

Risto-Matti Pusa

YLEISÄÄNENTOISTO-
JÄRJESTELMÄT
Analogiset ja digitaaliset järjestelmät

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Joulukuu 2009




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkelin University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä	
Tekijä(t) Risto-Matti Pusa		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkövoimatekniikka	
Nimeke Yleisäänentoistojärjestelmät, analogiset ja digitaaliset järjestelmät			
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyöni tarkoituksena on kerätä tietoa perinteisistä yleisäänentoistojärjestelmistä sekä tutustua digitaalitekniikan tarjoamiin mahdollisuuksiin rakennusten äänentoistossa ja kuulutusjärjestelmissä.</p> <p>Työn teoriaosassa käsitellään äänen perusfysiikkaa sekä käydään peruspiirteittäin läpi äänen muuntaminen sähköiseen muotoon, ensin analogiseksi ja myöhemmin digitaaliseksi.</p> <p>Työn case-osuudessa perehdytään Mikkelin Viihdeuimala Rantakeitaan äänentoiston ongelmiin ja ratkaistaan niitä. Kuulutusten äänenlaadullisia ja alueohjauksen ongelmia ratkotaan minimikustannuksin, lähinnä kytkentöjä ja digitaalisen dbx ZonePRO alueohjauslaitteen asetuksia muuttamalla. Koska kuulutusten kohdistaminen oli käsikäyttöisesti liian hidasta, täytyi se osittain automatisoida käyttämällä dbx ZonePRO:n lähdepriorisointia ja page-toimintoja.</p> <p>Äänentoistojärjestelmät on perinteisesti toteutettu analogisesti ja äänen käsittely ja muokkaus on ollut työlästä, laitteet kookkaita ja sähkönkulutus suurta. Digitaalitekniikan käyttö audiolaitteistoissa mahdollistaa enemmän toimintoja pienemmässä paketissa ja tarjoaa lukuisia tapoja muokata signaalia. Hyvin toteutettuina digitaaliset laitteistot ovat myös energiahyötysuhteeltaan parempia.</p>			
Asiasanat (avainsanat) digitaalinen tallennus, digitalisoituminen, kuulutukset, äänentoisto			
Sivumäärä 40 + 8	Kieli suomi	URN	
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Osmo Ojamies		Opinnäytetyön toimeksiantaja MAMK	

DESCRIPTION

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis	
Author(s) Risto-Matti Pusa		Degree programme and option Electrical engineering	
Name of the bachelor's thesis Public address systems, analogical and digital systems			
Abstract <p>The purpose of this thesis is to gather information on conventional public address systems and to get familiar with the opportunities which digital technology provides for this area.</p> <p>The theory part consists of basic physics of sound and the principle of converting acoustic sound into electrical signal and further on to digital form.</p> <p>The case part of this thesis considers the problems found in the public address system of the spa Ranta-keidas in Mikkeli. A part of these problems are solved with minimum expenses by altering the connections of the devices and by modifying the setup of the dbx ZonePRO digital zone processor.</p> <p>The public address systems have conventionally been analogical. With these systems the manipulation of the sound signal has been difficult. The analogical devices are also large and clumsy and their energy efficiency is poor. The use of digital technology in these systems allows designing of more compact equipment and offers numerous possibilities to modify the signal with better energy efficiency.</p>			
Subject headings, (keywords) digital storing, digitalisation, public address, sound systems			
Pages 42 + 8	Language finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Osmo Ojamies		Bachelor's thesis assigned by MAMK	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	YLEISÄÄNENTOISTOJÄRJESTELMÄT	2
2.1	Standardin mukainen äänihälytysjärjestelmä.....	2
2.1.2	Varavoimalähde	3
2.1.3	Vikavalvonta ja viansietokyky	3
2.1.4	Muuntajakytketty kaiutinverkko	4
3	AKUSTINEN JA SÄHKÖINEN ÄÄNI	6
3.1	Äänen synty ja eteneminen	6
3.2	Taajuus.....	7
3.3	Aallonpituus.....	7
3.4	Äänenvoimakkuus	7
3.5	Sähköisesti vahvistettu ääni	8
4	ÄÄNEN DIGITAALINEN TALLENNUS JA SIIRTO	10
4.1	PCM-Tekniikka	10
4.1.1	Näytteenotto	11
4.1.2	Kvantisointi.....	12
4.1.3	Dekoodaus.....	13
4.2	Virheenkorjaus.....	14
4.3	Äänen pakkaus.....	14
4.3.1	Häviötön pakkaus.....	14
4.3.2	Häviöllinen pakkaus.....	15
4.3.3	Musiikin verkkojakelu	16
5	ANALOGISET JA DIGITAALISET LAITTEISTOT	17
5.1	Analoginen vai digitaalinen?	17
5.2	D-luokan vahvistin.....	20
5.3	Aktiivikaiuttimet.....	21
5.4	Erilaiset liitännät	22
5.5	Digitaaliset yleisäänentoistojärjestelmät.....	25
6.	CASE RANTAKEIDAS	27

6.1	Tausta.....	27
6.2	Kehitys.....	28
6.3	Ongelmat ja ratkaisut.....	30
6.3.1	Kuulutuksen kumina ja puuroutuminen.....	31
6.3.2	Kuulutusalueen rajaus.....	32
6.3.3	Vesijumpan ongelma.....	35
6.4	Laitteiden hallinta.....	36
6.5	Jatkotoimenpiteet.....	36
7.	POHDINTAA.....	38
7.1	Yleistä opinnäytetyöstä.....	39
7.2	Yleisäänentoiston kehityksen suunta.....	40
	LÄHTEET.....	41
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Suurissa julkisissa rakennuksissa tarvitaan yhtenäinen audiojärjestelmä, jonka kautta voidaan hoitaa kuulutukset, hälytykset, taustamusiikki, äänimainonta ym. Yleisäänentoistojärjestelmien (public address, PA) eli vanhanaikaisesti keskusradiojärjestelmien tavallisia asennuspaikkoja ovat mm. koulut, myymälät, rautatie- ja lentoasemat, uimahallit, kauppakeskukset, sairaalat, tehtaat ja toimistorakennukset. Taustamusiikilla pyritään lisäämään kävijöiden viihtyvyyttä, kun taas hälytysviesteillä ja kuulutuksilla parannetaan turvallisuutta. (Haaranen ym., ST-Käsikirja 19, 2004, s. 25)

Perinteisesti nämä järjestelmät on toteutettu analogisina, mutta digitaalitekniikan vallatessa alaa on asiaan tullut muutosta. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä molempien järjestelmätyyppien ominaisuuksiin ja näiden tietojen pohjalta etsiä ratkaisuja Mikkelin viihdeuimala Rantakeitaan äänentoiston ongelmiin.

Opinnäytetyön kappaleessa 2 käsitellään yleisäänentoistolaitteistojen merkitystä, toteutustapoja ja niille asetettuja vaatimuksia. Kappaleet 3 ja 4 käsittelevät äänen teoriaa. Teoriaosuuden tarkoituksena on selventää mitä ääni oikeastaan on ja miten se muutetaan sähköiseksi ja lopulta digitaaliseen muotoon.

Case osassa esitellään Mikkelin viihdeuimala Rantakeitaan äänentoistojärjestelmän ongelmia ja etsitään niihin ratkaisuja. Tarkoituksena on selvittää mitä ongelmia Rantakeitaan äänentoistossa on ja ratkaista ne minimikustannuksin.

2 YLEISÄÄNENTOISTOJÄRJESTELMÄT

Yleisäänentoistojärjestelmällä on tavallisesti kolme pääasiallista käyttötarkoitusta: taustamusiikkijärjestelmä, kuulutusjärjestelmä ja äänihälytysjärjestelmä. Useimmiten kyseessä on taustamusiikin ja kuulutusten yhdistäminen samaan järjestelmään, jolloin suunnittelussa tulee ottaa huomioon eri käyttötarkoitusten asettamat, joskus ristiriitaisetkin vaatimukset laitteiston laadulle ja suorituskyvyille. Hyvälaatuisen musiikin toiston edellytyksenä on, että kaiuttimet toistavat taajuudet tasaisesti alataajuuksista asti, kun taas puheen ymmärrettävyyden kannalta on tärkeää, että keskiäänet kuuluvat selkeästi, eivätkä aläänet kuminallaan peitä viestiä.

Yleisäänentoistojärjestelmän ensisijainen tehtävä on puheviestien välittäminen ja tällöin puheen ymmärrettävyys on luonnollisesti tärkeää. Hälytyskäytössä toimivien järjestelmien äänenlaatu on jopa normitettu, eli ymmärrettävyydelle on määritelty tietyt vähimmäisvaatimukset EU standardilla **IEC-EN60849**, ("Sound systems for emergency purposes"). (Haaranen ym., ST-Käsikirja 19, 2004, s.. 25)

2.1 Standardin mukainen äänihälytysjärjestelmä

Kun rakennukseen suunnitellaan äänihälytys / evakuointijärjestelmää, tulee sen olla IEC 60849 standardin mukainen. Standardissa on määritelty tarkat vaatimukset äänentoistojärjestelmän toiminnalle hätätilanteessa. Se antaa mm. tarkat aikarajat, jotka saavat kulua hälytyksestä siihen, kun järjestelmän on kyettävä tuottamaan ja lähettämään hälytysäänet ja -viestit hälytyksenalaisille kaiutinalueille. Esimerkkinä tästä, sammutettuna olleen järjestelmän on kyettävä hälytysten lähettämiseen 10 sekunnin kuluttua hälytyksestä riippumatta siitä, toimiiko järjestelmä ensi- vai toissijaisella käyttöjännitteellä. (Haaranen ym., ST-Käsikirja 19, 2004, s. 30)

Laki ei suoranaisesti pakota standardinmukaisen äänihälytysjärjestelmän hankkimiseen. Kuitenkin pelastuslain yhdeksännessä pykälässä ja sitä täsmentävässä asetuksessa määritetään velvollisuus laatia pelastussuunnitelma ja ne sisältävät tietoa siitä, missä standardin mukaista äänihälytysjärjestelmää tulisi soveltaa. Asetuksessa mainitaan sairaalat, vanhainkodit, hoitolaitokset, erityisryhmien palvelurakennukset ja rangaistuslaitokset, hotellit ja asuntolat, sekä kokoontumis- ja liiketilat, joissa on

paljon asiakkaita. Tällaisia ovat yli 50-paikkaiset ravintolat, yli 25-paikkaiset päiväkodit, yli 500 neliömetrin myymälät, koulut, urheilu- ja näyttelyhallit, teatterit, kirkot, kirjastot ja liikenneasemat sekä suurehkot varasto- ja tuotantotilat. (Haaranen ym., ST-Käsikirja 19, 2004, s. 34)

2.1.2 Varavoimalähde

Äänihälytysjärjestelmässä tulee olla varavoimalähde, jotta se pystyy välittämään tietoa kaikissa hätätilanteissa. Esimerkiksi tulipalon sattuessa voi järjestelmän ensisijainen jännitelähde pettää ja tällöin tulee varalla olla toissijainen lähde, yleensä akut, jotka kytkeytyvät käyttöön automaattisesti. Varavoimaa ei saa käyttää muuhun kuin hälytyskäyttöön ja sen riittävyys on tarkoin määritelty. Tätäkin järjestelmää valvotaan jatkuvasti ja esim. akkujen kapasiteetin laskettua 80 prosenttiin alkuperäisestä tulee valvontajärjestelmän antaa vikailmoitus. (Haaranen ym., ST-Käsikirja 19, 2004, s. 31)

2.1.3 Vikavalvonta ja viansietokyky

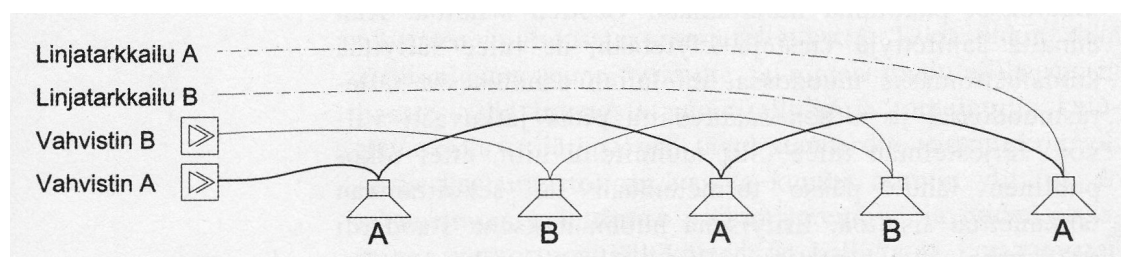
Normien mukaisen äänijärjestelmän tulee tarkkailla myös omaa tilaansa ja kaiutinverkon kuntoa jatkuvasti sekä annettava ilmoitus viasta 100 sekunnissa sen havaitsemisesta. Prosessoripohjaisten ohjelmalla toimivien järjestelmien on kyettävä automaattiseen uudelleenkäynnistymiseen vikatilanteissa. Standardi IEC 60849 määrää, että ”on annettava selkeä ilmoitus, jos – mikrofonin, mukaan lukien kapselin äänikela, esivahvistin tai välttämätön johdotus muuhun järjestelmään ei toimi”. Vaikka muutkin vaatimukset on yhtä tarkasti määritelty, on tekninen toteutus jätetty suurilta osin avoimeksi, joten laitevalmistajat voivat käyttää omia ratkaisujaan, kunhan vaatimukset tulevat täytetyksi. (Haaranen ym., ST-Käsikirja 19, 2004, s. 31)

On myös määrätty, että ”yksittäisen vahvistimen tai kaiutinkaapeloinnin vikaantuminen ei saa aiheuttaa kyseisen kaiutinryhmän peittoalueen menettämistä kokonaan”. Tämä edellyttää, joko kahdennettua kaiutinlinjajärjestelmää tai vähintään varavahvistimen automaattista käyttöönottoa. Järjestelmän täydellistä kahdentamista ei vaadita, vaan riittää, että vikatapauksessa joka toinen kaiutin toimii.

(Haaranen ym., ST-Käsikirja 19, 2004, s. 32)

Kaiutinlinjat

Jotta kaiutinlinjojen valvonta onnistuu, suunnitellaan ne yhdeksi ketjuksi. Linjan loppupäästä seurataan mittasignaalin läsnäoloa joko tuomalla linja takaisin äänentoistokeskukselle tai asentamalla linjan päähän ilmaisim, jonka tilaviesti tuodaan järjestelmään. Kummassakin toteutustavassa tarvitaan yksi ylimääräinen kaapelipari kaiutinverkkoon. On myös mahdollista toteuttaa valvonta mittaamalla kaiutinverkon impedanssia jatkuvasti, mutta se on vaikea toteuttaa yhdessä taustamusiikin kanssa.



KUVA 1: Kahdennettu kaiutinjärjestelmä (Haaranen ym., ST-Käsikirja 19, 2004, s 31)

2.1.4 Muuntajakytketty kaiutinverkko

Yleisäänentoistojärjestelmissä käytetään Suomessa tavallisimmin 70 voltin lähtömuuntajalla varustettuja päätevahvistimia. Tässä järjestelmässä on vahvistimen lähtönapoihin kytkettynä sovitus- eli linjamuuntaja, joka nostaa vahvistinpäässä lähtöjännitteen halutulle tasolle. Vastaavasti kaiuttimien tulonavoilla on muuntaja, joka muuntaa jännitteen kaiuttimille sopivaksi. (Blomberg & Lepoluoto, Audiokirja, 2005, s. 145)

Vakiolinjajännitteisen järjestelmän merkittävin etu on kaiuttimien sovittamisen helppous. Kaiuttimia voi kytkeä rinnan samaan linjaan niin monta, kuin linjaa syöttävän päätevahvistimen teho sallii, eikä kaiuttimien impedanssien kanssa tule ongelmia. Toinen etu 70 voltin linjalla verrattuna matalajännitteiseen linjaan on se, että pitkien johtimien siirtotehohäviöt ovat huomattavat matalilla jännitteillä, mutta kun jännite nostetaan 70 voltin perustasoon, tehohäviöt pienenevät. Tietyn suuruudessa johdinresistanssissa tapahtuva siirtohäviö on verrannollinen siirtovirran neliöön. Kun

siirto tapahtuu korkeammalla jännitteellä, voidaan sama teho siirtää pienemmällä virralla. Silloin siirtohäviötkin pienenevät eikä tarvita niin paksuja kaiutinjohdoja.. Suomessa on käytössä myös 35 ja 100 voltin siirtojännite. (Blomberg & Lepoluoto, Audiokirja, 2005, s. 145)

Linja- eli muuntajasyötetyllä järjestelmällä on kuitenkin myös haittapuolensa. Sovitusmuuntajat ovat painavia ja isoja keloja, jotka maksavat. Muuntajat aiheuttavat myös tehohäviöitä, säröytymistä matalilla taajuuksilla ja ne vaikuttavat usein kaiuttimen taajuusvasteeseen leikaten ylä- ja alataajuuksia kaventaen taajuuskaistaa. (Blomberg & Lepoluoto, Audiokirja, 2005, s. 145)

2.1.5 Huolto ja dokumentointi

Äänihälytysjärjestelmän luotettavan toimivuuden ja tarkoituksenmukaisuuden varmistamiseksi se on dokumentoitava hyvin ja käyttäjille ja huoltohenkilöstölle on annettava riittävä käyttökoulutus. Järjestelmän mukaan on myös toimitettava ylläpidon ohjeet. Suositellaan, että pätevä henkilö tekee vähintään kaksi järjestelmän määräaikaistarkastusta joka vuosi. Menettelyn suorittamisen varmistamiseksi on nimettävä tästä vastaava henkilö. (Haaranen ym., ST-Käsikirja 19, 2004, s. 34)

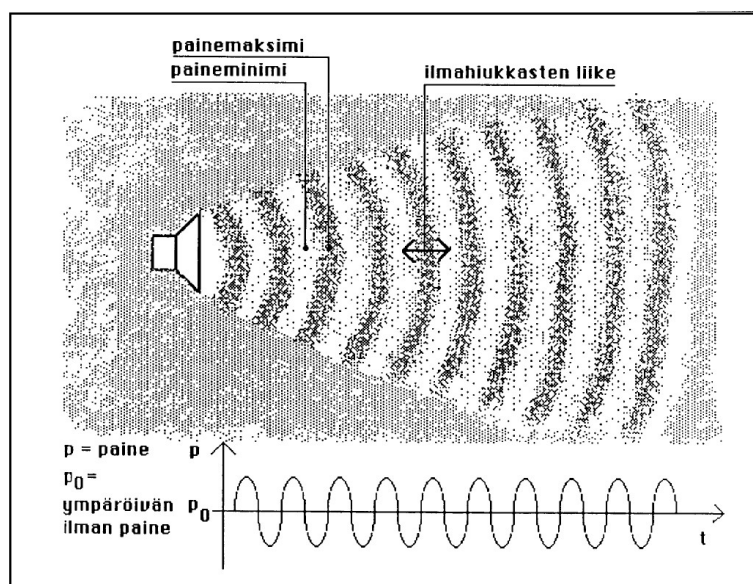
On erittäin tärkeää, että järjestelmän käyttäjällä on yksiselitteiset ja selkeät käyttöohjeet jatkuvasti käden ulottuvilla, sillä hyväkään järjestelmä ei toimi jos ei sitä osata käyttää. Kun järjestelmä on dokumentoitu huolellisesti, on siihen tutustuminen huomattavasti helpompaa henkilöltä, jolle järjestelmä on ennestään tuntematon.

3 AKUSTINEN JA SÄHKÖINEN ÄÄNI

Tässä osiossa tarkastellaan sekä ääntä fyysikaalisena ilmiönä, että peruspiirteittäin sähköisenä.

3.1 Äänen synty ja eteneminen

Ääni on väliaineessa etenevää paineenvaihtelua. Ihmisen kokeman kuuloaistimuksen ollen kyseessä, tämä väliaine on yleensä ilma. Ääni on olomuodoltaan aaltoliikettä, joka etenee kaasun lisäksi myös kiinteässä aineessa (rakenteet, maaperä) sekä vedessä. Ääni syntyy kun jokin lähde (ihminen, tapahtuma, eläin, jne.) aiheuttaa sitä ympäröivään aineeseen häiriön ja saa täten aineen hiukkaset värähtelemään. (Galilei 5 Aaltoliike, 1995, s. 6)



KUVA 2: ”Pysäytetty ääni” (Blomberg & Lepoluoto, Audiokirja, 2005, s. 27)

Äänen etenemisnopeus kaasussa voidaan laskea kaavasta $c = k \sqrt{T}$,

jossa c = äänen nopeus kaasussa,

k = kaasusta riippuva vakio,

T = kaasun lämpötila.

Ilmalle vastaava kaava olisi $c \approx 331,4 \sqrt{(1 + (t/273))}$ m/s,

jossa t = ilman lämpötila Celcius-asteina.

Äänen etenemisnopeuteen vaikuttaa jonkin verran myös ilman kosteus ja paine. (Blomberg & Lepoluoto, Audiokirja, 2005 s. 27)

3.2 Taajuus

Äänen ominaisuuksiin kuuluvat sen taajuus ja aallonpituus. Taajuus merkitsee käytännössä sitä, minkä ”korkuisena” ääni kuullaan. Alhaisempi taajuus vastaa matalampaa ääntä. Taajuus voidaan määrittää laskemalla kuinka monta ääniaaltoa ohittaa mittauspisteen yhden sekunnin aikana. Ihmisen kuulo rajoittuu pyöreästi 20-20.000 hertsiin, eli matalin kuulemamme värähtely on n.20 kertaa sekunnissa ja korkein n.20.000 kertaa sekunnissa. Iän myötä kuulokaista useimmiten kapenee yläpäästään. (Blomberg & Lepoluoto, Audiokirja, 2005 s. 27-28)

3.3 Aallonpituus

Äänen aallonpituus riippuu sen taajuudesta ja nopeudesta. Se saadaan laskettua kaavasta $\lambda = c / f$,

jossa λ = aallonpituus,
 c = äänen nopeus,
 f = taajuus.

Aallonpituus vaikuttaa mm. siihen, kuinka ääniaalto käyttäytyy kohdatessaan kiinteän esteen. Lyhyet aallot kimpoavat kovapintaisesta esteestä herkemmin, kun taas pitkät voivat kiertää esteen tai kulkea sen läpi, riippuen esteen rakenteesta.

3.4 Äänenvoimakkuus

Ääniaallon voimakkuuden yksikkönä käytetään desibeliä (dB). Se on logaritminen asteikko, joka mukailee ihmisen epälineaarista kuuloaistia. Jos ihmisen kuuloaisti olisi lineaarinen, tarkoittaisi se sitä, että kun äänenpaine kaksinkertaistuu, kuulisimme äänen myös kaksi kertaa kovempaa. Näin ei kuitenkaan ole, sillä äänenpaineen kaksinkertaistuminen merkitsee vain lievää kuuloaistimuksen voimistumista (+6dB).

Desibeli on suhdeyksikkö. Sillä voidaan siis ilmaista sähköisen tai akustisen signaalin tasoa verrattuna johonkin sovittuun vertailutasoon. Desibelillä voidaan siis ilmaista hyvin signaalin kovenemista tai hiljenemistä. Äänen tason voimakkuutta sillä voidaan kuvata, kun sitä verrataan tasoon 0dB SPL, jolla tarkoitetaan ihmisen kuulokynnystä keskitaajuuksilla. 0dB SPL (SPL, Sound Pressure Level) ei siis ole täydellinen hiljaisuus, vaan se vastaa 20µPa (mikropascal) painetta. (Blomberg & Lepoluoto, Audiokirja, 2005, s. 29)

Desibeli toimii myös tehotason ja jännitetason vertailuasteikkona.

Matemaattisesti desibeliä voidaan käsitellä seuraavasti:

- $\text{dB SPL} = 20 \log(p_1/p_0)$,
jossa p_1 = mitatun äänenpaineen taso,
 p_0 = vertailutaso (20µPa)
- $\text{tehotaso/dB} = 10 \log(P_1/P_0)$,
jossa P_1 = mitattu teho,
 P_0 = sovittu vertailuteho
- $\text{jännitetaso/dB} = 20 \log(U_1/U_0)$,
jossa U_1 = mitattu jännite,
 U_0 = sovittu vertailujännite

Esimerkki äänenpainetason laskemisesta:

Mitattu arvo on 40uPa ja vertailutaso 0dB SPL.

Tällöin $\text{dB SPL} = 20 \log(40\text{uPa}/20\text{uPa}) \rightarrow \text{dB SPL} = 6.02 \approx 6\text{dB}$,

eli äänenpaineen kaksinkertaistuminen vastaa 6dB nousua äänenpainetasossa.

(Blomberg & Lepoluoto, Audiokirja, 2005 s. 29)

(http://en.wikipedia.org/wiki/Sound_pressure)

Korvakuulolta voidaan arvioida äänenvoimakkuuden kaksinkertaistuneen, kun taso on noussut n.10 dB. (Blomberg & Lepoluoto, Audiokirja, 2005 s. 29)

3.5 Sähköisesti vahvistettu ääni

Ääni siirtyy siis joko akustisesti, eli värähtelynä väliaineessa tai sähköisesti kaapelissa ja elektroniikkapiirissä. Mikrofonin avulla saadaan ilmanpaineenvaihtelu muutettua

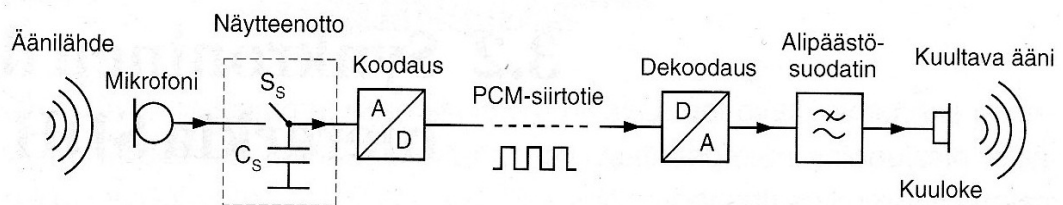
analogiseksi jänniteenvaihteluksi. Näin saatu vaihtojännitteinen signaali on kuitenkin niin heikko, että sitä täytyy vahvistaa. Jotta vaihtojännite saataisiin lopulta muutettua takaisin akustiseksi eli kuultavaksi, on sen vahvistaminen välttämätöntä, koska sen energian täytyy liikuttaa kaiuttimen kartiota ja siihen tarvitaan huomattavan suuri teho. Vahvistaminen tapahtuu yksinkertaistettuna siten, että sähköverkosta otetaan vahvistimella signaaliin lisää energiaa.

On oltava tarkkana, kun signaalia muutetaan olomuodosta toiseen, sillä tällöin ollaan tekemisissä äänentoistoketjun heikoimpien lenkkien kanssa. Sähköiset tallennus- ja siirtoketjut on nykytekniikkaa käyttäen saatu hyvin vähähäiriöisiksi ja jos ne toteutetaan digitaalisesti, ne ovat lähes häiriöttömiä. Vääränlainen mikrofoni tai kaiuttimisto voi kuitenkin muuttaa täysin toimivan järjestelmän puutteelliseksi.

On valitettavaa, että yleisäänentoistojärjestelmää hankittaessa pyritään usein säästämään kustannuksissa juuri kaiuttimien kohdalla. Mitä suurempi tila, sitä enemmän kaiuttimia pitää asentaa ja sitä enemmän rahaa näyttää säästyvän kun valitaan huokea kappalehinta. Hyvät kaiuttimet saattavat vaikuttaa kalliimmilta, mutta hintaluokaltaan edullisin kaiutin on usein riittämätön sekä teholtaan että taajuusvasteeltaan. Huono taajuusvaste muokkaa ja värittää ääntä huomattavasti. Tämä yhdistettynä tilan vaikean akustiikan kanssa tuottaa suuria ongelmia puheviestien ymmärrettävyyttä tavoiteltaessa. On siis kannattavampaa hankkia kerralla hyvät kaiuttimet, koska järjestelmän parantelu jälkeenpäin aiheuttaa turhia lisäkustannuksia ja murheita.

4 ÄÄNEN DIGITAALINEN TALLENNUS JA SIIRTO

Kun ääntä halutaan siirtää digitaalisesti, on tapahtumaketju periaatteeltaan seuraavanlainen. Ääni muutetaan ensiksi sähköiseen muotoon mikrofonilla. Sen jälkeen analogisesta signaalista otetaan näytteitä, jotka koodataan binäärimuotoon A/D muuntimella, mistä ne jatkavat eteenpäin PCM siirtotietä pitkin digitaalisena. Tämän jälkeen digitaalinen binäärijono muunnetaan takaisin analogiseksi signaaliksi D/A muuntimella, jonka yhteydessä signaalista suodatetaan moduloinnista johtuvat ylimääräiset taajuudet pois alipäästösuotimella. Lopulta signaali on valmis syötettäväksi kaiuttimelle.



Kuva 3: Digitaalisen tiedonsiirron periaate (Volotinen, Tietoliikenne. 1999, s.64)

Äänen digitaalisen tallennuksen ollen kyseessä, siirtotie päättyy A/D-muunnoksen jälkeen tallennukseen käytettävään muistiin, joka voi olla esimerkiksi CD-levy, tietokoneen kovalevy tai vaikkapa flash-muisti. Jos CD-tasoinen ääni tallennetaan lineaarisena PCM-audiona eli pakkaamattomana tietokoneen kovalevylle, vie se tallennustilaa n.10MB minuuttia kohden. (Laaksonen, Äänityön kivijalka, 2006, s.175) Koska muistien kapasiteetit ovat rajallisia, käytetään usein äänen pakkausta, jota työssä käsitellään myöhemmin kappaleessa 4.3.

4.1 PCM-Tekniikka

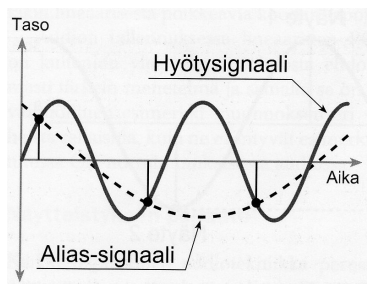
Jotta ymmärtäisimme paremmin, mistä digitaalisessa äänentoistossa on kysymys, on syytä tarkastella lähemmin perustekniikkaa, jolla ääni muutetaan digitaaliseksi, eli pulssikoodausmodulointia (Pulse Code Modulation, PCM). Lyhyesti sanottuna tekniikka toimii siten, että analogisen signaalin jännitetasoista otetaan mittauksia ja mittaustulokset esitetään numeerisesti.

Toinen vaihtoehto pulssikoodausmoduloinnille on epälineaarinen delta-modulaatio, jossa koodataan kunkin näytteen suhteellinen suuruus edelliseen verraten, ei näytteiden absoluuttista arvoa. Toinen epälineaarinen tapa on CD-ROM-levyjen äänessä käytetty ADPCM-koodaus (Adaptive Differential Pulse Code Modulation), jossa mitattua arvoa verrataan edellisten näytteiden perusteella saatuun ennustearvoon ja niiden välinen erotus koodataan digitaalisignaalksi. Yleisin tapa on kuitenkin CD-normin mukainen lineaarinen PCM, jossa koodataan siis jokaisen näytteen absoluuttinen arvo. (Laaksonen, Äänityön kivijalka, 2006, s. 66)

PCM siirtotie voidaan katsoa alkavaksi siitä kun analoginen signaali johdetaan A/D-muuntimelle. A/D-muunnos jakaantuu näytteenottoon, aikajakoiseen kanavointiin ja koodaukseen. Koodaus taas puolestaan on monivaiheinen tapahtuma, joka jakaantuu kompressointiin, kvantisointiin, binaarikoodaukseen ja johtokoodaukseen.

4.1.1 Näytteenotto

Kun analoginen signaali muutetaan digitaaliseen muotoon, otetaan sen aaltomuodosta mittauksia säännöllisin välein. Tätä menettelyä kutsutaan näytteenotoksi (sampling) ja otosten lukumäärää sekunnissa nimitetään näytteistystaajuudeksi. Nyquistin teoreeman mukaan näytteenottotaajuuden tulee olla vähintään kaksi kertaa suurempi kuin korkein kuvattava taajuus, jotta aaltomuoto säilyisi alkuperäisen muotoisena. Liian alhainen näytteenottotaajuus johtaa siihen, että värähtelyjaksosta saadaan vähemmän kuin kaksi näytettä, eikä alkuperäistä signaalia otettujen näytteiden perusteella voida enää palauttaa. Kuvassa 4 katkoviivalla piirretty funktio (alias) on monikerran verran matalampi taajuus, joka syntyy, kun hyötysignaalista signaalista otettujen näytteiden määrä on liian alhainen. Tätä kutsutaan signaalin laskostumiseksi.



KUVA 4: Signaalin laskostuminen (Laaksonen, Äänityön kivijalka, 2006, s.68)

Korkein ihmiskorvan erottama taajuus on 20KHz, joten musiikkia tallennettaessa näytteenottotaajuuden tulee olla yli 40KHz. Esimerkiksi CD-järjestelmässä on näytteenottotaajuudeksi valittu 44,1KHz. Puhelinjärjestelmässä vastaava taajuus on vain 8000Hz johtuen rajoitetusta taajuuskaistasta 300-3400Hz, joka sopii puheen ymmärrettävään välittämiseen.

4.1.2 Kvantisointi

Näytteenoton jälkeen muutetaan signaalista otetut näytteet binäärimuotoon kvantisoimalla eli ”pyöristämällä” näytteen lukuarvot binaarimuotoon. Kuinka tarkasti näytteen arvo saadaan vastaamaan alkuperäistä jännitetasoa, riippuu näytteen tallennusresoluutiosta, eli siitä kuinka monen bitin sanana se tallennetaan. Aiemmin (80-luvulla) näyte usein esitettiin 8-bittisenä, mikä tarkoittaa sitä, että otetulla näytteellä on $2^8=256$ mahdollista arvoa. Miksi näin meneteltiin, johtui lähinnä siitä, että 16bit sample vei enemmän tallennuskapasiteettia ja laskentatehoa, mitä sen ajan tekniikalla oli mielekäästä siihen uhrata. Nykyisin näyte useimmiten kvantisoidaan 16 bittiseksi luvuksi, jolla voidaan esittää 2^{16} eli 65536 erilaista arvoa.

Koska CD-tasoisien audion näyteistystaajuus = 44100 näytettä sekunnissa

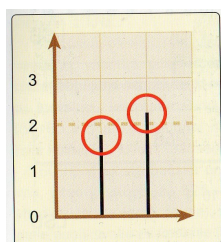
näytteistyssyvyys = 16 bittiä näytteessä ja

kanavamäärä = 2 (stereo),

niin audiodatan sekuntinopeus on $44100 \times 16 \times 2 = 1\,411\,200$ bit/s.

Pyöristäen voidaan siis sanoa tämänkaltaisen PCM-audion siirtonopeudeksi 1,4Mb sekunnissa. (Laaksonen, Äänityön kivijalka, 2006, s. 174)

Etenkin 8-bittisenä kvantisoitu näyte saa helposti arvon, joka ei täysin vastaa alkuperäisen signaalin jännitetasoa. Tämä aiheuttaa aaltomuotoon poikkeuman, joka kuullaan kohinana.



KUVA 5: Kvantisointi arvoon 2 (Laaksonen, Äänityön kivijalka, 2006, s.71)

Studiotekniikassa käytetään usein 24-bittistä koodausta, joka on luonnollisesti vielä tarkempi kuin 16-bittinen. Ammattilaiskäytössä myös näytteistystaajuus on yleensä vähintään 48kHz, joissain laitteissa jopa 96 tai 192kHz. 24-bittisiä Super Audio CD-tallenteita on myös kuluttajien saatavissa, mutta ne eivät ole saaneet suurta suosiota ilmeisesti siitä syystä, että tavalliselle kuluttajalle 16-bitin tarkkuus on täysin riittävä.

Digitaalisen äänen laatuun vaikuttaa siis suoraan näytteistystaajuus ja näytesyvyys, sekä mahdollinen pakkaaminen. Kuinka paljon pakkaaminen vaikuttaa, riippuu käytettävästä pakkaustavasta ja sen parametreista. Samat asiat vaikuttavat myös ko. audiotiedoston kokoon ja sen siirtoon tarvittavan kaistan leveyteen, joten näitä ominaisuuksia valittaessa tulee ottaa huomioon käyttötarkoitus ja käytettävän laitteiston resurssit.

4.1.3 Dekoodaus

Kun digitaalista tallennetta halutaan kuunnella, täytyy se muuttua takaisin analogiseksi signaaliksi viimeistään kaiuttimella. Perinteisissä järjestelmissä muunnos tapahtuu jo äänilähteellä (CD-soitin ym), mutta mahdollisimman häiriötöntä toistoa tavoiteltaessa voidaan signaalitie pitää digitaalisena aina kaiuttimelle asti. Siinä tapauksessa kaiuttimen täytyy olla aktiivikaiutin, joka sisältää oman vahvistimensa lisäksi myös D/A muuntimen.

D/A-muunnin tai DAC (Digital-to-Analog Converter) muuntaa digitaalisen signaalin takaisin analogiseksi. Sen perustoimintaperiaate on se, että digitaalisesti esitetyt näytteet saavat jokainen oman jännitearvon ja koska näytteet ovat ajallisesti lähellä toisiaan, niitä vastaavat jännitetasot muodostavat lähes jatkuvan analogisen signaalin. Todellisuudessa signaali on hieman portaallinen ja siitä aiheutuu, että signaaliin summautuu harmonisia ylätaajuuksia, jotka on suodatettava pois alipäästösuotimella.

D/A-muuntimilla on useita eri toimintaperiaatteita. Ne voivat olla virta- tai jänniteohjattuja ja binäärisignaali voi tulla muuntimelle sarja- tai rinnakkaismuodossa. (Volotinen, Digitaalitekniikka, 1997, s.172)

DAC löytyy mm. tavallisista CD-soittimista, mp3-soittimista ja PC:n äänikortista. Markkinoilla on myös erillisiä D/A muuntimia, joilla voidaan tarvittaessa lisätä digitaalisten ja analogisten järjestelmien yhteensopivuutta ja lisätä monipuolisuutta.

4.2 Virheenkorjaus

Koska digitaalinen tieto koostuu ykkösistä ja nolista ja esimerkiksi CD-levylle data tallennetaan mikrometriä kokoisina pisteinä, voi pieni naarmu tai lika aiheuttaa helposti lukuvirheen. Tämän vuoksi käytetään virheenkorjausta. Virheenkorjaus perustuu siihen, että alkuperäisen tiedon lisäksi levylle kirjoitetaan eri tavoin koodattuja näytteitä alkuperäisestä datasta. Mikäli pieni osa alkuperäisestä tiedosta tuhoutuu lukuvirheen tuloksena, voidaan varmistustiedosta tarkistaa miltä signaalin piti näyttää ja täten palauttaa se ennalleen. Koska virheenkorjausdata täytyy sisällyttää levylle, vie se luonnollisesti oman tallennustilansa. (Laaksonen, Äänityön kivijalka, 2006, s.75) Virheenkorjausmenetelmiä on useita ja niissä käytetään monimutkaisia algoritmeja, joita tässä työssä ei käsitellä.

4.3 Äänen pakkaus

Digitaalista ääntä voidaan pakata, jotta se veisi tallennettuna vähemmän tilaa tai siirrettäessä selviäisi pienemmällä kaistanleveydellä. Pakkausformaatteja on monia, mutta pääosin ne jakautuvat kahteen ryhmään: häviölliset ja häviöttömät menetelmät. Häviöllisen ja häviöttömän pakkauksen suurin ero on siinä, että häviöttömästä pakkausta purettaessa saadaan alkuperäinen signaali palautettua täysin, kun taas häviöllisessä pakkauksessa, kuten nimestä voi päätellä, osa alkuperäisestä signaalista häviää pakkausprosessissa eikä sitä saada enää palautettua. Tällä hetkellä eniten yleistynyt häviöllinen äänenpakkausformaatti on **mp3** (MPEG-1 Audio Layer 3). Häviöttömistä mainittakoon **FLAC** (Free Lossless Audio Codec).

4.3.1 Häviötön pakkaus

Häviöttömässä pakkauksessa ei alkuperäisestä informaatiosta poisteta mitään pysyvästi, vaan se esitetään tiiviimmässä muodossa. Siinä hyödynnetään toistuvuutta tai valmiita malleja. Esimerkkinä toistuvuuden hyödyntämisestä, lause ”**Matti**, jolla on

päässä **patti**” voidaan ilmaista lyhyemmin ”**MG**, jolla on päässä **pG**”, kun sovitaan, että merkkijono ”**atti**” korvataan symbolilla ”**G**”. Ääniaallon ollen kyseessä, toistuvuutta edustavat esimerkiksi aaltomuotojen nollakohdat ja hiljaisuus. Nämä kohdat merkitään, ja palautetaan takaisin toiston yhteydessä. Tämän tyyppinen pakkaus ei usein ole kovin tehokasta kun kyseessä on aaltomuoto, joka sisältää paljon vaihtelua ja vähän toistuvuutta. (Laaksonen, Äänityön Kivijalka, 2006, s. 190)

4.3.2 Häviöllinen pakkaus

Äänen häviöllinen pakkaus perustuu suurelta osin ihmisen kuuloaistimusten mukailuun, psykoakustiikkaan. Signaalista poistetaan kuulijalle ”epäolennainen” informaatio, eli periaatteessa se, minkä kuuleminen on vaikeaa tai lähes mahdotonta. Signaalista voidaan siis poistaa ainakin 20Hz alittavat ja 20KHz ylittävät huiput. Signaali voi myös sisältää kohtia, joissa voimakkaampi ääni peittää heikomman äänen ja tällöin heikompi voidaan jättää pois, koska sitä ei kuultaisi kuitenkaan. Lisäksi häviöllisessä pakkauksessa käytetään häviötöntä metodia. Tuloksena saadaan yleensä lähes CD-tasoista ääntä n. 10 kertaa pienempään tilaan puristettuna.

Häviöllinen pakkaus heikentää signaalin laatua, mutta jos se on tehty oikein, ei kuuntelija sitä välttämättä huomaa. On myös todettu, että vaikka ääntä olisi pakattu paljonkin, ei äänenlaadun heikkenemistä huomaa niin selvästi, jos käytössä on heikkolaatuiset kaiuttimet. Laadukkailla, tarkkatoistoisilla kaiuttimilla kuunneltaessa pakkauksen vaikutuksen kuulee siis herkemmin.

Jos ääntä pakataan ja puretaan toistuvasti samalla algoritmilla, heikkenee signaalin laatu nopeasti. Tämä koskee esimerkiksi tilannetta, jossa mp3-tiedostot puretaan wav-tiedostoiksi ja poltetaan audiolevyksi, jonka jälkeen sama audiolevy käännetään takaisin mp3:ksi ja tämä toistetaan muutamaan kertaan. Tällöin signaali kärsii pahimmat häviöt ja jo kaksi-kolme kopiosukupolvea alkaa olla se kriittinen raja, jolloin äänen laatu alkaa kuulostaa sietämättömältä. Eniten kärsii aina diskantti, koska siellä on eniten erillistaajuuksia, joihin pakkaus voi vaikuttaa. (Laaksonen, Äänityön Kivijalka, 2006, s. 192)

4.3.3 Musiikin verkkojaku

Äänen pakkaaminen on tehnyt musiikin jakelun internetin välityksellä mielekkääksi, koska pienet tiedostot saadaan helposti ja nopeasti ladattua verkosta. Tämän ansiosta monet ostavat nykyään musiikkinsa internet-palveluista. Toisaalta sama helppous pätee myös musiikin laittomaan levitykseen. Verkkopiratismi on varsin yleistä koska laittoman musiikkikopion lataaminen netistä on suorastaan rikollisen helppoa ja sen ansiosta osa laittomia kopioita hankkivista ihmisistä eivät näin tehdessään edes tiedosta syyllistyvänsä rikokseen. Vaikka kyseessä onkin rikos, on siitä kiinni jääminen tänä päivänä erittäin epätodennäköistä ja se myös osaltaan madaltaa kynnystä ryhtyä piraatiksi. Musiikkiteollisuus yrittää jatkuvasti kehittää erilaisia kopiointiestoja, mutta varmaa kopiointisuoja on vaikea toteuttaa niin etteivät internetmusiikin kilpailuvaltit eli käytön helppous, nopeus ja siirrettävyys kärsi. Toisaalta CD-levyn kopiointi tai muunnos mp3:ksi on myös erittäin helppoa, joten piratismiongelma ei koske ainoastaan internetmusiikkia eikä luultavasti ole ratkottavissa kopiointisuojausmenetelmin.

5 ANALOGISET JA DIGITAALISET LAITTEISTOT

Tässä osiossa käsitellään sekä analogisia, että digitaalisia äänentoistolaitteistoja ja niiden ominaisuuksia. Tarkoitus on tarkastella käytävissä olevaa kalustoa, sekä tuoda esiin molempien tekniikoiden hyötyjä ja haittoja.

5.1 Analoginen vai digitaalinen?

Kun vaihtoehtoja on enemmän kuin yksi, herää kysymys: kumpi on parempi? Kumpi kannattaa kohteeseen valita asennettavaksi? Vastaus tähän ei ole yksiselkoinen. Molemmilla järjestelmätyypeillä on omat etunsa ja heikkoutensa.

Käyttöominaisuudet

Jos analogiseen laitteistoon halutaan paljon erilaisia ominaisuuksia, sen koko vääjäämättä kasvaa, koska yksi komponentti yleensä hoitaa yhtä tehtävää. Jos järjestelmä on toteutettu digitaalisesti, voi sen toimintaa muuttaa ohjelmallisesti. Tämä osaltaan mahdollistaa digitaalisen äänentoistolaitteiston mahduttamisen pienempään tilaan verrattuna analogiseen. Käytettävyyden kannalta tämä tarkoittaa kuitenkin sitä, että kun laitteisto on pieni ja siinä on paljon ominaisuuksia, tarvitaan sen säätämiseen jonkinlainen valikkotyypinen käyttöliittymä. On tärkeää, että käyttöliittymä toteutetaan selkeästi, jotta laitteen käyttö olisi helppoa. Tämä on ilmeisen vaikeaa, sillä monet hienoja ominaisuuksia pursuavat laitteet ovat käyttöliittymältään niin vaikeaselkoisia, että ominaisuudet hukkuvat valikkorakenteeseen.

Käytännön esimerkkinä edellisestä voidaan verrata Mikkelin Naisvuoren uimahallin analogista ohjelmavalitsinyksikköä myöhemmin työn case-osassa esiteltävään Rantakeitaan digitaalisesti toteutettuun dbx ZonePro:hon. Molemmissa on tarjolla samat alueohjaustoiminnot, mutta Naisvuoren uimahallin järjestelmää tituleerataan käyttäjien keskuudessa paremmaksi. Tämä johtunee siitä, että Naisvuoren järjestelmässä on suuri ja yksinkertainen analoginen säätöpaneeli, jossa yksi nuppi tekee yhden asian. Vaikka ZonePron:n valikko on varsin selkeä kun siihen ensin tutustuu, on monen käyttäjän näkökulmasta silti hankalampaa lähteä selaamaan

valikkoo, kuin kääntää paria nuppia. On toki helpompi opastaa osaamatonta henkilöä sanomalla ”käännä pienemmälle sitä volume-nuppia missä lukee ISO ALLAS” kuin ”paina output 1, valitse funktio1 ja säädä sen dB-taso asetukseen 7”.



KUVA 6: Naisvuoren uimahallin analoginen moduulivahvistin

Virrankulutus

Jos digitaalinen äänentoisto toteutetaan hyvin, voidaan sen energiahyötysuhde saada paremmaksi kuin analogisen laitteiston. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laite vie vähemmän sähköä ja kuumenee vähemmän. Tämä mahdollistaa jälleen laitteen rakentamisen pienemmäksi koska jäähdytykseen ei tarvita tilaa. Tietysti vähäinen virrankulutus itsessään on jo meriitti.

Joustavuus

Yleisäänentoistojärjestelmän analoginen keskusyksikkö voidaan toteuttaa moduulivahvistimena. Laitteen ominaisuuksiin voidaan siis vaikuttaa hankintahetkellä, sillä moduulit ovat kuin palikoita, joista rakennetaan toimiva kokonaisuus. Koska digitaalisessa järjestelmässä toimintaa voidaan säätää ohjelmallisesti, pystyy sen mukauttamaan useampiin käyttötarkoituksiin kuin analogisen. Esimerkiksi dbx ZonePro:hon voi asettaa sisääntuloille prioriteetit, eli laitteistolle yksinkertaisesti kerrotaan, mikä lähde on toista tärkeämpi. Tällöin laite mykistää tai vaimentaa muut käynnissä olevat lähteet kun kuulutus täytyy saada läpi. Toki tämän kaltaisen kytkennän voisi toteuttaa myös analogisesti esimerkiksi käyttämällä pieniä kytkimiä tai jumppereita, mutta näiden asetusten määrittäminen ja muuttaminen ei olisi kuitenkaan yhtä suoraviivaista ja selkeää kuin digitaalisesti toteutettuna.

Kaapelointi

Jos linjanohjaukset toteutetaan analogisesti, täytyy jokaiselle ohjaukselle olla oma johtimensa. Digitaalisesti toteutettuna voidaan ohjaukset ja signaali mahduttaa samaan kaapeliin, esimerkiksi tavallinen CAT5 riittää siirtämään molemmat. Tämä siis vähentää kaapelointia ja täten säästää rahaa ja luontoa.

Signaalin muokkaus

Kun signaali on digitaalisessa muodossa, pystyy sitä muokkaamaan helposti joko tähän tarkoitettu laitteella tai PC:llä ohjelmallisesti. Digitaaliset äänentoistolaitteet mahdollistavat automaattisen audiokierron tunnistamisen ja suodatuksen, ekvalisoinnin, de-esserin eli puheen suhahduksien suodatuksen, viiveet ym. Näiden toteuttaminen analogisesti on huomattavasti työläämpää, ellei lähes mahdotonta. Tähän pystyvän analogisen laitteiston hinta ja koko olisi vähintään suurempi ja tarkkuus huonompi.

Vikaantuminen

Laitteeseen voi aina tulla toimintahäiriö. Analogisessa laitteessa häiriö voisi johtua esimerkiksi jonkin komponentin tuhoutumisesta tai liitoksen katkeamisesta. Vian löytäminen on osaavalta henkilöltä helppoa ja korjaaminen on kohtuullisen edullista. Digitaalisessa järjestelmässä vian etsiminen voi olla vaikeampaa, koska se voi johtua ohjelmistosta tai komponenteista. Hyvällä tuurilla vika korjaantuu ohjelmistopäivityksellä ja päivittämällä voi saada jopa uusia ominaisuuksia laitteeseen. Tosin päivittämisessä on myös varjopuolensa, koska joskus yhden ongelman korjaaminen tuo kaksi uutta ongelmaa. Näyttää siltä, että tänä ohjelmistopäivitysten aikakautena on laitteiston lanseeraaminen markkinoille mahdollista jopa keskeneräisenä. Tässä mielessä analoginen laitteisto yksinkertaisuudessaan voi olla parempi valinta, koska se joko toimii tai sitten ei.

5.2 D-luokan vahvistin

Viimeisimpiä lisäyksiä vahvistinmarkkinoille on D-luokan vahvistin. Tässä vahvistimessa käytetään hyväksi nopeita transistoreita kytkiminä korkean hyötysuhteen saavuttamiseksi. Vaikka kirjain D viittaa digitaaliseen, on näissä vahvistimissa usein analoginen sisääntulo ja lähtö. Miksi näitä vahvistimia usein kutsutaan digitaaliseksi, johtuu niiden tavasta vahvistaa signaalia.

Päätetransistoreita ohjataan pulssinleveysmoduloidulla signaalilla ja tällöin ne toimivat kytkimen tavoin, eli niillä on ideaalisessa tapauksessa vain kaksi tilaa; ”päällä” ja ”pois”. Kun kytkin on päällä, virta pääsee sen läpi kuormaan mitättömällä jännitehäviöllä. Kun kytkin on pois-tilassa, sen yli on koko käyttöjännite, mutta kun virtaa ei pääse läpi, ei tehoakaan kulu. Näin ollen ei synny tyhjäkäyntivirtaa joten hyötysuhde paranee. Hyvä hyötysuhde johtaa siihen, että laite lämpenee vähemmän, joten se ei tarvitse massiivisia jäähdytyslementtejä ja tällöin laite voidaan rakentaa pienemmäksi. (<http://sel18.hut.fi/301/3/audiovahvistin.pdf>)

Perinteisissä vahvistimissa hyötysuhde on n. 50 % - 75 %, kun taas D-luokan vahvistimella päästään huomattavan lähelle 100 %:a. Tämän tekniikan varjopuolena on kuitenkin se, että pulssinleveysmodulaation käyttö aiheuttaa ulostulevaan signaaliin

ylätaajuuksia, jotka täytyy suodattaa pois alipäästösuotimella. Tämän suotimen mitoittaminen sopivaksi erilaisille kaiutinkuormille on vaikeaa ja se on hidastanut D-luokan vahvistimien yleistymistä. (Blomberg & Lepoluoto, Audiokirja 2005, s. 42 - 48)

Subwooferin, eli bassokaiuttimen syöttöön D-luokan vahvistin on kuitenkin erinomainen, sillä bassokäytössä tarvitaan suuria tehoja ja ylätaajuudet suodatetaan joka tapauksessa pois jyrkästi. Muita vartenotettavia sovelluksia tälle tekniikalle ovat mobiililaitteet, joissa kilpailuvaltteja ovat juuri pieni koko ja vähäinen virrankulutus.

5.3 Aktiivikaiuttimet

Joissain tapauksissa on käytännöllisempää siirtää signaali kaiuttimille linjatasoisena. Tällöin tulee kaiuttimien olla ns. aktiivikaiuttimia. Tämän tyyppisessä kaiuttimessa on integroituna oma vahvistin. Aktiivikaiuttimen etuna on, että sen jokaiselle elementille on räätälöity oma päätevahvistin, jonka teho vastaa kaiutinelementin tarvetta. Tällöin saadaan hyvin suunniteltuna aikaiseksi optimaalinen hyötysuhde ja dynamiikka. Tämä tekniikka mahdollistaa myös kaiutinkohtaiset akustiset säädöt, jotka helpottavat kaiuttimen sijoittamista erilaisiin tiloihin sopivaksi.

Aktiivikaiuttimen hinta on kuitenkin korkea verraten perinteiseen passiivikaiuttimeen johtuen sen suunnittelukustannuksista ja monimutkaisesta elektroniikasta. Lisäksi haittapuolena aktiivikaiuttimien käytössä on se, että jokainen kaiutin tarvitsee oman tehonsyötön ja tämä lisää kaapelointia verrattuna passiivikaiuttimien käyttöön. Periaatteessa aktiivikaiuttimen käyttö mahdollistaisi signaalitien pitämisen digitaalisena aina kaiuttimelle asti, jos D/A muunnin on sisäänrakennettuna kaiuttimen omaan vahvistimeen. Tämä kuitenkin nostaa hintaa vieläkin korkeammaksi. (<http://www.students.tut.fi/~jmikkola/hifiopas/>)

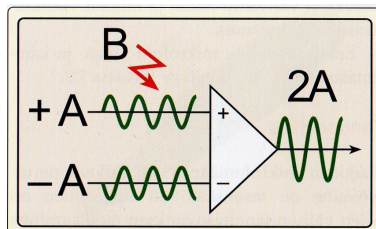
Tietokoneille on esimerkiksi usb-liitännäisiä aktiivikaiutin sarjoja, jotka mahdollistavat äänen kuulumisen, vaikka tietokoneessa itsessään ei olisi äänikorttia. Kun signaali on digitaalisessa muodossa, tuntuu järkevältä pitää se sellaisena mahdollisimman pitkään, jotta ylimääräiset muunnokset ja analogiset komponentit eivät pääse värittämään ääntä tai lisäämään kohinaa. Tässä tapauksessa päävastuu signaalin autenttisesta toistosta jää aktiivikaiuttimien valmistajan käsiin.

5.4 Erilaiset liitännät

Sekä analoginen että digitaalinen äänentoisto pitävät sisällään erilaisia tapoja liittää laitteet toisiinsa. Analogiapuolella signaali välittyy jatkuvana vaihtovirtana ja digitaalipuolella pulsseina.

Analoginen siirto voidaan jakaa symmetrisiin ja epäsymmetrisiin kytkentöihin. Näiden ero on se, että symmetrisessä tavassa on kolme napaa, kuuma, kylmä ja maatto kun taas epäsymmetrisessä liitännässä on vain kuuma napa ja maa. Symmetrisessä liitännässä (tunnetaan myös nimellä balansoitu liitäntä) audiosignaali muodostuu kuuman ja kylmän navan välille ja maa-napa toimii suojamaadoituksena. Epäsymmetrisessä liitännässä signaali kulkee kuuman navan ja maanavan välillä.

Symmetrinen kytkentä ei ole yhtä herkkä sähköisille häiriöille kuin epäsymmetrinen jos itse audio ajetaan siihen symmetrisesti. Tällä tarkoitan sitä, että yhteen johtimeen signaali ajetaan normaalisti ja toiseen johtimeen napaisuudeltaan käännettynä, eli vastakkaisvaiheisena. Vastaanottavassa päässä positiivinen signaali vahvistetaan sellaisenaan, mutta negatiivisen signaalin napaisuus käännetään ennen vahvistusta, jonka jälkeen se summataan samanvaiheisena positiiviseen signaaliin, jolloin signaalit vahvistavat toisiaan. Matkan varrella johtimiin mahdollisesti indusoitua verkkohurina tai muu vastaava häiriö tarttuu molempiin johtimiin samanvaiheisena, jolloin esivahvistimessa tapahtuvan invertoinnin jälkeen häiriösignaalit kumoavat toisensa. (Laaksonen, Äänityön kivijalka, 2006, s.100)



KUVA 7: Invertoiva esivahvistin (Laaksonen, Äänityön kivijalka, 2006, s.100)

Analogiset liittimet

Yleisimmät liittimet analogisen signaalin siirtämiseen ovat XLR, Plugi ja RCA. Kaiutintason liitännöissä käytetään usein Neutrik-yhtiön kehittämää Speakon-liitintä.



KUVA 8: SpeakON-liitinpari (www.neutrik.com)

XLR-liitin on yleinen ammattilaiskäytössä oleva analoginen liitin. Sen tyypillisiä käyttötarkoituksia on mikrofoniliitäntä ja signaalitason siirto. Monoliitintään se voidaan kolminapaisuutensa ansiosta kytkeä symmetrisesti, tai stereoliitintään epäsymmetrisesti. XLR-liittimiä löytyy myös viisi- ja seitsemänapaisena.



KUVA 9: kolminapainen XLR-liitinpari (www.neutrik.com)

Plugi on kuluttajakäytössä yleinen epäsymmetrinen perusliitin. Niitä löytyy kolmea eri kokoa: iso plugi (halkaisija 1/4 tuumaa), pieni plugi (3,5mm) ja harvinaisempi miniplugi (2,5mm). Plugia käytetään signaalitasoiseen siirtoon sekä kuulokeliittimenä. Plugeja on lisäksi mono- ja stereo-tyyppisiä. Näiden kahden ero on se, että monoplugissa signaali on kytkettynä kärkeen ja varsi on maa, kun taas stereoplugissa on kärjen ja varren välissä erotettu rengas, johon toinen kanava kytkeytyy. Stereoplugia kutsutaan myös nimellä TRS (Tip, Ring, Sleeve). On myös olemassa ammattikäyttöön tarkoitettu B-kokoinen plugi. Se on hyvin samannäköinen kuin tavallinen epäsymmetrinen stereoplugi, mutta se on symmetrinen monoplugi ja sen pallomainen kärki on tavallisen plugin kärkeä pienempi. B-plugia käytetään esimerkiksi äänipöytien yhdysrakenteissa. Jos B-plugille tarkoitettuun liittimeen työntää epähuomiossa tavallisen plugin, liitin usein rikkoutuu liian suuren kärjen ansiosta. (Laaksonen, Äänityön kivijalka, 2006, s.104)



KUVA 10: 1/4" Monoplugi, Stereoplugi ja B-plugi (www.neutrik.com)

RCA on epäsymmetrinen koaksiaaliliitin, jossa keskellä oleva napa on kuuma, ja vaippa on maa. RCA-liittimiä löytyy uros- ja naaraspuolisina. Käytetään usein linjatasoiseen analogiseen siirtoon, mutta voidaan käyttää myös digitaalisen signaalin siirtoon. Koska analogiapuolella stereoäänen siirto vaatii kaksi kuumaa napaa, käytetään RCA-johtoja usein pareina.

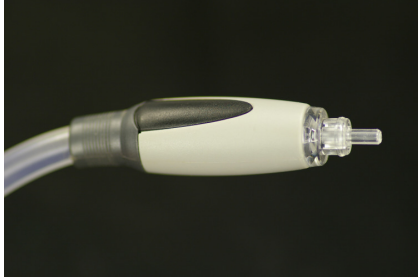


KUVA 11: RCA-liitin (uros) (www.neutrik.com)

Digitaaliset liittimet

Digitaalista ääntä voidaan siirtää joko optisesti tai sähköisesti. Optisia liittimiä on ainakin EIAJ optical, toiselta nimeltään Toslink JIS F05, joka käyttää S/PDIF-formaattia (Sony/Philips Digital Interface Format) tiedonsiirtoon. Ammattilaisäänentoistossa on käytössä AES/EBU-formaatti, joka on hyvin samankaltainen kuin S/PDIF. Oikeastaan S/PDIF onkin kuluttajakäyttöön tarkoitettu versio AES/EBU-formaatista ja se ei vaadi yhtä hintavaa kalustoa toimiakseen kuin esikuvansa. S/PDIF voi kulkea myös sähköisenä viestinä, jolloin käytetään tavallista RCA-liittimin varustettua koaksiaalikaapelia. Digitaalisen äänen siirto onnistuu myös lähiverkoista tutuilla RJ45-liittimin varustetuilla CAT5-kaapeleilla. Digitaalinen optinen siirtotie ei ole lainkaan häiriöaltis niin pitkään kun kuitukaapeli säilyy

vahingoittumattomana. Kuitukaapeli voi kuitenkin helposti mennä pilalle, jos sitä esimerkiksi taittaa liian jyrkästi. Muoviset kaapelit voivat myös pilaantua kuumuudesta. Kuumissa paikoissa voidaan käyttää lasista kaapelia.



KUVA 12: EIAJ Optical / Toslink (Wikipedia)

Langaton siirto

Äänen langaton siirto ei sinänsä ole mikään uusi juttu, onhan radio ollut saatavilla jo pitkään. Analogisella tekniikalla toteutettuna äänenlaatu kuitenkin kärsii siirrettäessä ilmateitse ja lisäksi analoginen radiosignaali on altis häiriöille. Digitaalinen langaton siirto mahdollistaa äänen pakkaamisen ja virheenkorjauksen ja siksi oikein toteutettuna siinä päästään parempiin tuloksiin kuin analogisessa siirrossa. Digitaalinen signaali voidaan myös kohdistaa juuri tietyllä vastaanottimelle.

Eräs yleinen tapa siirtää digitaalista signaalia lyhyitä matkoja langattomasti on Bluetooth-yhteys, joka on alun perin tarkoitettu matkapuhelimen lisälaitteiden kytkemiseen. Muita mahdollisuuksia on 802.11, WUSB, WirelessHD jne. Digitaalisen äänisignaalin siirtäminen onnistuu lähes millä tahansa yhteydellä, mutta jos käytetään liian kapeakaistaista yhteyttä, joudutaan ääntä pakkamaan enemmän ja laatu heikkenee.

5.5 Digitaaliset yleisäänentoistojärjestelmät

Markkinoilla on jo muutamia yleisäänentoisto- ja äänievakuointijärjestelmiä, jotka mainostavat itseään täysin digitaalisina. Täysi digitaalisuus näissä tapauksissa tarkoittaa sitä, että laitteet kommunikoivat keskenään valokuitu- ja lähiverkkoyhteydellä ja signaali on digitaalisessa muodossa. Vaikka signaali tulee päätevahvistimelle asti digitaalisena, lähtee se edelleen kaiuttimelle analogisena ja

usein muuntajakytkentäisenä. Kun rakennukseen asennettavien kaiuttimien määrä on suuri, tulisi liian kalliiksi käyttää aktiivikaiuttimia.

Tämänkaltaisen järjestelmän kilpailuvaltteja on hyvä äänenlaatu, häiriösietoisuus, laajennettavuus, joustavuus ja helppokäyttöisyys. Digitaalinen signaalinprosessointi mahdollistaa automaattisten suotimien käyttämisen tilojen akustisten ongelmien ratkaisemiseksi.

Laitteiden välinen kommunikointi tapahtuu ethernet tekniikalla. Tämä mahdollistaa laitteiden ketjuttamisen, eli signaalitien kytkemisen sarjaan. Kaapeloinnissa saadaan säästöjä, kun jokaista laitetta ei tarvitse kytkeä keskusyksikköön erikseen. Signaalin perille menon varmistamiseksi voidaan laitteet kytkeä silmukaksi, eli jos jokin laite vikaantuu ja reittiin tulee katkos, pääsee signaali perille myös toista kautta.

Eräs esimerkki tällaisesta järjestelmästä on Bosh Praesideo. Siinä laitteet yhdistetään toisiinsa kaapelilla, joka sisältää kaksi toisistaan erillään olevaa valokuitukaapelia ja kuparikaapelia. Toisessa kuidussa kulkee ohjaussignaali ja toisessa audiosignaali. Kuparijohtimia pitkin voidaan siirtää käyttäjännite.

6. CASE RANTAKEIDAS

Mikkelin Rantakylässä sijaitsevan urheilutalon yhteydessä olevaa uimahallia laajennettiin vuonna 2001 viihdeuimalaksi, jolloin rakennukseen asennettiin myös äänentoistojärjestelmä sähkösuunnitelmaan sisällytettynä. Kun sähkösuunnitelma hyväksyttiin, samalla hyväksyttiin myös äänentoistojärjestelmä. Myöhemmin kävi kuitenkin ilmi, että järjestelmä oli käyttötarkoitukseen riittämätön.

Tarkoitukseni on selvittää järjestelmän puutteita ja etsiä niihin ratkaisuja. Järjestelmän dokumentointi on äärimmäisen puutteellinen – onnistuin saamaan käsiini muutaman käyttöoppaan lisäksi ainoastaan äänentoistokaavion, joka ei sekään ollut täysin totuudenmukainen. Järjestelmää on paranneltu pala palalta, eikä lukuisia muutoksia ole saatu paperille ja näin ollen järjestelmään tutustuminen oli tehtävä paikan päällä johdin kerrallaan.

Viihdeuimala on äänentoiston kannalta haasteellinen kohde tilan vaikean akustiikan, taustamelun ja kosteuden takia. Vesihierontasuihkut, porealtaat ja vedessä riemuavat lapset peittoavat helposti kuulutukset metelillään ja loiskeellaan.

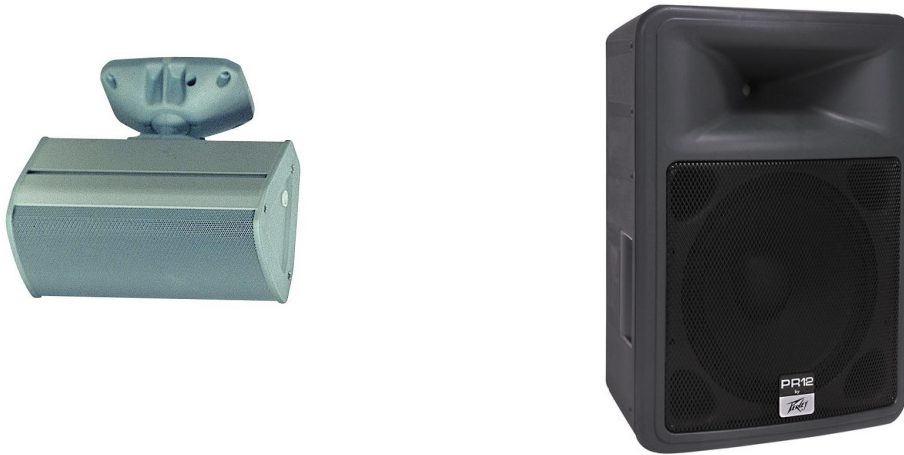


KUVA 13: vesihierontasuihku (www.rantakeidas.fi)

6.1 Tausta

Järjestelmän sydän oli HedPro Oy:n valmistama analoginen ”HED PA-äänentoisto” moduulivahvistin / ohjelmavalitsyksikkö. Siitä signaali siirtyi päätevahvistimien ja 100V kaiutinlinjamuuntajan kautta kaiutinverkkoon. Ohjelmavalitsimeen kytkettynä oli samaisen yhtiön valmistama kuulutuskoje, HedPro HKM06-12 (Liite 1), joka mahdollisti valinnaisesti alueelliset kuulutukset tai yhteiskuulutukset. Allastilojen

kaiuttimiksi oli järjestelmään valittu DNH CAS 6(T)-kaiuttimet (Liite 2) ja pesutiloihin sekä käytäville interM CS-03-puoliuppokaiuttimet (Liite 3). Tämän järjestelmän suurin ongelma oli allastilojen kaiuttimien tehon riittämättömyys. Kun kaiuttimien ilmoitettu maksimiteho on 10W, voi ymmärtää että allastilojen vaikean akustiikan ja taustamelun takia ei kuulutuksista saanut mitään selvää, paitsi jos seisoj suoraa kaiuttimen alla. Oli ilmeistä, että allastiloihin on saatava ainakin lisää kaiutintehoa.



KUVA 14: DNH CAS6(T) (vas) ja Peavey PR12 (oik)

6.2 Kehitys

Paikallinen yritys Savon Musiikki on paikkaillut äänentoistolaitteiston puutteita asentamalla tehokkaammat kaiuttimet Peavey PR12 allastiloihin ja valvontakopissa sijaitsevaan laitehyllyyn niille omat Alto Mistral 1500-vahvistimet. Näiden kaiuttimien valmistaja ilmoittaa tehonkestoksi 400W jatkuvaa ja 800W hetkellistä tehoa. Alto ilmoittaa Mistral 1500-vahvistimensa syöttävän 2x500W 4ohm kuormaan. Vahvistimien hankkiminen oli välttämätöntä, koska näitä kaiuttimia ei voitu kytkeä 100V linjaan, eikä vanhoissa vahvistimissa olisi tarpeeksi tehoa riittänytkään. HED PA kuulutuskojeineen on poistettu käytöstä koska ne ovat epäkunnossa ja niin vanhaa tekniikkaa että tuotetuki on lopetettu.

Kuulutukset oli tilapäisesti tehty mahdolliseksi langattomalla mikrofonilla, joka oli kytketty interm pp9113-mikseriin. HED PA-ohjelmavalitsinyksikkö on korvattu dbx ZonePro aluevalitsinyksiköllä. Lisäksi järjestelmään on asennettu dbx DriverackPA,

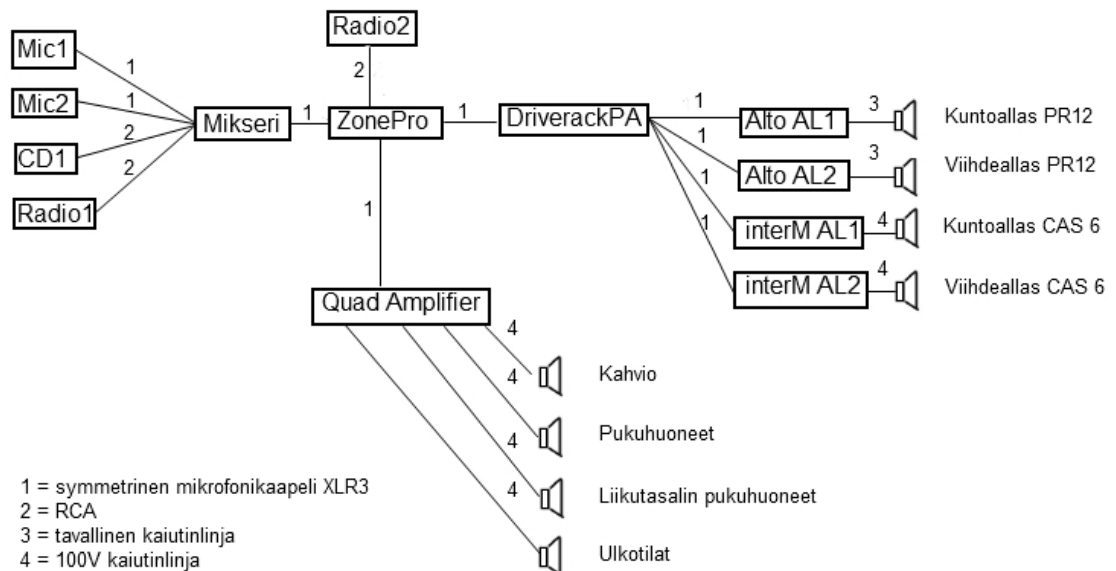
joka mahdollistaa automaattisen digitaalisen ekvalisoinnin. Ekvalisointi tapahtuu siten, että laitteeseen kytketään mittausta varten mikrofoni. Tämän jälkeen laite lähettää vaaleanpunaista kohinaa kaiuttimista säätäen oman ekvalisaattorinsa vastaamaan käyttäjän haluamia arvoja.

- Mikrofonin vastaanotin →
- Mikseri →
- ZonePro →
- 5:n CD-soitin →
- ”Radio2” →
- ”Radio1” →
- 5:n CD-soitin (rikki) →
- HED PA →
- DriverackPA →
- vahvistin (Alto) →
- vahvistin (Alto) →
- vahvistin (InterM) →
- vahvistin (InterM) →
- vahvistin 4-ch (InterM) →
- + kaiutinlinjamuuntaja



KUVA 15: Rantakeitaan laitehylly

Laitteiden keskinäinen kytkentäperiaate ilmenee laatimastani kuvasta 16. Signaalin voidaan ajatella etenevän vasemmalta oikealle ja ylhäältä alas.



KUVA 16: Signaalitie

6.3 Ongelmat ja ratkaisut

Oli selvitetävää mitä puutteita laitteistossa on, joten aloin tutkia sen toimintaa. Koska käyttäjäkunnasta vain muutama osasi käyttää laitteistoa, päätin laatia käyttötarkoitukskohtaiset ohjeet valvojille. Niitä tehdessäni tutustuin myös itse laitteiston toimintaan ja samalla minulle selvisi laitteiston suurin heikkous – järjestelmä on käyttötarkoitukseensa nähden liian monimutkainen käyttää sellaisenaan ja kuulutusten saaminen tietyille alueille on liian monen napin takana. Haastattelin äänentoistojärjestelmän pääasiallisia käyttäjiä eli uinninvalvoja. Heiltä sain listan ongelmista, joita järjestelmässä oli ilmennyt.

- kuulutukset kumisevat eikä niistä saa selvää
- kuulutusten alueellinen rajausta ei onnistu
- vesijumppaa pidettäessä langaton headset-mikrofoni ei kuulu musiikin kanssa samaan aikaan
- Järjestelmä on liian vaikea käyttää
- Kuulutukset liikuntasaliin hätätapauksessa ei onnistu
- Vesijumppa kuuluu kahviossa

6.3.1 Kuulutuksen kumina ja puuroutuminen

Kuulutusten kumina ja epäselvä ääni johtui lähinnä siitä, että mikserin bassot oli säädetty liian voimakkaaksi. Säädin Interm pp9331 mikseristä basson tason -12 dB eli minimiasentoon, jolloin kuntoaltaan puolella puheesta alkoi saada selvää. Opastin käyttäjää säätämään bass-nuppia vastapäivään kun halutaan kuuluttaa ja takaisin keskiasentoon kun halutaan soittaa musiikkia. Vaikka ääni on ekvalisoitu dbx DriverackPA:lla selkeäksi, saa ne säädöt tehtyä lähes tyhjäksi säätämällä mikserin sävynsäädöt pieleen. Siksi onkin harmillista että kuulutuksiin käytettävä mikrofonin signaali kulkee mikserin kautta.

Vaikka kuntoaltaan puolelle kuulutukset saatiin selkeämmäksi säätämällä mikseriä, oli viihdeuimalapuolella ääni edelleen puuroa. Viihdeuimalapuolen neljää Peavey PR 12 kaiutinta syöttävä Alto Mistral 1500-vahvistin kävi todella kuumana. Se oli huomattavasti kuumempi, kuin kuntoaltaan samanlaisia kaiuttimia syöttävä samanlainen vahvistin. Koska kaiuttimien määrä oli molemmissa tiloissa sama, mutta kuormitus vaikutti olevan viihdepuolella suurempi, aloin tutkia kaiuttimien kytkentää. Selvisi, että kuntosuolen kaiuttimille lähti 2x2 johtoa ja viihdepuolelle 1x4 + 2x2 johtoa. Toisin sanoen kuntoaltaan kaiuttimet oli kytketty siten, että kummassakin kanavassa on kaksi kaiutinta sarjassa kun taas viihdeuimalapuolella oli kanavaa kohden kaksi kaiutinta rinnan. Vahvistimen manuaali kertoo laitteen antavan 2x 500W 4ohmiin, joten yhden kanavan pitäisi kyllä jaksaa syöttää kahta rinnankytkettyä nimellisteholtaan 400W 8ohmin kaiutinta. Halusin selvittää, mikä johto kuuluu millekin kaiuttimelle viihdepuolella koska johdoissa ei ollut mitään merkintöjä. Aloin selvittää asiaa irrottamalla johtimet vahvistimelta ja kytkemällä ne yksi kerrallaan takaisin, jolloin minulle selvisi, että viihdepuolen vahvistimen kanava 1 oli mykkä. Irroitin vahvistimen ja vein sen huoltoon. Huolto selvitti, että vahvistimen tuulettimen moottorin ohjaus oli vikaantunut ja sen tuloksena laite kävi niin kuumana, että ensimmäisen kanavan pääteaste oli vaurioitunut.



KUVA 17: Alto Mistral 1500 päätevahvistin

6.3.2 Kuulutusalueen rajaus

Kuulutusten alueellinen rajaus on mahdollista, vaikkakin hidasta. Dbx ZonePro:lla voi määrittää alueet joihin kuulutus tulee, mutta se täytyy tehdä säätämällä jokaiselle halutulle alueelle ohjelmalähteeksi mikseri ja muille alueille joko mute tai jokin muu ohjelmalähde. Hätäkuulutuksen saaminen kaikille alueille voi pahimmassa tapauksessa olla niin monen napin takana, että tilanne ehtii mennä ohi. Tämän takia järjestelmään täytyy saada yksinkertainen kuulutuskoje, josta yhtä nappia painamalla saadaan tarvittaessa kuulutus kaikille alueille. Tällaista kuulutuskojetta ei ZonePro-sarjaan ole saatavilla. Nykyinen laitteisto on huonosti opastetuille käyttäjälle niin vaikeaselkoinen, että osa käyttäjistä eli siinä luulossa, ettei alueellinen rajaus ole edes mahdollista.



KUVA 18: dbx ZonePro1260

Kuulutusten rajaaminen automaattisesti

ZonePRO:n oppaisiin lähemmin tutustuttuani huomasin, että laitteen sisääntulojen prioriteetin ja ekvalisoinnin pystyy määrittelemään ohjelmallisesti. ”Page1” ja ”Page2” painikkeet voidaan ohjelmoida siten, että niitä painamalla saadaan kuulutus ohjattua määrätuille alueille korkeimmalla prioriteetillä siten että muut ohjelmalähteet vaimenevat kuulutuksen ajaksi. Kun kuulutusmikrofoni kytketään suoraan ZonePro:hon ja sen kanavan ekvalisointi tehdään ohjelmallisesti, saadaan kuulutus

helpommin ulos eikä mikserin bassosäädöt tällöin vaikuta kuulutukseen. Siispä irroitin mikrofonin esivahvistimen johdon mikseristä ja kytkin sen suoraan ZonePRO:n mikrofonituloon kaksi radio2:n paikalle. Säädin tämän tulon prioriteetin siten, että kun mikrofonin laittaa päälle, altaille tuleva taustamusiikki vaimenee ja kuulutus pääsee läpi. Altaille kuuluttaminen ei siis vaadi käyttäjältä enää mikserin asetusten vaihtamista. Painike page1 vuorostaan ohjaa kuulutuksen altaille ja pukuhuoneisiin ja page2 ohjaa kuulutuksen kaikille alueille. Tämä helpottaa kuulutusten suorittamista toistaiseksi, kunnes uuden järjestelmän hankkiminen on mahdollista.

Mikrofonitulolle määritin ylipäästösuotimen taajuudeksi 150Hz, joka oli korkein taajuus minkä suotimeen sai valita. Näin bassot eivät tee kuulutuksesta kumisevaa. Lisäsin myös tulolle graafisen ekvalisaattorin, jolla nostin diskantteja ja keskiääniä, jotta kuulutusääni kuulostaa kirkkaalta ja selkeältä.

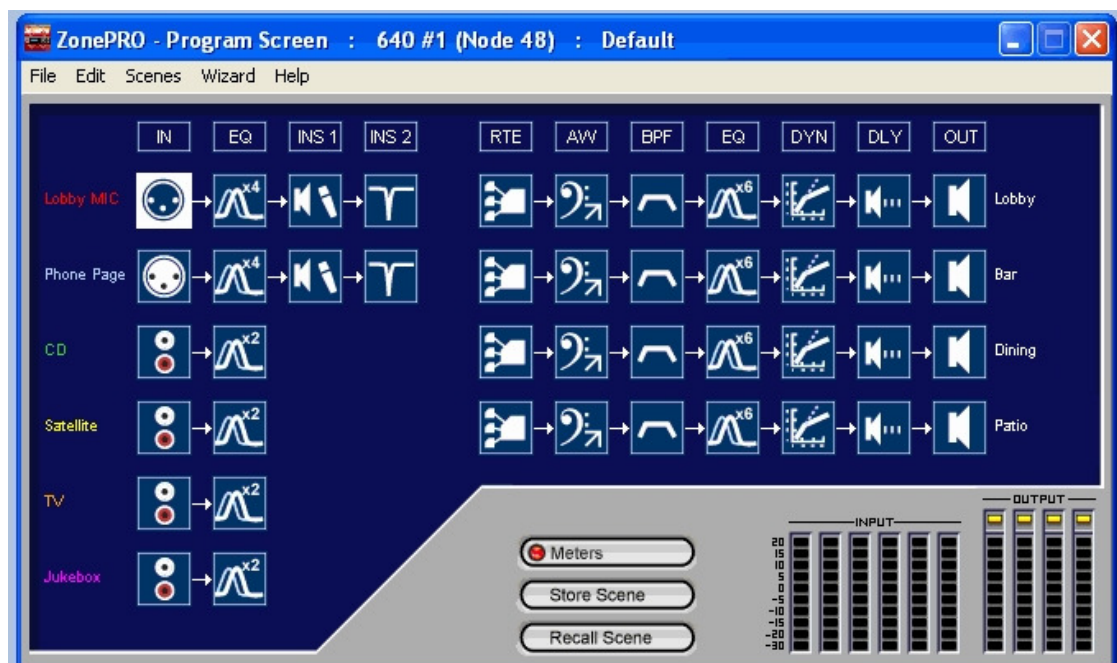
Onnistunut kuulutus vaatii hyvin toimivan audiojärjestelmän lisäksi osaamista kuuluttajalta. Allastilaan kohdistettu kuulutus voi helposti mennä asiakkaalta ohi, jos tämä sattuu olemaan kuulutuksen alkaessa veden alla. Tämän vuoksi kuulutus tulisi aina toistaa, jotta asiakas ehtii nousta pinnalle kuuntelemaan huomattuaan että kuulutetaan ja ehtii saada vedet korvistaan. Mikrofoniiin puhuminen tulisi myös tehdä selvästi artikuloiden. Nämä seikat tuntuvat itsestäänselviltä, mutta kiireessä ne helposti unohtuvat. Siksi päätin laatia Rantakeitaan valvomon seinälle kuulutusohjeet muistin virkistämiseksi. Ohjeet koskevat tämänhetkistä järjestelmää, koska mahdollisen uuden laitteiston hankkimiseen kulunee aikaa. Ohjeet löytyvät liitteistä. Kuulutusohjeista on kaksi versiota. Ensimmäinen versio koski järjestelmää ennen tekemiäni muutoksia dbx ZonePron:n asetuksiin. Kun verrataan vanhaa (LIITE4) ja uutta (LIITE5) ohjetta, käy ilmi että asetusten muuttamisen jälkeen kuuluttamisesta tuli huomattavasti helpompaa.

dbx ZonePRO ohjelmointi

ZonePRO:n asetusten muuttaminen tapahtuu ZonePRO Designer-ohjelmalla. Ohjelmisto asennetaan PC:lle ja PC kytketään laitteen ethernet-porttiin ristiinkytketyllä CAT5-kaapelilla. Ohjelmisto on ladattavissa yrityksen internet-sivustolta ilmaiseksi. Asetukset ladataan laitteelta ohjelmistoon, jonka jälkeen ne

voidaan tallentaa kovalevylle ja niitä voi muuttaa graafisen käyttöliittymän avulla. Designer-ohjelma on hetken tutustumisen jälkeen erittäin helppokäyttöinen ja selkeä. Ohjelmalla voi valita jokaiselle sisään- ja ulostulolle ekvalisoinnit, reitit ja prioriteetit ja erilaiset suodattimet. Suotimia on mm. automaattinen audiokierron poisto, älykäs bassonkorostus, viive ym. Lisäksi etupanelin painikkeisiin Page1 ja Page2 saa ohjelmoitua kuulutukseen tarkoitetut prioriteetit. Nämä prioriteetit ovat arvoltaan suurimmat ja näitä asetuksia käyttämällä voidaan toteuttaa tärkeimmät kuulutukset. Designerillä on myös mahdollisuus määrittää mihin asetuksiin käyttäjä pääsee laitteen etupanelin avulla käsiksi. Valikkoa mukauttamalla voidaan rajata esimerkiksi käyttäjälle tarjolla olevat äänilähteet aluekohtaisesti. Valikosta olisi mahdollista poistaa myös kaikki vaihtoehdot ja tällöin asiaan perehtymätön käyttäjä ei vahingossa onnistuisi sotkemaan säätöjä.

Kuvassa 19 näkyy laitteen ZonePRO 640 säädöt, joten käytössä on vain 6 tuloa ja 4 lähtöä. Rantakeitaan ZonePRO 1260 tarjoaa 12 tuloa ja 6 lähtöä. Tulot ja lähdöt voidaan nimetä ja se helpottaa kokonaisuuden hahmottamista.



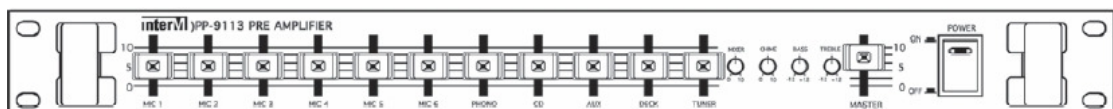
KUVA 19: ZonePRO 640 graafinen käyttöliittymä (www.dbxpro.com)

Kuulutukset liikuntasaliin

Liikuntasalin teknisessä tilassa on alueelle tarkoitettut omat vahvistimet ja mikseri. Jotta kuulutukset saadaan kuulumaan myös tälle alueelle täytyisi ZonePRO ja liikuntasalin mikseri yhdistää. Koska ZonePRO:n lähdöt, kuten myös mikserin tulot ovat analogisia, laitteiden yhdistäminen tapahtuisi johtokanavia pitkin mikrofonikaapelilla symmetrisenä kytkentänä, jotta kaapeliin mahdollisesti indusoituvat sähköiset häiriöt tulevat eliminoiduksi.

6.3.3 Vesijumpan ongelma

Vesijumpan vetäjä harmitteli, että CD-soittimelta toistettu vesijumpan musiikki ja vetäjän headset-mikrofoni eivät kuulu yhtäaikaan. Ihmettelin mistä ongelma voisi johtua, koska Interm pp9331 mikseri/etuvahvistin näytti päällepäin aivan tavalliselta mikseriltä. Löysin laitteen käyttöoppaan valmistajan internet-sivustolta ja sen luettuani minulle selvisi, että mikrofonikanavissa 1-2 on ”priority muting” eli prioriteettivaimennus, joka vaimentaa kaikki muut lähteet kun kyseisiin linjoihin tulee signaali. Tämä on hyvä ominaisuus, jotta taustamusiikki ei häiritse tärkeää kuulutusta. Vesijumpan vetämiseen tarkoitettu langaton headset-mikrofoni oli kuitenkin kytketty linjaan 2 ja tästä johtuen musiikki vaimeni välittömästi kun mikrofonin kytki päälle. Ongelmaan oli onneksi tarjolla helppo ratkaisu. Vaihdoin mikrofonin balansoidun xlr-liittimen mikserin mikrofonituloon 3 ja opastin käyttäjää säätämään kanavan voimakkuuden. Lisäksi teippasin mikserin 3-linjan voimakkuudensäätöliukuun muistilapun käyttäjän pyynnöstä.



KUVA 20: Interm pp9113 mikseri/etuvahvistin

Kun jumppamikrofoni nyt kuului mikserin kautta vaivattomasti, törmäsimme seuraavaan ongelmaan. Kun vesijumppaa vedetään, kuului se myös kahvioon. Tämä johtui siitä, että tässä kohtaa kahvion alueelle kuultavaksi ajateltu radio1 kulki myös mikserin kautta. Radio2 täytyi siis kytkeä ZonePRO:hon takaisin. Kytkin Radio2:n ZonePRO:n vapaaseen rca tuloon ja määritin sen pääasialliseksi lähteeksi Kahvioon,

pukuhuoneisiin ja käytäville. Tällöin alueelle allas1 lähteeksi määritetty mikseri kuuluu vain sinne, missä jumppaa vedetään.

6.4 Laitteiden hallinta

Huomattava osa tämänhetkisen järjestelmän käyttäjille matkan varrella ilmenneistä ongelmista on johtunut siitä, että laitteiston käyttäjiä on monia ja laitehylly on sellaisella paikalla, että kuka tahansa talon henkilökunnasta tai viikonloppukäyttäjistä pääsee tekemään omia asetuksiaan laitteisiin. Kun laitteiston toimintaa ei täysin ymmärretä ja joku käy omin päin säätämässä yhtäkin nuppia, on koko loppu käyttäjäkunta sen jälkeen ihmeissään kun joku alue kuuluu huonosti tai ei ollenkaan. Ohjeiden lukeminen, ymmärtäminen ja noudattaminen saattaa hyvinkin olla liikaa vaadittu esimerkiksi viikonloppusijaiselta. Jos jossain napissa lukee ”älä koske”, tuntuu se joillekin suorastaan huutavan ”paina minua!”. Tämän vuoksi eräs vaihtoehto olisi sijoittaa vahvistin- ja alueohjauslaitteisto lukittuun kaappiin, johon olisi pääsy vain osaavilla henkilöillä. Käyttäjälle olisi tällöin saatavilla vain kuulutuskoje, cd-soitin ja radio. Vesijumpan musiikin soittamiseen olisi oma mikseri, johon olisi kytkettynä vain cd-soitin ja langaton mikrofoni. Tämä mikseri olisi reititettyinä ohjausyksikön läpi tavallisen lähteen ominaisuudessa, jolloin tärkeämpi kuulutus vaimentaisi sen korkeammalla prioriteetillään ja tällöin kuulutus pääsisi läpi hätätapauksessa.

Tämä ratkaisumalli kuitenkin vaatisi sen, että yrityksen sisältä nimettäisi henkilö jolle annettaisi riittävä koulutus äänentoistolaitteiden hallintaan. Tämä henkilö vastaisi äänentoistosta ja hälytettäisiin paikalle kun vikaa ilmaantuu tai jotain säätöjä on tehtävä. Jos kyseessä olisi yksinkertainen ZonePRO:n asetusten muuttaminen, pystyisi kyseinen henkilö muuttamaan asetuksia verkon yli etähallintana, edellyttäen että ZonePRO kytketään yrityksen sisäiseen lähiverkkoon. Kun otetaan huomioon, että osa käyttäjistä kuitenkin ymmärtää laitteiden toiminnan päälle enemmän kuin toiset, olisi tämä ratkaisumalli ehkä kuitenkin liian äärimmäinen. Joka tapauksessa yrityksen sisällä olisi hyvä olla edes yksi henkilö joka tuntee laitteiston läpikotaisin.

6.5 Jatkotoimenpiteet

Tähänastiset ratkaisut ongelmiin ovat kuitenkin vain tilapäisiä. Urheilutalo on suuri kokonaisuus jonne mahtuu sisään tuhansia ihmisiä samanaikaisesti. Tämän vuoksi kohteeseen tarvitaan standardinmukainen äänievakuointijärjestelmä. Häätätilanteen sattuessa täytyy kuulutusmahdollisuuden olla yhden napin takana. Ei riitä, että seinällä lukee ohjeet kuinka laitteita säädetään. Ei myöskään riitä, että hätäkuulutuksen saa tehtyä vain uimavalvojen kopista, vaan se täytyy saada kuuluviin myös vastaanottotiskiltä, sekä mahdollisesti liikuntatiloista tai toimistolta. Tähän tarkoitukseen nykyinen laitteisto ei sovellu. Koska standardi vaatii äänievakuointijärjestelmältä myös automaattisen vikaindikoinnin ym, ei nykyistä laitteistoa sellaisenaan voi siihen soveltaa.

Tarvitaan siis standardin täyttävä laite, johon saa liitettyä vähintään kolme kuulutuskojetta. Kaiutinlinjat tulee kytkeä siten, että yhden vahvistimen vikaantuminen ei vaimenna kokonaista aluetta. Käytännössä uusien kaiutinkaapelointien lisäksi pitäisi siis hankkia varavahvistin jokaista aluetta kohti.

Eräs tähän tehtävään soveltuva laitteisto olisi TOA VM-3000 digitaalinen äänievakuointijärjestelmä. Kyseinen järjestelmä täyttää kaikilta osiltaan EN60849 normin ja tarjoaa mahdollisuuden neljän kuulutuskojeen kytkemiseen. Sen keskusyksikköön voidaan tallentaa kuulutus- ja hälytysviestejä. Järjestelmä on mahdollista liittää palohälytysjärjestelmään, jolloin tallennetut evakuointiohjeet saadaan kuulumaan automaattisesti kun hälytys tapahtuu. Laitteeseen voisi myös tallentaa päivittäin toistuvat ilmoitukset, kuten asiakkaiden muistuttaminen sulkemisajasta. Digitaalisena järjestelmänä laitteisto on ohjelmoitavissa sopivaksi eri olosuhteisiin ja käyttötarkoituksiin. Opinnäytetyöhön käytettävän ajan rajallisuuden vuoksi en ehdi varmistua, olisiko TOA:n järjestelmä tähän kohteeseen paras vaihtoehto, mutta se varmasti on ainakin yksi vaihtoehdoista.

Vaikka Rantakeitaan kuulutukset toimivatkin nyt huomattavasti paremmin kuin aikaisemmin, pitäisi laitteiden ekvalisointiasetuksiin vielä puuttua jotta myös vesijumpassa soitettu musiikki kuulostaisi paremmalta. Tämä jää kuitenkin tekemättä toistaiseksi kunnes suunnitelmat uusien laitteiden hankkimisesta saadaan päätökseen.

7. POHDINTAA

Alkuperäinen tavoite oli tutustua äänentoistojärjestelmiin ja ratkoa Rantakeitaan äänentoiston ongelmat mahdollisimman pienillä lisäinvestoinneilla. Tämä tavoite toteutui osittain, sillä monet ongelmat saatiin ratkottua minimikustannuksin. Koska kuulutusalueiden rajaaminen ja kuulutusta häiritsevän liian voimakkaan basson ekvalisointi saatiin korjattua ZonePro:n asetuksia muuttamalla, ei rahaa tarvinnut käyttää muuhun kuin vahvistimen korjaukseen.

Vaikka viihdealtaan vahvistimen toinen kanava oli ollut epäkunnossa jo pitkään, tuli varsinainen vika ilmi vasta kaiuttimien kytkentöjä selvitettyä. Viihdeuimalan allasosaston kaikumisen takia on hankala sanoa mistä suunnasta ääni oikeasti kuuluu, joten henkilökunta ei ollut huomannut kahden kaiuttimen toimimattomuutta. He vain ihmettelivät miksi kuulutuksen ääni puuroutuu. Jos Rantakeitaassa olisi ollut standardinmukainen äänievakuointijärjestelmä joka tarkkailee itseään ja ilmoittaa kun jokin osa siitä vikaantuu, olisi vahvistimen pääteasteen vikaantuminen tullut välittömästi ilmi. Kyseisen järjestelmän tarpeellisuus korostuu siis myös tässä suhteessa, mutta sen hankkiminen tulee kuitenkin luonnollisesti aiheuttamaan lisäkustannuksia.

Yleisäänentoistoa suunniteltaessa tulee huomioida tarkkaan käyttötarkoitus, tilan akustiikka ja muut vaatimukset. Äänentoiston tarkoituksen luonteesta johtuen ei riitä että laitteet on kytketty ja niihin tulee virta, vaan laitteiston täytyy myös kyetä täyttämään siltä vaaditut kriteerit. Pelkkä teoreettinen kaiutintehon mitoitus huonepinta-alan mukaan on tällöin vain suuntaa-antava toimenpide. ST-käsikirja 19:n sivulla 34 sanotaan: ”hyvä akustikko myös säästää rakennuttajan varoja, koska hän ei suunnittele ylimitoitettua kaiutinverkostoa varmuuden vuoksi”. Kuitenkin tämä kokemus on osoittanut, että kaiutinverkon ylimitoituksesta on huomattavasti vähemmän haittaa kuin alimitoituksesta. Lievästi ylimitoitettu kaiuttimisto tulee lopulta maksamaan kuitenkin vähemmän kuin alimitoitettun kaiuttimiston riittämättömyyden aiheuttama jälki-investointi.

7.1 Yleistä opinnäytetyöstä

Valitsin tämän aiheen koska musiikki ja äänentoisto ovat lähellä sydäntäni ja halusin tietää aiheesta enemmän. Työ lähtikin liikkeelle tutkielmatyyppisenä teoriatyönä. Lueskelin ja käytin lähteinä alan kirjallisuutta ja internet julkaisuja. Asioidessani Viihdeuimala Rantakeistaassa satuin kuitenkin kuulemaan keskustelun, jossa paikan henkilökunta sadatteli rakennuksen äänentoiston huonoa toteutusta. Keskustelu herätti mielenkiintoni, koska aihe oli yhtenevä opinnäytetyöni aiheen kanssa. Otin selvää kuka Rantakeitaan tekniikasta vastaa ja kysyin voisinko tutkia äänentoistojärjestelmää osana päättötyötäni. Kun ilmeni että tämä sopii, sai työni uuden suunnan. Pääsin tutustumaan yleisäänentoistojärjestelmiin käytännössä sekä Rantakeitaalle että Naisvuoren uimahalliin ja sain pohdittavakseni Rantakeitaan äänentoistolaitteiston ongelmia. Käytännön ongelmien ratkaiseminen onkin enemmän omaa alaani ja sen tekemisestä nautin.

Työn tekeminen oli palkitsevaa ja opetti minulle paljon asioita äänentoistosta ja yleisäänentoistojärjestelmien toiminnasta ja toteuttamisesta. Rantakeitaan alkuperäisen äänentoistojärjestelmän suunnitteluvirheet toimivat hyvänä varoittavana esimerkkinä siitä, miten asiat voivat mennä pieleen. Lähempi tutustuminen dbx ZonePRO-laitteeseen myös syvensi käsitystäni digitaalisen yleisäänentoiston tarjoamista mahdollisuuksista. Digitaaliseen signaalin prosessointiin aion jatkossa syventyä paremmin.

Rantakeitaan äänentoisto oli olemattomasti dokumentoitu, mutta onneksi laitteiden valmistajien sivuilta löytyi kattavat käyttöohjeet, joihin tutustumisesta oli paljon hyötyä. Hyvien ohjeiden olemassaolon ja niihin perehtymisen tärkeys on korostunut työn edetessä. Kuitenkaan pelkkä oppaiden lukeminen ei vienyt kovin pitkälle, vaan parhaiten laitteisiin tutustuminen onnistui paikan päällä. Kun en aluksi ymmärtänyt täysin kuinka laitteisto toimii, oli yksinkertaisesti lähdettävä tutkimaan laitteiden takapaneelien kytkentöjä, ja johtoja seuraamalla tehtävä muistiinpanoja siitä miten laitteet kytkeytyy toisiinsa. Dokumentoinnin tilaa paikatakseni laadin käyttäjille ohjeet, sekä kuvan signaalitiestä. Käyttöohjeiden laatiminen oli mielestäni tehokas tapa tutustua laitteiden käyttöön, koska niitä tehdessä täytyi minun luonnollisesti ensin

selvittää itselleni laitteiden toiminta. Kun lopulta ymmärsin laitteiden keskinäisen toiminnan ja niiden potentiaalin, oli itse ongelmien ratkaiseminen helppoa. Perusteellinen dokumentointi ei tässä vaiheessa kuitenkaan tuntunut kannattavalta, koska laitteistoa tullaan todennäköisesti pian muuttamaan.

7.2 Yleisäänentoiston kehityksen suunta

Tällä hetkellä näyttää siltä, että analogisten yleisäänentoistojärjestelmien kehitys on jokseenkin tullut tiensä päähän ja järjestelmien kehitys jatkuu digitaalisena. Yleisäänentoistojärjestelmien keskusyksiköiden toteuttaminen digitaalisesti tarjoaa enemmän mahdollisuuksia kuin analogisesti toteuttaminen. Äänen laatua voidaan parantaa digitaalisen signaalin prosessoinnin avulla, joten äänentoistojärjestelmän kuuluvuuteen voidaan puuttua myös akustisesti vaikeissa kohteissa. Digilaitteiden ohjelmoitavuus antaa myös vapaammat kädet laitteiden asentamiseen ja ssenuksen myöhempään muuttamiseen ja laajentamiseen. Täten laitteiston täysin analoginen toteutus ei tunnu mielestäni enää järkevältä. Digitalisoituminen ei kuitenkaan kokonaan sulje pois analogisen äänentoiston tarvetta, koska mikrofonien ja kaiuttimien on äänen olemuksen takia oltava analogisia. Täten ”täysin digitaalinen järjestelmä” on hieman harhaanjohtavaa mainontaa.

Kehitystä on analogisen äänentoiston puolella odotettavissa vahvistintekniikassa ja kaiuttimien kotelointiratkaisuissa. Koska tänä päivänä on ympäristön tila nostanut energiahyötysuhteen pinnalle, keskittyynee vahvistimien kehitys ainakin osittain D-luokan vahvistimen kaltaiseen energiataloudelliseen tekniikkaan. Digitaalisten järjestelmien kehityksen suunta näyttäisi olevan kohti automaattisempia, helppokäyttöisempiä ja älykkäämpiä järjestelmiä.

LÄHTEET

Blomberg, Esa & Lepoluoto, Ari 2005. Audiokirja . WWW-julkaisu.
<http://ari.lepoluo.to/audiokirja/>. Päivitetty 30.6.2008. Luettu 1.9.2009.

Harman International Industries Inc. Yrityksen www-sivut.
<http://www.dbxpro.com>

Laaksonen, Jukka 2006. Äänityön kivijalka. Idemco Oy, Riffi-julkaisut Porvoo:
Painoyhtymä ISBN 95198245-7-X

Lavonen, Kaisa-Liisa (toim.) 1995. Galilei 5 Aaltoliike. WSOY/Oppimateriaalit.
ISBN 951-35-5957-2

Leskinen, Markku (toim.) 2004. ST-Käsikirja 19 Äänentoistojärjestelmät. Sähköinfo
Oy. Espoo: Forssan kirjapaino Oy. ISBN 952-5382-56-7

Mikkola, J. Hifiopas. WWW-sivusto. <http://www.students.tut.fi/~jmikkola/hifiopas/>
Päivitetty 14.3.2001. Luettu 10.10.2009

Piipponen, Vesa. TKK: Sovelletun elektroniikan laboratoriotyö. PDF-dokumentti.
<http://sel18.hut.fi/301/3/audiovahvistin.pdf> Päivitetty: 2.11.2001. Luettu: 5.8.2009

Volotinen, Vesa.1997. Digitaalitekniikka. Helsinki: WSOY/Oppimateriaalit.
ISBN 951-0-21150-8

Volotinen, Vesa 1999. Tietoliikenne. Helsinki: WSOY/Oppimateriaalit.
ISBN 951-0-22600-9

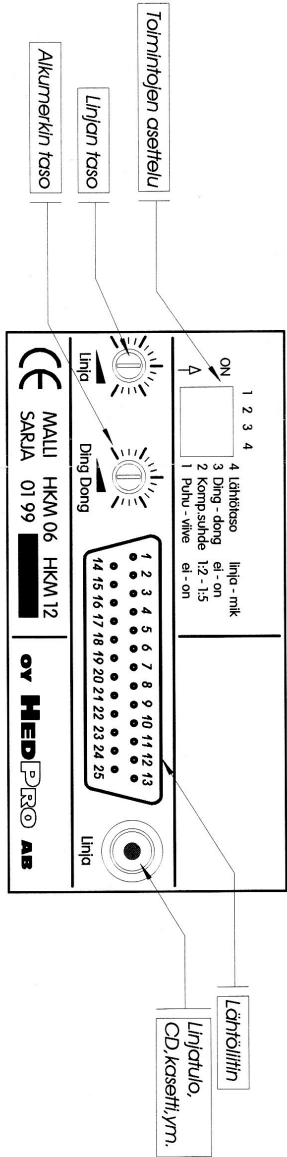
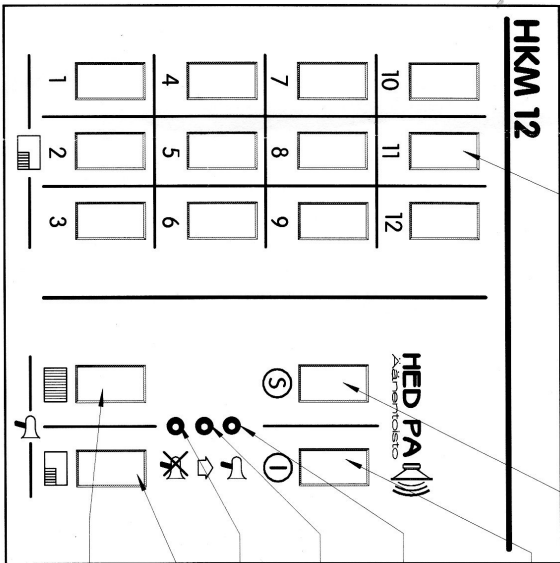
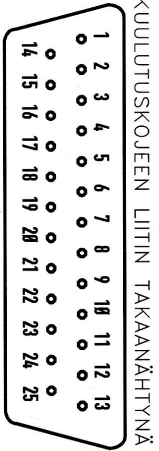
Wikipedia. Sound pressure. WWW-dokumentti.
http://en.wikipedia.org/wiki/Sound_pressure Päivitetty: 9.11.2009. Luettu:
20.11.2009

KUULUTUSKOJEET HKM 06-12

Käyttöohjeet

Lähtöliittimen kytkentä

No.	Toiminto	No.	Toiminto
1	LINJA 1.	13	ERIKOISTOIMINTO (VALINNAINEN)
2	LINJA 2.	14	PÄÄLLEKÄISKUULUTUKSEN ESTO
3	LINJA 3.	15	PAIKALLISKAUITTIMEN VAIMENNUS
4	LINJA 4.	16	VAHVISTINKEKUKSEN KAUOKÄYNNISTYS
5	LINJA 5.	17	SIGNAALI ODB LINJA
6	LINJA 6.	18	SIGNAALI ODB LINJA
7	LINJA 7.	19	KANAAN AUKAISU
8	LINJA 8.	20	YLEISKUULUTUS
9	LINJA 9.	21	KÄYTTÖJÄNNITE - MAA
10	LINJA 10.	22	-
11	LINJA 11.	23	-
12	LINJA 12.	24	KÄYTTÖJÄNNITE +12V EI,+24V ON
		25	+



HEDENGREN GROUP
oy HED PARI AB
 Lauttasamaritie 50, 00200 HELSINKI
 Puh. 09 682 841, Fax. 09 6828 4534

1 2 3 4
 ON
 1 Uhlja
 2 Ding Dong
 3 4 Lähikieso, linjo-nrk
 3 Ding, dong ei-on
 2 Komp. sähde 12-15
 1 Puhu -viihe ei-on

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

Uhlja

MAALLI HKM 06 HKM 12
 SARJIA 01 99

oy HED PARI AB



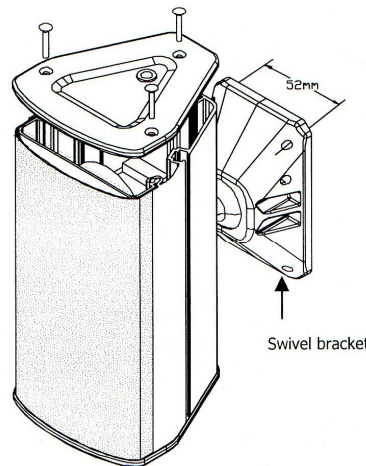
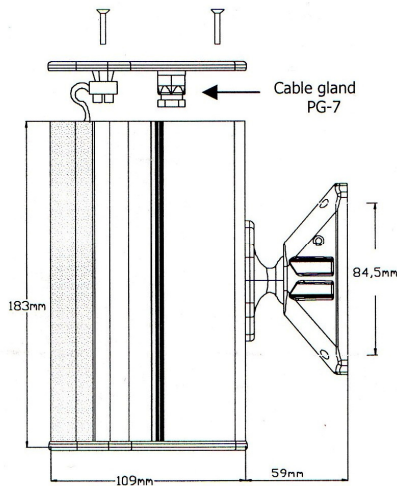
DNH^{AS}

N-3770 Kragerø
NORWAY
Phone: (47) 35 98 56 00
Fax: (47) 35 98 56 10
E-mail: dnh@dnh.no
Web-site: www.dnh.no

ISO 9001 CERTIFIED

CAS 6(T)

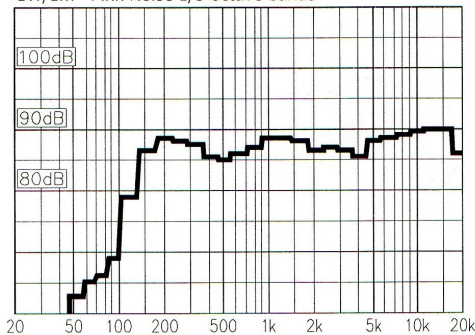
DNH WW Ltd. Phone: (44) 1908 275 000
England Fax: (44) 1908 275 100
E-mail: dnh@dnh.co.uk
DNH GmbH Phone: (49) 040 6569 30-0
Germany Fax: (49) 040 6569 30-30
E-mail: dnh@dnh.de



Transformer:
Combined
50 / 100 Volt line
5(White) : 6(Green) 50V
5(White) : 8(Red) 100V

Secondary nominal
tappings:
1 : 4 6,0W
1 : 3 3,0W
2 : 4 2,0W
1 : 2 1,5W
3 : 4 0,9 W
2 : 3 0,5 W

1W/1m Pink Noise 1/3 octave bands



Material Aluminium, PA
Colour Anodized aluminium or RAL 9010 (white)
Mounting Swivel bracket
Termination Screw terminals
Weight 1,3 kg
IP-rating 56
Max. / min. amb. temp 110 °C / -20 °C
Standard version 50 V / 100 V transformer
Rated / max. power 6 W / 10 W
SPL 1W/1m 88 dB
SPL rated power 95 dB
Effective freq. range 110 – 20000 Hz
Dispersion (-6dB) 1kHz / 4kHz 185° / 90°
Directivity factor, Q

Installation, Operation and Maintenance Procedures

- For termination open cover by unscrewing the three torx screws. Termination side is marked with label. Lead cable through cable gland and terminate. Replace cover.
- To mount, slide two M6 nuts in slot and fasten the swivel bracket with two bolts. Slide swivel bracket to wanted position and tighten bolts.
- To reposition the loudspeaker adjust the swivel bracket by first loosening the two screws on the bracket foot, adjust speaker to wanted position, tighten the screws.
- For optimum performance, always use the correct voltage / power and operate within the frequency limits as stated.
- Do not open loudspeaker when energized.
- Fasten lid with a torque of 1 - 2 Nm.
- This loudspeaker is supplied with a 2 year warranty against defective workmanship.

Most of our products are available in different colours, impedances and power ratings.



DNH reserves the right to alter specifications without notice.

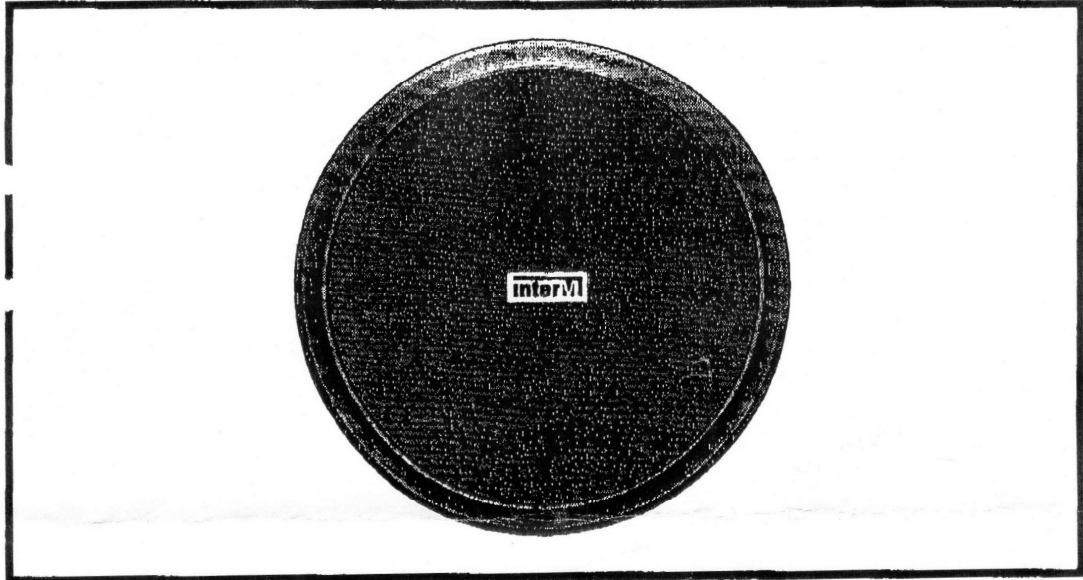
Rev. 17.10.2000

HED PA
Äänentoisto

PIESUHUONET

interM

CS-03
PUOLIUPPOKAIUTIN



NOPEASTI ASENNETTAVA

CS-03 puoliuppokaiutin on helppo asentaa kaiuttimen mukana toimitettavan asennusraudan avulla. Kun kaiuttimen takakotelo ja asennusrauta on asennettu, on kaiutin helppo painaa paikoilleen jousikuormitteisten sarkojen avulla.

SIISTI ULKONÄKÖ

CS-03 kaiuttimen neutraalin valkea väri ja pieni koko tekevät siitä ulkonäöllisesti sopivan mitä moninaisempiin ympäristöihin.

SELKEÄ ÄÄNI

Pienestä koostaan huolimatta CS-03 kaiuttimen ääni on erittäin selkeä. Se on suunniteltu erityisesti kuulutus ja taustamusiikkisovellutuksiin, joten se toimii huonoissakin akustisissa asennusympäristöissä.

SÄHKÖINEN

Tehovalinnat (70 V):
1,5 W 3.300 Ω
1 W 5.000 Ω
0,5 W 10.000 Ω
yhteinen

Johtimien kytkennät:
valkoinen
vihreä
sininen
musta

AKUSTINEN

Taajuusvaste.....180 Hz - 10 kHz
Herkkyy..... 69 dB / 1 W / 1 m
Suuntaavuus.....140° 1 kHz

MEKAANINEN

Halkaisija.....228 mm
Syvyys.....96 mm
Asennusaukon halkaisija.....200 mm
Paino.....880 g
Väri.....valkoinen

HEDENGREN
Viestintä

Lauttasaarentie 50 00200 Helsinki
Puh. (90) 68 381 Fax (90) 673 576



KUULUTUSOHJEET

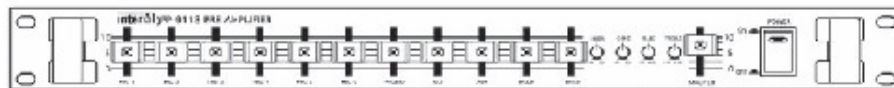


Ennen kuulutusta:

- varmista, että mikserin **bass**-nuppi on käännetty vastapäivään **-12** asentoon.
- varmista, että "**LANGATON 1**" äänenvoimakkuus on hieman **yli puolenvälin**
- Jos kuulutus koskee viihdeuimalapuolta, sammuta **niskahierontaputoukset** ennen kuulutusta
- Käännä mikrofoniin virta päälle

Kuulutus:

- Puhu **selkeällä** äänellä hyvin **artikuloiden**
- **TOISTA KUULUTUS!**



LANGATON 1

BASS

- Jos mitään ei kuulu, varmista että ohjelmavalitsimen source = mikseri ja mute = UNMUTED (ks. Ohjelmavalitsin ohje)



ALTAAT:

Laita mikrofoni päälle ja kuuluta

ALTAAT JA PUKUHUONEET:

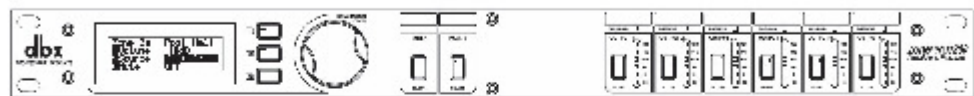
Paina Page1, laita mikrofoni päälle ja kuuluta

KAIKKI ALUEET:

Paina Page2, laita mikrofoni päälle ja kuuluta

Muista:

- Puhu selkeällä äänellä hyvin artikuloiden
- **TOISTA KUULUTUS!**
- Jos viihdealtaan **vesihierontaputoukset** sammutetaan, kuulevat myös sen läheisyydessä olevat asiakkaat kuulutuksen paremmin



PAGE1, PAGE2

OUTPUT1

Huom!

Page-kuulutuksen jälkeen laitteen palautus normaalitilaan tapahtuu painamalla esim. **Output1**.

VESIJUMPAN ÄÄNENTOISTO

- Kytke virta CD-soittimeen, **odota** että merkkivalot 12345 sammuvat, avaa levykelkka open/close napista.
- Varmista ohjelmavalitsimesta että **Allas1** source on mikseri
- Säädä mikseristä CD ja Mic3 ("madonna-mikki") äänenvoimakkuudet noin puoliväliin
- Laita AKG SR40 (madonna-mikin vastaanotin) virta päälle "**AKG**"-napista jolloin ON/OFF-valo syttyy
- Laita PT40 (madonna-mikki) lähetin päälle
- Valitse kappaleet CD-soittimesta ja paina "Play"

Kun jumppa on ohi, muista tyhjentää CD-soittimen muisti painamalla stop/cancel.

CD-soitin reagoi välillä hitaasti levykelkan avauspyyntöön. Jos open/close nappia painettuasi mitään ei näytä tapahtuvan, paina stop/cancel, **odota** hetki ja yritä uudestaan. Jos laite menee täysin jumiin, ota virtajohto irti laitteen takaa ja laita se takaisin.

OHJELMAVALITSIN OHJE

dbx ZonePRO1260

Ohjelmavalitsimella voidaan säätää eri alueiden äänilähteet ja voimakkuudet. Tavallisesti pidetään **allas1** lähteenä **mikseri**, **allas2** lähteenä **kuulutus** ja muilla aluilla **fm2**.

Periaate:

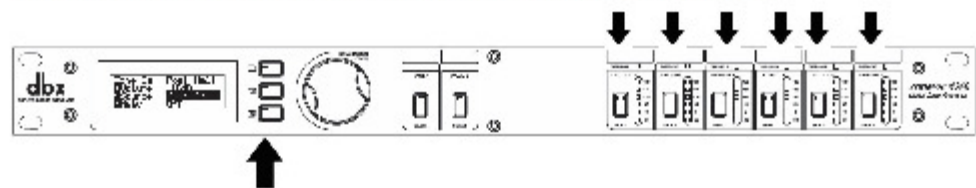
ZONE = Mihin kuuluu

SOURCE = Mikä kuuluu

VOLUME = Kuinka kovaa kuuluu

Käyttö:

1. Valitse säädettävä **zone** painamalla alueen **select**-nappia



2. Valitse säädettävä **toiminto** numeronäppäimillä **1, 2, 3**

vaihtoehdot: 1 = Volume (äänenvoimakkuus)
 2 = Source (lähde)
 3 = Mute (vaimennus)

3. Vaihda asetusta rullaa kääntämällä

HUOM!

Tavallisesti pidetään alueet 5 ja 6 (ulkotila ja liikuntasali) **MUTED**, eli vaimennettuna

Kaikki muut alueet pidetään **UNMUTED**, eli päällä

LAITTEISTON KÄYNNISTYS

Kytke virrat laitteisiin **yksi kerrallaan**, ylhäältä alas!

1. Mikrofonin vastaanotin (langaton1)
2. Mikseri
3. ZonePRO
4. Radio2
5. Radio1
6. DriverackPA
7. Viihdealtaan suurten kaiuttimien vahvistin (L)
8. Kuntoaltaan suurten kaiuttimien vahvistin (K)
9. Kuntoaltaan pienten kaiuttimien vahvistin (allas1)
10. Viihdealtaan pienten kaiuttimien vahvistin (allas2)
11. Kahvion, pukuhuoneiden ja ulkotilan vahvistin

CD-Soittimeen kytketään virta vain tarvittaessa.

HUOM!

Laitteiden sammuttaminen tehdään päinvastaisessa järjestyksessä!