynyttä eikä se kulu käytössä, jolloin se on luotettava vaihtoehto kaiken tyyppisiin tarpeisiin.



Kuva 17. Vasemmalla TN-paneeli eri kulmista katsottuna, oikealla IPS. [16]

LCD-paneelit voidaan jakaa kolmeen yleisimpään eri tekniikkaan: TN, VA ja IPS. TN on tekniikoista vanhin ja objektiivisesti huonoin. Niitä ei edes televisioista nykyään käytännössä edes löydy, mutta joistain tietokonemonitoreista kyllä. [9]

TN-paneelille on tyypillistä huonot katselukulmat (ks. kuva 17), mustan taso, kontrasti sekä värintoisto. TN-paneelien ainoa vahvuus muihin verrattuna on, että se mahdollistaa korkeat virkistystaajuuudet ja pienet vasteajat. Näitä ominaisuuksia arvostetaan erityisesti pelikäyttöön tarkoitetuissa tietokonemonitoreissa. [9]

IPS- ja VA-paneelit ovat teknisesti hyvin lähellä toisiaan, joitakin tyypillisiä ominaisuuksia lukuun ottamatta. IPS-paneelit tarjoavat yleensä lähes täydelliset katselukulmat, sillä kuvan värit ja kirkkaus eivät riipu siitä, mistä suunnasta sitä katselee. VA-paneeleille taas on tyypillistä erittäin hyvät kontrastit ja mustan taso. IPS- ja VA-paneeleissa on myös selvästi parempi värintoisto TN-paneelisiin verrattuna, mutta tällä osa-alueella esiintyy

suurimmat erot eri mallien välillä. Erityisesti IPS-paneeleissa on heikoimpien (halvinten) ja parhaiden (kalliiden) mallien välillä suuriakin eroja. [9]

OLED-näyttötekniikka on kehittynyt huimasti ja jopa ohittanut perinteisemmät näyttöteknologiat monella osa-alueella. Niissä paneelin jokaisen kuvapisteen päävärit ovat omia valodiodejaan, jolloin erillistä taustavalaistusta ei tarvita. Jokaista kuvapistettä voidaan värin ja kirkkauden puolesta ohjata täysin vapaasti, jolloin esimerkiksi kuvan mahdollinen kontrasti on käytännössä ääretön. Täysin mustissa kohdissa kuvapisteen voidaan sammuttaa kokonaan, jolloin saavutetaan paras mahdollinen mustan taso, ja kirkkaimmissa valkoisissa ne voidaan asettaa täydelle kirkkaudelle viereisistä kuvapisteistä riippumatta. OLED-tekniikan yleistymistä rajoittaa sen toistaiseksi kalliimpi hinta LCD-tekniikkaan verrattuna, etenkin suuremmissa yli 50 tuuman paneeleissa. OLED-paneeleita vaivaa myös jossain määrin kuvan palaminen näyttöön, jolloin pitkään pysyvät kirkkaat alueet voivat aiheuttaa kuvaan himmeän ”haamun”. Nämä tummemmat alueet näkyvät yleensä vain valkoista kuvaa katsellessa. Kuvan palaminen näyttöön johtuu siitä, että OLED-kuvapisteille on ominaista niiden himmentyminen käytön myötä, aivan kuin tavallisilla LED-valoillakin. [9]

## 7 Kuvan ja äänen pakkaus

### Kuva

Digitaalinen kuva koostuu yksittäisistä pikseleistä, jotka toistavat eri väriä kuvavirran mukaan. Esimerkiksi jos halutaan toistaa pakkaamatonta ”full hd-videokuvaa (1920 x 1080) 25 ruutua sekunnissa 24 bittisellä väriavaruudella, tarvitaan kuvalle vähintään  $1920 \times 1080 \times 25 \times 24 = 1\,244\,160\,000$  bittiä eli noin 1,24 Gb/s tiedonsiirtonopeus. HDMI:n ensimmäisen version (1.0) 4,9 Gb/s tiedonsiirtokapasiteetti riittää full hd-videokuvalle hyvin mutta suuremmilla resoluutioilla tarvitaan vähintään versiota 1.3 joka nosti kapasiteetin lukemaan 10,2 Gb/s. Mikäli kuvaa tarvitsee siirtää esimerkiksi pitkiä matkoja tai useaan eri paikkaan (infonäytöt tms.) voi kuvan siirtoon soveltua parhaiten ethernet lähiverkko. Tyypillisen lähiverkon siirtokapasiteetti on kuitenkin vain 1 Gb/s joten kuva joudutaan käytännössä aina pakkaamaan. Esimerkkinä DVD-videon (720 x 564 pikseliä 25 fps) kuvavirta on noin 10 Mb/s ja Blue-Rayn (1920 x 1080 pikseliä 60 fps) kuvavirta on maksimissaan 40 Mb/s. Kuvan pakkaus on aina enemmän tai vähemmän häviöllistä, sillä

jotain informaatiota kuvasta häviää käytännössä aina. Tarpeeksi suurilla kuvavirroilla ja kehittyneillä pakkausmuodoilla voidaan päästä kuitenkin niin lähelle alkuperäistä signaalia, että katsojan on sitä hyvin vaikea huomata. Kuvavirran pakkaus tapahtuu yksinkertaistettuna poistamalla mahdollisimman turhaa dataa. Tällaista voi olla esimerkiksi, jos kuvapiste ei muuta väriä ruudun vaihtuessa sitä ei tarvitse päivittää uudelleen samanväriseksi. Suuremmat samanväriset alueet voidaan yhdistää alueeksi tai tasaisesti muuttuvat värit funktioksi. Mitä enemmän videota halutaan pakata laadun kärsimättä, sitä kehittyneemmät pakkausalgoritmit ja sen suorittavat laitteet tarvitaan. [13]

## Ääni

Äänen pakkaus eroaa videosta siinä mielessä, että kuvan näyttämisessä laatua rajoittavat aina kuvan lähteen, sekä sen millä sitä esittää, tarkkuus ja laatu. Ihmisen kuulon rajoitukset huomioiden ääntä sen sijaan on mahdollista tallentaa ja toistaa käytännössä häviöttömästi. Kuvaa voidaan aina tarkentaa tarkemmilla kameroilla, kasvattamalla näyttöjen pikselitiheyttä ja päivitysnopeutta, mutta äänen kanssa tilanne on toinen.

Ihmisen kuulo määritellään tyypillisesti toimivan terveellä nuorella noin 20 - 20 000Hz alueella, joten äänen tallennuksessa ja toistossa voidaan suoraan suodattaa taajuudet tämän alueen ulkopuolella. Esimerkiksi CD tasoisen äänen sanotaan olevan häviötöntä, vaikka se on "pakattu" digitaalseksi CD:lle näytetaajuudella 44 100Hz, 16 bittiä kahdella kanavalla.

Digitaalisessa pakkaamattomassa äänessä on kaksi tekijää, näytetaajuus sekä näytteiden tarkkuus, joka ilmoitetaan bitteinä. Esimerkiksi CD:n 44,1kHz 16bit ääni tarkoittaa 44 100 kertaa sekunnissa mitattua amplitudia, jonka tarkkuus on  $2^{16}$  bittiä eli 65536. [13]



## 8 AV-järjestelmien ohjauslaitteet

Yksinkertaisimmillaan AV-järjestelmä voi olla esimerkiksi neuvotteluhuoneen televisio, josta on vedetty HDMI-kaapeli neuvottelupöydän keskelle, josta se voidaan kytkeä kannettavaan tietokoneeseen esityksien pitämiseksi. Kaapelissa kulkee samalla kuva sekä ääni. Televisioon voi olla myös kytkettynä aktiivikaiuttimet äänentoistoa parantamaan.

Esimerkiksi luokahuoneissa voidaan tarvita useampia kiinteästi ja ei kiinteästi kytkettäviä laitteita samaan kuvan esitysjärjestelmään. Tämä on usein projektori rullattavalla valkokankaalla sekä aktiivikaiuttimet katon rajassa. Tällä ratkaisulla säästetään tilaa perinteiselle liitutaululle. Kytkettäviä laitteita voivat esimerkiksi kiinteä tietokone, dvd-soitin, kaiuttimet, digitaalinen piirtoheitin sekä kannettava tietokone. Tällaisessa tapauksessa laitteiden irrottaminen ja kytkeminen tilanteen mukaan ei ole suotavaa. Suositettu ratkaisu on jonkinlainen jakajalaite, johon kaikki laitteet kytketään. Se voi toimia kiinteällä tai langattomalla kaukosäätimellä, jolla voidaan ohjata äänen ja kuvan sisääntuloja. Tällä saadaan huomattavasti käyttäjäystävällisempi ratkaisu.

Mikäli esitystekniikka sisältää samanaikaisia äänilähteitä enemmän kuin yksi tai siltä edellytetään mikrofoniin käyttöön soveltuvuutta, mikseri on usein järkevä ratkaisu. Markkinoilta löytyy mikseriä kämmenen kokoisesta kahden kanavan mikseristä satojen kilojen ja kanavien järjestelmiin. Olennaisinta näissä on kuitenkin, että sisään- ja ulostuloja löytyy käyttötarkoituksen mukaan tarpeeksi. Pienempiä mikseriä ei ole tapana asentaa kiinteästi, jolloin sellaisen päivittäminen tarpeiden muuttuessa ei ole yleensä erityisen hankalaa.

## 9 AV-tietoverkko

Hyödyntämällä tietoverkkoja päästään eroon lukuisista perinteisempiä AV-tekniikan rajoituksista. Perinteisesti ääni, kuva sekä valojen ohjaus on ollut kokonaan erillisiä kokonaisuuksia omine järjestelmineen ja kaapeleineen. Laitteet on kytketty suoraan toisiinsa ja järjestelmän päivittäminen ja muuttaminen on usein kallista ja hankalaa. Tietoverkko mahdollistaa kaikkien järjestelmien käyttää runkoon samaa tietoverkkoa. IP-pohjaiset tietoverkot tarjoavat rungon lukuisille erilaisille audio ja videojärjestelmille, jotka voivat olla osa toisiaan tai erikseen samassa verkossa sen kapasiteetin riittäessä.

Asennusvaiheessa jokaiselle päätelaitteelle annetaan oma IP-osoite, jonka perusteella laitteet osaavat keskustella toistensa kanssa. Laitteiston laajentaminen ja päivittäminen on verrattain yksinkertaista ja kustannustehokasta. Tietoverkko ei välitä siitä, mitä tietoa siinä siirretään, ja esimerkiksi olemassa olevan tietoverkon tai sen osan voi valjastaa AV-käyttöön tai toisinpäin. [11]

Av-tietoverkko muodostuu samoista palikoista kuin muutkin rakennuksien tietoverkot; cat-kaapeleista, kytkimistä ja päätelaitteista. Kaikki verkkoon kytketyt laitteet voivat keskustella ja siirtää tietoa toisilleen niiden fyysisestä sijainnista riippumatta. Ainoat järjestelmää rajoittavat tekijät ovat tiedonsiirtokapasiteetti kaapeleiden ja kytkimien yli (yleensä 1 Gbps mutta jopa 10 Gbps mahdollinen). Nyrkkisääntönä pidetään, että aina kun signaali kulkee kytkimen läpi, siitä aiheutuu noin yhden millisekunnin viive signaaliin. Tämän takia ja järjestelmän pitämiseksi mahdollisimman yksinkertaisena kytkimien ketjuttaminen kannattaa rajoittaa vain siihen määrään, joka välttämättä tarvitaan. Periaatteessa av-verkkoa voisi laajentaa myös wifi-verkkoja hyödyntämällä mutta sen nopeus, tietoturva ja erityisesti luotettavuus eivät käytännössä riitä av-sovelluksiin. [11]

Av-verkko eroaa esimerkiksi internetistä siinä, että se on täysin reaaliaikaista ja pienetkin viiveet voivat tehdä siitä käyttökelvottoman. Esimerkiksi internetistä verkkosivua avatessa lähdepalvelimen ja päätelaitteen välillä lähetetyistä datapaketeista voi hävitä bittiavaruuteen jopa 50 % eikä tästä aiheudu näkyvää haittaa käyttäjälle. Palvelin vain lähettää paketteja niin monta kertaa, että päätelaite on vahvistanut niiden kaikkien saapuneen perille. Av-verkoissa tämä ei ole mahdollista, koska jos tietoa joudutaan lähettämään uudelleen, sen hävitessä matkalle on se jo vanhentunutta. Tämän takia av-verkon on oltava erityisen luotettava. [11]

## 10 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli luoda AV-suunnitteluun opas erityisesti aiheeseen perehtymättömille, koska tällaista ei aiemmin ole ollut saatavilla. Tarkoituksena oli koota yhteen paikkaan sellaiset tiedot ja asiat, joita voisi olla hankala lähteä etsimään erikseen.

Työssä käytiin läpi AV-suunnittelun erilaisia vaiheita ja hyviä käytäntöjä suunnittelun edistämiseksi. Työtä tehtäessä kävi ilmi, että AV-suunnittelu on tällä hetkellä muutaman asiasta kiinnostuneen harteilla eikä tiedon levittämiseksi muille ole tehty käytännössä mitään. AV-suunnittelu on kuitenkin koko ajan entistä suurempi osa suunnittelua, mikä on omiaan kannustamaan asiaan perehtymistä. AV-tekniikka on myös olennainen osa AV-suunnittelua, joten siihen liittyvät perusasiat ja yleisimmät tekniikat katsottiin tarpeelliseksi sisällyttää tähän työhön.

AV-suunnittelusta ja tekniikasta voisi kirjoittaa varmasti paksunkin kirjan, mutta työssä onnistuin pitämään asiat mahdollisimman yksinkertaisina ja lyhyinä, jotta lukijan on mahdollisimman helppo löytää etsimänsä tieto, tai että kynnys lukea koko teos kannesta kanteen ei olisi liian raskas.

## Lähteet

- 1 AV - LAATUKETJU AV-järjestelmien suunnittelun ja toteutuksen yleiskuvaus. 2017. Avita ry. Saatavilla <[http://www.avita.org/wp-content/uploads/2016/11/avq\\_1\\_av\\_yleiskuvaus\\_181107\\_1811071201.pdf](http://www.avita.org/wp-content/uploads/2016/11/avq_1_av_yleiskuvaus_181107_1811071201.pdf)>. Luettu 2.4.2019
- 2 Ruippo, Matti. 1999. Bändikamat : opas bändilaitteiden käyttäjille. Orivesi
- 3 Opas: Mitä vahvistinluokat tarkoittavat? Verkkoaineisto. AV Plus. <<https://av-plus.fi/opas-mita-vahvistinluokat-tarkoittavat/>>. Luettu 10.9.2019
- 4 Speaker Cables: Can You Hear the Difference?. 2018. Verkkoaineisto. Stereo Review. <<https://www.soundandvision.com/content/speaker-cables-can-you-hear-difference>>. Luettu 1.10.2019
- 5 Loudspeaker efficiency versus sensitivity. Verkkoaineisto. Sengpielaudio. <<http://www.sengpielaudio.com/calculator-efficiency.htm>>. Luettu 20.10.2019
- 6 Amplifier, Loudspeaker, and Ohm. Verkkoaineisto. Sengpielaudio. <<http://www.sengpielaudio.com/calculator-AmplifierLoudspeakerAndOhm.htm>>. Luettu 20.10.2019
- 7 Lumens Guide. Verkkoaineisto. Projector People. <<https://www.projectorpeople.com/resources/lumen-guide.asp>>. Luettu 5.10.2019
- 8 Projector Display Technology. Verkkoaineisto. Projectorpoint. <<https://www.projectorpoint.co.uk/projectorlcdvdsdp>>. Luettu 5.10.2019
- 9 Display Tech Compared :TN vs. VA vs. IPS. Verkkoaineisto. Techspot. <<https://www.techspot.com/article/1788-display-tech-compared/>>. Luettu 26.10.2019
- 10 Active vs passive speakers. Verkkoaineisto. What HiFi. <<https://www.whathifi.com/advice/active-vs-passive-speakers-whats-the-difference-which-is-better>>. Luettu 22.10.2019
- 11 Ethernet Audio. Verkkoaineisto. Sound On Sound <<https://www.soundon-sound.com/techniques/ethernet-audio>>. Luettu 1.10.2019
- 12 Valo ja perussuureet. Verkkoaineisto. DIGMA-oppimisympäristö. <<https://moodle.amk.fi/mod/book/tool/print/index.php?id=4467>>. Luettu 27.10.2019

- 13 What is Video Encoding?. 2018. Streaming Video Blog  
<<https://blog.video.ibm.com/streaming-video-tips/what-is-video-encoding-codecs-compression-techniques/>>. Luettu 7.8.2019
- 14 The Importance of Room Acoustics. 2016. Alesis. <<https://www.alesis.com/kb/article/2228>>. Luettu 7.11.2019
- 15 Audio Cable Impedance: Use Digital Cable for Digital Applications. 2018. TV Technology. <<https://www.tvtechnology.com/news/audio-cable-impedance-use-digital-cable-for-digital-applications>>. Luettu 5.9.2019
- 16 Kuvat on hankittu Wikipediasta <<https://fi.wikipedia.org/>> Wikimedia Commons-lisenssillä.