



# Analogisten langattomien mikrofoniin vahvuudet ja yleisimmät ongelmat esityskäytössä

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Viestinnän koulutusohjelman  
tutkintotyö  
Äänen suuntautumisvaihtoehto  
Kevät 2008  
***Kaisa Riitamaa***

# OPINNÄYTTEEN TIIVISTELMÄ

**Kaisa Riitamaa**

***Analogisten langattomien mikrofonien vahvuudet ja yleisimmät ongelmat esityskäytössä***

toukokuu 2008

65 sivua + liite 4 sivua

Tampereen ammattikorkeakoulu

Viestinnän koulutusohjelma

Ääni

Lopputyön muoto: kirjallinen

Avainsanat: langaton mikrofoni, langaton tekniikka, RF-signaali, mikrofoni, ääni

Päättötyössäni tutkitaan pääasiassa analogisten langattomien mikrofonien yleisimpien ongelmien taustalla olevia ilmiöitä sekä teknisiä ratkaisuja. Aihetta pohditaan paikoin hyvin teknisestä näkökulmasta ja paikoin hyvin käytännönläheisestä näkökulmasta.

Työssä käsitellään analogisten langattomien mikrofonien tärkeimpiä ominaisuuksia, sekä näiden ominaisuuksien vaikutusta laitteiston tekniseen suoriutumiseen live-esityksissä. Aiheen käsittelyssä pohditaan itse langattoman järjestelmän lisäksi muun muassa radioaaltojen peruskäyttäytymistä, lain asettamia rajoituksia, langatonta monitorointia sekä langatonta mikrofonijärjestelmää hankintana.

Työssä pohditaan myös paljon langattomien mikrofonien käytöstä ja kulumisesta aiheutuvia ongelmia. Myös esiintyjän näkökulma langattomiin mikrofoneihin huomioidaan tutkintotyössä vahvasti. Tutkintotyötä varten toteutettiin käyttäjäkysely Tampereen Työväen Teatterissa vuonna 2008. Kysely löytyy työstä liitteenä.

Osana lähdeaineistoa haastateltiin muun muassa Tampereen Työväen Teatterin äänimestari Jarkko Tuohimaata. Muita tärkeitä tiedonlähteitä ovat olleet muun muassa Tim Vearin artikkeli Selection and Operation of Wireless Microphone Systems sekä Viestintävirastosta saamani tiedot.

# THESIS SUMMARY

**Kaisa Riitamaa**

***The benefits and most common problems regarding analog wireless microphones during live shows***

May 2008

65 pages + appendix 4 pages

TAMK University of Applied Sciences

Media Programme

Sound Design

Written

Thesis supervisor: Petteri Rajanti

Keywords: wireless microphone, wireless technique, RF-signal, microphone, sound

## **Abstract:**

This degree work mainly studies the phenomena and technical solutions behind the most common problems regarding analog wireless microphones. The subject is being dealt periodically from a very technical point of view and from a very practical point of view.

The degree work explores the most important features of the analog wireless microphones. It also investigates the influences of these features regarding the technical performance of the equipment during live shows. The subject includes for example exploring the whole wireless system, the basic behavior of the radio frequency signal, the limitations set by the law, the wireless monitor systems and the wireless microphone system as a purchase.

This diploma work also studies the problems caused by the usage of analog wireless microphones. A performers aspect of using the wireless microphones is also highly considered. An enquiry for the users was carried out in Tampereen Työväen Teatteri in the year 2008. The enquiry is attached to this diploma work as an appendix.

A part of the source material of this work is also an interview with Jarkko Tuohimaa who works as a sound engineer at Tampereen Työväen Teatteri. The other main sources of the work have been for example Tim Vear's article Selection and Operation of Wireless Microphone Systems and the information I have managed to gain from Viestintävirasto.

## Sisällys

<b>1 Johdanto.....</b>	<b>6</b>
<b>2 Radioaaltolähetyksen perusteita.....</b>	<b>8</b>
2.1 UHF ja VHF.....	9
<b>3 Langattoman mikrofonisetin osat.....</b>	<b>13</b>
3.1 Mikrofoni.....	14
3.2 Lähetin.....	17
3.3 Vastaanotin.....	21
3.4 Antennit.....	23
3.4.1 Antennisplitterit.....	28
3.4.2 Antennikaapelit.....	29
<b>4 Langattomien mikrofonien tärkeimpiä toimintaperusteita lähemmin tarkasteltuna.....</b>	<b>31</b>
4.1 Diversiteetti.....	31
4.2 Modulointi.....	35
4.3 Kompanderi.....	35
4.4 Emphasis.....	36
4.5 Squelch.....	36
4.6 RF-signaalin kaistanleveys.....	38
4.7 Kideohjatut ja taajuussynteesiä käyttävät järjestelmät.....	39
4.8 PLL, Phase locked loop.....	40
<b>5 Laki.....</b>	<b>42</b>
<b>6 Yleisimmät ongelmat.....</b>	<b>44</b>

6.1 Käytöstä johtuvat ongelmat.....	44
6.2 Esitystilasta johtuvat ongelmat.....	47
6.3 Muita huomioitavia ongelmia aiheuttavia seikkoja.....	49
6.3.1 Intermodulaatio.....	50
<b>7 Vahvuudet.....</b>	<b>54</b>
7.1 Langaton monitorointi.....	55
<b>8 Esiintyjän näkökulma.....</b>	<b>58</b>
8.1 Käyttäjäkyselyn analysointi.....	59
<b>9 Langattoman järjestelmän hankkiminen.....</b>	<b>61</b>
<b>10 Yhteenveto.....</b>	<b>63</b>
<b>11 Lähteet.....</b>	<b>64</b>
<b>12 Liitteet.....</b>	<b>66</b>
12.1 Käyttäjäkysely.....	66

# 1 Johdanto

Langattomiin mikrofonit eli radiomikrofonit ovat tulleet jäädäkseen. Langattoman tekniikan toimintavarmuuden kasvaessa ja hankintahintojen laskeutuessa ne ovat jokaisen ulottuvilla. Radiomikrofoneihin törmää kirkkoissa, tanssi- ja liikuntatunneilla, bingoissa, messuilla, karaokessa, teatterissa, live-keikoilla ja erilaisissa äänitystilanteissa. Vaikka langattomien mikrofonien käyttöön liittyykin kosolti ongelmia, ovat niiden vahvuudet korvaamattomia.

Langattomista mikrofoneista on kuitenkin saatavilla vain niukasti perustavanlaatuista tietoa. Vain harva käyttäjä ymmärtää kunnolla niiden toiminnan päälle. Ongelmien ilmetessä usein ihmetellään ja manataan langattomien mikrofonien olevan epäluotettavia häiriösyöppöjä. Ammattimaisen käytön kannalta on kuitenkin tärkeää oppia ymmärtämään langattomiin mikrofoneihin liittyvää tekniikkaa sekä radioaaltojen peruskäyttäytymistä. Kokonaisuuden ymmärtäminen auttaa käyttäjää ongelmanratkaisussa.

Loppuyössäni olen pyrkinyt tutkimaan radiomikrofonien yleisimpien ongelmien taustalla olevia ilmiötä. Käsittelen aihetta analogisten live-esityksissä käytettävien radiomikrofonien kautta. Luonnonlait määräävät kehyksen ongelmatekijöille. Itse tekijät voivat taas olla luonteeltaan joko teknisiä, inhimillisiä tai taloudellisia.

## 2 Radioaalto­lähet­yksen perusteita

Radiomikrofonien toiminta perustuu radioaaltoihin. Ongelmanratkaisun kannalta on tärkeää oppia ymmärtämään kuinka radioaallot käyttäytyvät. Tässä kappaleessa olen pyrkinyt tuomaan esille radioaaltoihin liittyviä tärkeimpiä fysikaalisia ominaisuuksia.

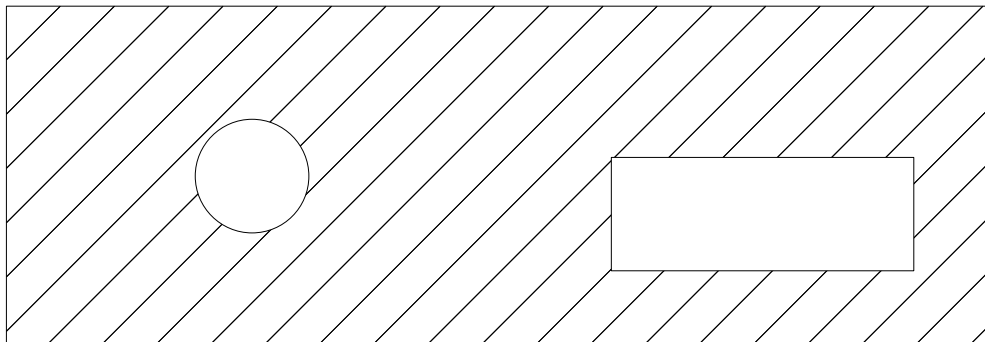
Radioaallot ovat taajuusalueen 3 Hz–300 GHz sähkömagneettista säteilyä. Yksinkertaisesti esitettynä radioaaltojen synty on seuraava. Oletetaan, että kahden pisteen väliin on kytketty sähköinen jännite. Jännite katkaistaan hyvin nopeasti. Sähkökenttä alkaa hävitä, mutta sen muuttuminen synnyttää magneettikentän. Jos väliaine on häviötöntä, kaikki sähkökenttään varastoitunut energia muuttuu magneettikentäksi. Kun sähkökenttä on hävinnyt, magneettikenttä on saavuttanut maksimiarvonsa ja alkaa vuorostaan hävitä. Tämä synnyttää taas sähkökentän ja prosessi toistuu jaksollisesti. Näin syntynyt sähkömagneettinen kenttä leviää ympäristöönsä valon nopeudella. (Myös valo on sähkömagneettinen aalto). Käytännössä radioaalto nykyisin synnytetään ajamalla johtimen läpi suurtaajuinen sähkövirta. Siinä syntyvä magneettikenttä siirtää energian radioaallosi. (Wikipedia, 2007.)

Radioaalloilla on siis sähkökenttä ja magneettikenttä. Ne ovat elektromagneettista energiaa. Radioaaltojen avulla voidaan kuljettaa erilaista tietoa langattomasti lähettimeltä vastaanottimelle antennien avulla. Radioaallot mahdollistavat esimerkiksi audion, datan ja videon siirtämisen langattomasti. Radioaallot kulkevat tyhjiössä valonnopeutta, eivätkä tarvitse ainetta välittyäkseen paikasta toiseen. Käytännössä luonnossa harvemmin kuitenkaan törmää tyhjiöön, ja radioaallot joutuvat matkaamaan erilaisten esteiden ja aineiden, esimerkiksi ilman läpi. Nämä esteet hidastavat matkantekoa. Se, millaisessa väliaineessa aalto kykenee matkaamaan, riippuu signaalin taajuudesta ja sitä kautta aallonpituudesta. Väliaineessa matkaamiseen vaikuttaa myös väliaineen tiheys. Mitä järeämpää materiaa aine on, sitä huonommin aalto pääsee siinä kulkemaan. Yleensä ottaen voidaan sanoa että mitä korkeampi taajuus, sitä huonommin se läpäisee esteitä.

Etenkin aaltojen tiellä olevat metalliset esteet vaikuttavat signaalin laatuun. Ne kykenevät heijastamaan signaalin. Myös esteet joissa ei ole metallia heikentävät

radiosignaalia, mutta ne eivät kuitenkaan kykene heijastamaan signaalia. Langattomia mikrofoneja käytettäessä esimerkiksi teattereissa, saattaa ongelmaksi toisinaan muodostua muun muassa näyttelijän oma keho. Yleensä käytössä on suhteellisen korkeita taajuuksia eli lyhyitä aallonpituuksia. Ihmiskeho on omiaan vaimentamaan jo muutenkin lähetysteholtaan heikkoa signaalia.

Tärkeimpiä ominaisuuksia RF-signaalin (Radio Frequency) kulkeutumisessa ovat esteiden koko, muoto, lokaatio, aineen koostumus sekä käytössä olevan signaalin aallonpituus. Oletetaan että radioaallon tiellä on este, josta se ei pääse heijastumaan, eikä kulkemaan sitä pitkin. Mikäli este on kooltaan suurempi kuin signaalissa käytettävä aallonpituus, ei radioaalto pääse kulkeutumaan sen läpi. Esteessä saa olla myös reikiä, mutta mikäli reikien läpimitta on lyhyempi kuin aallonpituus, ei radioaalto edelleenkään pääse kulkeutumaan siitä läpi. Jos este on metallinen sekä sattuu olemaan samanmittainen tai leveämpi kuin käytettävä aallonpituus, tapahtuu ilmiönä heijastuminen.



Aallonpituus

**Kuvassa on havainnoillistettu este. Este on kokonaisuudessaan suurempi kuin käytettävä aallonpituus. Siksi radioaalto ei pääse sen lävitse. Mikäli este olisi metallinen, radioaalto heijastuisi siitä. Esteessä on kaksi reikää. Ympyränmuotoinen reikä on liian pieni aallonpituudelle. Radioaalto ei pääse sen läpi. Suorakulmion mallinen reikä on suurempi kuin aallonpituus. Siitä radioaalto pääsee läpi.**



Lukuisat heijastumiset heikentävät radioaaltoa. Aalto menettää suuntaavuutensa ja liittyy osaksi radioaaltojen muodostamaa kohinaa (radio noise, RF-noise). Radioaaltojen kenttä muodostuu suorista aalloista, heijastuneista aalloista sekä kohinasta.

Langattomissa mikrofoneissa hyödynnetään radioaaltoja. Niiden avulla saadaan audiosignaali siirrettyä langattomasti mikrofoniasta mikserille. Tässä RF-tekniikassa radioaalto kuljettaa audiosignaalin informaation mukanaan eli toimii audiosignaalin ”carrierina”. Kaikki tämä tapahtuu modulaation ja de-modulaation avulla, joista kerron tarkemmin myöhemmin.

Radioaaltolähetysten häiriöistä puhuttaessa viitataan usein interferenssiin. Radio Frequency Inteference eli lyhennettynä RFI tarkoittaa suomeksi suurtaajuushäiriötä.

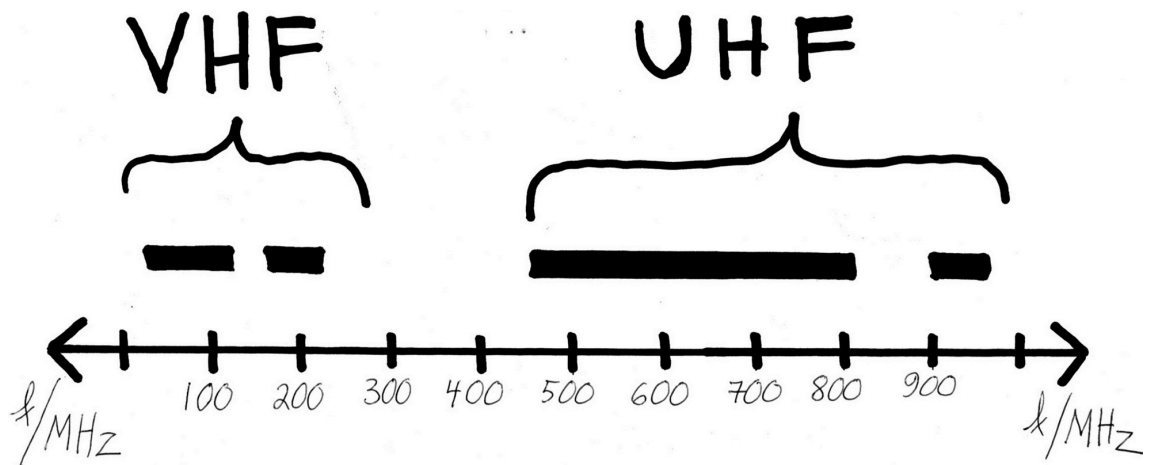
Radioaaltojen ensisijaisia käyttäjiä ovat radio, TV, matkapuhelimet yms. Langattomat mikrofonit luetellaan toissijaisiin käyttäjiin. Tämä tarkoittaa sitä, ettei langattomien mikrofonien käyttö saa häiritä radiotaajuuksien ensisijaisia käyttäjiä. Taajuuksien käyttöä valvoo ja rajoittaa Viestintävirasto.

Langattomissa mikrofoneissa käytettävä tekniikka on pääpiirteiltään samanlaista kuin esimerkiksi radiolähetyksissä tarvittava tekniikka.

## **2.1 UHF ja VHF**

VHF (very-high frequency) ja UHF (ultra-high frequency) ovat tiettyjä radioaaltokentän taajuuskaistoja. Näiden kaistojen taajuuksia käytetään yleisesti langattomissa mikrofoneissa. Wikipedian (2008) mukaan VHF-kaista kulkee radioaaltoalueella 30MHz-300MHz. Saman lähteen mukaan UHF-kaista kulkee alueella 300MHz-3GHz.

Nimenomaa langattomissa mikrofoneissa käytössä olevat VHF ja UHF -kaistoilla sijaitsevat taajuudet vaihtelevat maittain. Shuren sovellusinsinööri Tim Vear on dokumentissaan Selection and Operation of Wireless Microphone Systems (2003) luokitellut Yhdysvalloissa radiomikrofonien käytössä olevat VHF ja UHF-taajuudet tarkkaan. Vearin (2003) luokittelun mukaan radiomikrofoneilla on käytössään VHF-kaistalta alueet 29-108MHz ja 169-219MHz. Korkeammalta UHF-kaistalta käytössä on alemmat taajuudet alueella 450-806MHz ja ylemmät alueella 900-952MHz. '



Kuvassa Vearin (2003) kaistaluokittelun mukaan tehty taulukko.

Ihmisen kuulon yltäessä 0,020MHz:in voimme hieman suhteuttaa kuinka korkealla taajuusasteikolla mennään. UHF ja VHF-kaistaa käyttäviä laitteita voi huoletta käyttää yht`aikaa saman katon alla. Käytettävät taajuudet eroavat nimittäin aina toisistaan. VHF-kaista on aina alempana kuin UHF-kaista.

Alemmasta sijainnista johtuen VHF-kaistan taajuuksilla on pidempi aallonpituus, joten ne läpäisevät myös paremmin esteitä kuin UHF-kaistan taajuudet. VHF-kaistaa käyttävät langattomat mikrofonit ovat myös paljon halvempia kuin UHF-kaistaa käyttävät. Tosin alemmilla taajuuksilla on suurempi interferenssin, eli radiotaajuisen häiriön vaara. Muun muassa radio noisen aiheuttama monitaajuuksinen kohina on voimakkuudeltaan suurempaa. VHF-kaistan laitteistoon ei myöskään yleensä kuulu diversiteettivastaanottimia, vaan yhden antennin vastaanottimia. Tämän vuoksi VHF-kaistan langattomaan kenttään syntyy herkemmin kuolleita kohtia (dead spot), jotka aiheuttavat signaalin katoamista (drop out). Lisäksi signaalin kumoutuminen on yksi ongelma. Diversiteetistä kerron tarkemmin lisää kappaleessa 4.1 Diversiteetti. Lisäksi VHF-kaistan lähetin ja vastaanotin toimivat usein vain yhdellä ja samalla taajuudella, mikä ei ole vaihdettavissa. Tämä tuottaa vaikeuksia muun muassa ongelmanratkaisuun. Monet äänenlaadulliset seikat ja suoranaiset häiriöt signaalissa nimittäin saattavat usein korjaantua sillä, että antennin paikkaa vaihdetaan, tai sillä, että lähettimen ja vastaanottimen taajuutta vaihdetaan.

Huonoimmat ominaisuudet VHF-kaistassa kuitenkin liittyvät sen kapeaan taajuuskaistaan. Yleensä järjestelmissä jokaisella lähettimellä ja vastaanottimella on oma taajuus ja tällä taajuudella oma kaistanleveys. Eli jokainen käytettävä taajuus ikään kuin syö tietyn määrän käytettävissä olevaa taajuuskaistaa. Tämän vuoksi lähettäviä ja vastaanottimia ei saa samaan tilaan rajattomasti. Tästä aiheesta kerron tarkemmin kappaleessa 4.6 RF-signaalin kaistanleveys. Tim Vearin (2003) mukaan VHF-kaistalle mahtuu lähettäviä 10-12 kappaletta. UHF-kaistalla tämä luku kuitenkin kymmenkertaistuu. UHF-kaistalle lähettäviä saa peräti 100 kappaletta.

Korkeampitaajuisesta UHF-kaistastakin löytyy huonoja ominaisuuksia. Mikäli UHF ja VHF-kaistojen jotain taajuutta lähetetään samalla lähetysteholla, kulkevat UHF-kaistan taajuudet aina lyhyemmän matkan. Niillä on siis lyhyempi kantomatka. VHF-kaistaa käyttävät vastaanottimien ja lähettimien antennit voivat siis olla kauempana toisistaan kuin UHF-kaistan antennit. UHF:ssä pidetäänkin usein tärkeänä, että lähettimellä ja vastaanottimella säilyisi jatkuvasti näköyhteys. UHF-kaistan taajuudet synnyttävät myös enemmän heijastuksia pieniltä metallipinnoilta. Tämä sotkee signaalia ja vaikeuttaa sen kulkemista. Lisäksi sen antennikaapeleissa signaalihävikki on suurempi kuin VHF-laitteiden kaapeleissa. Kaiken kukkuraksi UHF-kaistaa käyttävä laitteisto on myös kalliimpaa.

Mutta ei pahaa ilman hyvää syytä. Pienemmät käytettävät aallonpituudet mahdollistavat pienempien antennien käytön. Huomaamattomuus on usein valttia. Käytettäessä useita langattomia mikrofoneja yhtäaikaan UHF-kaistalla on myös mahdollisuus suurempaan ”deviation:iin” kuin VHF-kaistalla. Deviation tarkoittaa modulaation maksimimäärää. Näitä asioita käsittelen tarkemmin kappaleessa 4.2 Modulointi. Tämä mahdollistaa laajemman taajuuskaistan ja dynamiikan käytön. Lisäksi UHF-kaistan langattomissa mikrofoneissa käytetään laajasti diversiteettivastaanottimia. Tämä on tehnyt UHF-tekniikasta luotettavaa ja käyttövarmaa. UHF-kaistan langattomat ovat myös paljon epäherkempiä erilaisille häiriöille. Lisäksi UHF-kaistalle saadaan käyttöön useampia langattomia mikrofoneja yhtäaikaan. Tämä onkin elintärkeä seikka suuremmille projekteille, kuten musikaaleille.

Nykyisin ammattikäyttöön tarkoitetuissa laitteissa käytetään lähinnä vain UHF-kaistaa. VHF-kaistan langattomiin mikrofoniin törmää lähinnä paikoissa, joissa lähettimen ja

vastaanottimen etäisyys on suhteellisen lyhyt ja käytössä on vain pari langatonta mikrofontia. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi baarien karaokset ja pubibändien livekeikat.

### 3 Langattoman mikrofonisetin osat

Radiomikrofonien historia alkaa 1960-luvulta. Vuosien mittaan useat valmistajat sekä yksityishenkilöt ovat yrittäneet ottaa kunnian langattomien mikrofonien keksimisestä. Ketään yksittäistä keksijää on kuitenkin vaikea nimetä. Kehityksen alussa langattomat mikrofonit olivat epäluotettavia patterisyyppöjä ja kaikkine osineen suurikokoisia. Nykyään kehityksessä ollaan kuitenkin päästy pisteeseen, jossa laitekoot ovat toisinaan hyvinkin pieniä ja luotettavuus huippuluokkaa.

Ajan kehitystrendinä tuntuu olevan digitalisoituminen. Tampereen Työväen Teatterin äänimestari Jarkko Tuohimaa kertoo henkilökohtaisessa tiedonannossaan (5.3.2008), että myös langaton mikrofoniseti voidaan muuttaa tekniikaltaan kokonaan digitaalisiksi aina mikrofonin vahvistukseen asti. Markkinoille onkin viime aikoina tullut joko osittain tai kokonaan digitaalisia langattomia mikrofoneja. Ne mahdollistavat analogisia paremman äänenlaadun sekä luotettavuuden. Digitaalisuuteen astuminen on myös muuttanut radioaaltokentän käyttöaajuuksia. Ajan saatossa radiomikrofonien digitalisoituminen tuokin alaan väistämättä muutoksia ja uusia mahdollisuuksia.

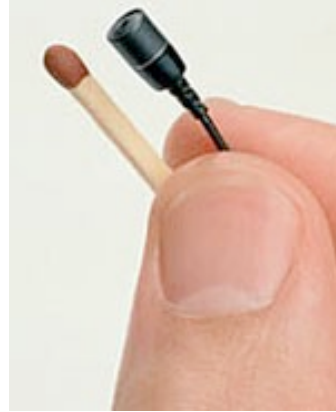
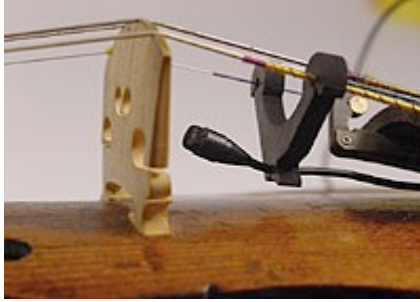
Tässä tutkintotyössäni keskityn ainoastaan analogisiin radiomikrofoneihin. Nykyajan langattomaan mikrofonisettiin kuuluu neljä tärkeää eri osa-aluetta: mikrofoni, lähetin, vastaanotin sekä antennit. Mikrofoni ja lähetin ovat esiintyjällä. Vastaanottimet löytyvät yleensä mikserin läheltä, paikasta josta vastaanotetut signaalit on helppo kytkeä eteenpäin mikseriin.



**Kuvassa Shuren UHF-R sarjan vastaanotin, taskulähetin sekä kapula.**

### 3.1 Mikrofonit

Mikrofonit voidaan jaotella kahteen eri tyyppiin; nappimikrofoneihin (lavalier) sekä kapulamikrofoneihin. Nappimikkejä voidaan myös kiinnittää suoraan soittimiin, esimerkiksi kontrabassoon.



**Tässä kuvia nappimikrofoneista. Vasemmalla mikrofonomallia DPA:lta ja oikealla Sennheiserilta.**

Yleisin suuntakuvio nappimikrofoneissa on pallo, tosin suuntaaviakin nappimikrofoneja on. Pallokuvion hyviä puolia on sen epäherkkyys tuulen ja hengityksen aiheuttamille painemuutoksille. Lisäksi pallokuvioitujen mikrofoniin ovat epäherkempiä myös mekaanisen hankauksen aiheuttamille häiriöille. Kapulamikrofoneissa taas herttakuvio on käytännöllisempi. Esimerkiksi rokkikeikoilla lavalla on usein hyvin meluisaa. Onkin tärkeää että jokainen mikrofoni pystyy parhaansa mukaan nappaamaan juuri oman instrumenttinsa, langattomista puhuttaessa yleensä laulajan äänen. Pallokuvioisten mikrofoniin kanssa vuodot koituisivat melkoiseksi ongelmaksi. Monitorointi sekä saliaänen tekeminen olisi hankalampaa sekä huomattavasti paljon kiertoherkempää.

Nappimikrofoneja käytettäessä syynä on usein tietenkin liikkumisen vapaus. Vapaus tanssia ja heiluttaa käsiä ilmassa, vapaus selata luentolehtistä kädessä ja vaihdella diakuvia. Mikäli suurta huolta ei esiintyjän liikkumisesta ole, voidaan nappimikrofoni asentaa klipsulla kiinni vaatteeseen. Lähettimen voi piilottaa vaikka taskuun. Tämä toimii usein esimerkiksi erilaisissa luentotilaisuuksissa tai haastatteluissa.

Tämäntyyppisissä tilaisuuksissa mikrofoniin näkymiselläkään on harvoin suurta merkitystä.

Onko kuitenkin myös tilanteita joissa halutaan mikrofonin olevan yleisölle mahdollisimman näkymätön ja esiintyjälle huomaamaton. Tämänkaltaisia tilaisuuksia ovat esimerkiksi tanssi- ja teatteriesitykset sekä elokuvien äänitustilanteet. Elokuvien äänityksessä tärkeää on nimenomaa mikrofonin näkymättömyys. Live-esityksissä näkymättömyyttä tärkeämpi seikka on yleensä käyttömukavuus. Mikäli soundi- tai kierto-ongelmia ei synny, voidaan mikrofoni asentaa korvan juureen, hattuun, partaan, rintaan tai vaikka peruukkiin.

Mikäli esityksessä monitoroidaan nappimikrofonia käyttävää esiintyjää, kannattaa mikrofonin paikkaan kiinnittää erityistä huomiota. Tällöin mikrofonia ei ole yleensä mahdollista saada kovin näkymättömiin. Mikrofonin ei voi olla liian kaukana suusta, sillä tämä aiheuttaa turhan riskaabelia kiertoherkkyyttä. Vakiintunut tapa live-esityksissä on kiinnittää nappimikrofoni teipillä esiintyjän poskeen tai otsaan. Tämä minimoii mikrofonin liikkumisesta ja vaatteiden hankauksesta syntyviä häiriöitä. Nappimikrofonin johto kannattaa teipata myös yläselkään kiinni. Tällöin johto pysyy selän takana eikä aiheuta esityksen keskellä keskittymistä häiritseviä tilanteita.

Äänittäessäni lyhytelokuvia ja dokumentteja, olen huomannut näyttelijän/haastateltavan liikkuesssa rintaan asennetun nappimikrofonin aiheuttavan usein melkoista kohinaa, rohinää ja pauketta. Tämä johtuu siitä että jokin koskettaa, hinkkaa mikrofonia. Nappimikrofoni tulisi aina suojella mahdollisimman hyvin kaikelta ulkopuoliselta liikkeeltä. Vaatteiden hankaaminen mikrofonia vasten on luultavasti yleisin kohinan syy. Tätä ilmiötä voidaan korjata esimerkiksi asettamalla kaksipuoleinen teippi ihon/paidan ja mikrofonin väliin. Lisäksi olen kuullut käytettävän toisinaan häiriöiden minimoimiseksi rautalangasta tehtyä pientä kehikkoa. Konstit ovat monet ja kaikkea kannattaa aina kokeilla. Tekokuiduista tuleva staattinen sähkö on myös nappimikrofonien paha vihollinen. Tätä varten on onneksi olemassa sprayä, mitä voi esim, suihkuttaa vaatteelle ennen mikrofonin laittoa. (Olettaen tietysti että kyseessä on näyttelijä ja puvuston vaatteet). Näistä kohisevista syistä johtuen olenkin käyttänyt äänitustilanteissa nappimikrofonia lähinnä varakanavana.

Yleistä monille esiintyjille on myös head setin käyttäminen. Jotkut esiintyjät kokevat head setin epämiellyttäväksi, toiset taas käyttävät vain niitä. Joskus esimerkiksi puheohjelmissa ja messuilla nähtävissä esitelmissä on hienomman ja

ammattimaisemman näköistä jos esiintyjillä ja haastateltavilla on head setit. Toisinaan taas teatterissa saatetaan haluta mikrofonit niin piiloon kuin mahdollista, jolloin nappimikrofonit teipataan ennemmin ihoon kiinni.

Nappimikrofoneissa mikrofonikapselin päälle voidaan laittaa erilaisia grillejä, joilla voidaan vaikuttaa soundiin. Onko kyseessä puhe-esitys vai musikaali? Esimerkiksi meluisissa halleissa voidaan käyttää keskiääniä ja yläpäättä korostavaa grilliä puheen selkeyttämiseen. Muhkeampaa soundia taas toivotaan esimerkiksi musiikkiesityksiin. Soundin muokkaaminen kannattaa siis aloittaa jo signaaliketjun alkupäästä, jolloin ekvalisaattorille jää vähemmän korjattavaa.

Pienen pienet nappimikrofonit voivat olla nykyään hyvin laadukkaita. Tietenkin tämä on myös rahakysymys. Huonojakin löytyy. Laadukkaista nappimikrofoneista otan esimerkiksi DPA:n mikrofonit. Äänen säröytymistä laadukkaaseen mikrofoniiin huutaessa ei tarvitse enää pelätä. DPA:n sarjan mallien 4060-4063 suurin SPL-taso vaihtelee 134-154dB:n välissä. Nykymikrofonit kykenevät myös nappaamaan ihmiskorvan kuulemat korkeat ja matalatkin taajuudet tasaisesti. Audiosignaali saadaan siis napattua nykykeinoin huomaamattomasti ja puhtaasti, lähes luonnollisen kuuloisena.

Mikrofonien laadun ja eri malleille ominaisten karakterien lisäksi soundit ovat aina riippuvaisia esiintyjän omasta äänestä sekä siitä kuinka kukin osaa ääntänsä käyttää. Ääniä on yhtä monta kuin on ihmisiäkin. Oma ääntänsä voi harjoittaa paremmaksi. Tärkeintä äänenkäytön hallinnassa olisi vahvan äänenpaineen lisäksi ainakin puheen ja laulunsanojen selkeys. Vain pieni osa puheen voimakkuudesta sijoittuu niille keskitaajuuksille jotka ovat olennaisia puheen ymmärrettävyyden kannalta. Jussi Matikainen (2007) on lopputyössään Walneen (1990) viitaten havainnollistanut äänenpainetasojen eroja ääntään harjoittaneella näyttelijällä ja amatöörillä. Normaalikeskustelun äänenpainetaso on noin 50dBA (3m etäisyydeltä mitattuna). Harjaantunut näyttelijä yltää puheessaan 70dBA:n tasolle. Amatööri jää tästä 15dBA:ä. 24 metrin matkalla harjaantuneen näyttelijän äänenpaine on laskenut 52dBA:in. Amatöörin puheesta taas kuulee enää 43dBA:ä. Tämä on jo reilusti alle normaalikeskustelun puhetason. Teatterille ominaisen äänenpohjatason ollessa 30dBA:ä, ollaan siinä pisteessä, että ainakin amatööri tarvitsee vahvistusta äänelleen.



Tosin se, käytetäänkö vain yhdellä ihmisellä mikrofonia on kiinni ohjaajan ja äänisuunnittelijan näkemyksistä.

Soundeihin vaikuttaa myös mikrofonin paikka. Ihmisen kallo resonoi ja vahvistaa tuottamaansa puhetta. Usein nyrkkisääntönä pidetään, että mikrofonin tulisi olla mahdollisimman lähellä suuta. Aina parempaa soundia ei kuitenkaan saa aivan suun vierestä, vaan esimerkiksi poskiluun päältä. Teipattavaa nappimikrofonia laittaessa kannattaa aina huomioida, että joitain esiintyjä häiritsee jos he pystyvät tuon mikrofonin itse poskellaan näkemään. Tällöin mikrofonin paikkaa kannattaa vaihtaa esiintyjälle sopivaksi. Head settiä asentaessa on syytä muistaa, ettei aseta mikrofonia suoraan suun eteen, "puhkun ja puhisen -puhalluskenttään", sillä mikrofoni ja tuuli ovat huono paukkuva yhdistelmä. Mikrofonin paikkaa säätämällä voi päästä eroon myös liian sihahtavista ja suhahtavista s-kirjaimista sekä turhista poskensisäisistä maiskutusaänistä.

Toisinaan äänenlaadullisten ongelmien syntyessä syy saattaa löytyä jo aivan signaaliketjun alkupäästä. Onkin suositeltavaa, että näyttelijöitä tms. esiintyjä, voitaisiin kohteliaasti neuvoa, kuinka pienetkin muutokset mikrofonin paikassa saattavat tehdä suurenkin vaikutuksen soundiin.

### **3.2 Lähetin**

Nappimikrofonilta menee aina ohut johto lähettimelle. Lähettimen on siis oltava mikrofonin välittömässä läheisyydessä. Lähetin on yleensä piilotettu esiintyjän vaatteiden alle. Puhetilaisuuksissa tasku on yleinen piilopaikka. Usein varsinkin teattereissa käytetään myös varta vasten lähettimille tehtyjä pussukallisia vöitä tai henkseleitä. Mikkipussien tekotavalla ja materiaalivalinnalla on väliä. Tärkeintä on että se suojaa lähetintä parhaalla mahdollisella tavalla esimerkiksi kastumiselta, staattiselta sähköltä, putoamisilta sekä mahdollistaa lähettimen parhaan mahdollisen toimintakyvyn. Tärkeää hektisen ongelmatilanteen kannalta on myös pyrkiä asettamaan lähetin aina niin, että sen säätimet ovat helposti käytettävissä ja että tarvittaessa sen vaihto sujuu nopeasti. Lähettimet myös putoilevat herkästi esimerkiksi nopeissa vaatteidenvaihdossa.

Joskus lähettimet ovat olleet kooltaan häiritsevän suuria. Ajan saatossa ne ovat kuitenkin pienentyneet, ja pienenevätkin jatkuvasti. Mitä pienempi lähetin, sen helpompi se on piilottaa ja sitä mukavampi käyttää. Tämä on kuitenkin vaatinut paljon tekniikalta ja nykytilanteessa olemme jo päässeet hyvinkin huomaamattomiin lähettämiin, jotka kuitenkin takaavat tasokkaan audiosignaalin. Esimerkiksi musikaalia suunniteltaessa on lähettimet ja mikrofonit otettava huomioon jo puvustusvaiheessa. Ongelmakohtia mikrofonien osalta voivat olla erilaiset naamiot. Mikrofonin mahtuminen/asentaminen tulee ottaa huomioon jo naamioita suunniteltaessa. Lisäksi pukuja tehdessä on otettava huomioon lähettimen koko. Mikäli puku on täysin vartalonmyötäinen voi lantiolta pullottava lähetin olla esteettisesti häiritsevää. Täysin alastoman näyttelijän huomaamattomaan mikittämiseen voikin pyytää ideoita jo ohjaajalta. Ei siis kannata koskaan epäröidä ottaa yhteyttä teoksen pukusuunnittelijaan, peruukintekijään tai meikkaajaan. Yhteistyöllä kaikki saadaan onnistumaan. Usein kysymys on vain kompromisseista. Kaikilla osapuolilla on kuitenkin sama tavoite: tehdä onnistunut teos joka siemaisee katsojan mukaansa (suspension of disbelief), tehdä elämys.

Tim Vearin (2003) mukaan lähettimen tärkeimmät ominaisuudet ovat lähetysteho sekä antennin tehokkuus. Lähettimen lähetystehoa säädellään Suomessa ja useimmissa muissakin maissa lailla. Antennin tehokkuus taas riippuu antennin koosta, mallista ja asettelusta.

Lähettimet toimivat lukuisilla eri tekniikoilla, riippuen valmistajasta ja valmistajan mallista. Hyvä periaate langattomissa mikrofoneissa yleensä kaiken kaikkiaan on, että mitä halvempi, sitä huonompi. Eri tekniikoita on niin paljon, että monesti ei voi ongelmitta yhdistää edes saman valmistajan eri sarjan vastaanottimia ja lähettämiä.

Lähettimen perustehtävä on ottaa audiosignaali sisään ja moduloida sillä lähettimestä lähtevää radiosignaalia. Eli alkuun tarvitaan oikeanlainen ”input source”, sisääntuleva signaali. Tim Vearin (2003) mukaan hyvä sisääntuleva signaali on tietyn taajuuskaistan rajoissa ja sen jännite on sopiva lähettimeen nähden. Tyypillisesti signaali on joko mikkitasoinen tai linjatasoinen. Lisäksi signaalin impedanssin tulee olla sopiva lähetintä ajatellen. Yleisesti ottaen, jos ”input source” on tavallinen mikrofoni, on signaali mikrofonin taajuusvasteesta riippuen rajattu tiettyyn taajuuskaistaan. Lisäksi signaali on

mikkitasoista sekä matalaimpedanssista. Jos taas sisääntulevan signaalin lähde on esimerkiksi sähkökitara tai sähköpiano jne, voi signaali olla joko mikkitasoista tai linjatasoista, mutta kuitenkin korkeaimpedanssista. Usein tämän tyyppisissä signaaleissa on suuremmat audiosignaalin tasot sekä impedanssit. Esimerkiksi sähkökitaroissa on niiden impedansseille sovitettuja lähettämiä erikseen. Niin sanottu normaali lähetin ei aina käy joka paikkaan. Kaikkea voi toki varovaisesti kokeilla. Tim Vearin (2003) mukaan mikä tahansa lähde saattaa olla käyttökelpoinen, mikäli sen impedanssi ja äänenvoimakkuus vain käy yksiin lähettimen kanssa.

Tärkeimpiä prosesseja yleistä FM-tekniikkaa (frequency modulation) hyödyntävissä lähettimissä ovat esivahvistus, pre-emphasis, kompressor, limiter, signaalin moduloiminen radioaaltoiksi sekä radiosignaalin vahvistus. Joihinkin näistä prosesseista perehdyn tarkemmin kappaleessa neljä.

Lähettimen lähetysteho riippuu merkistä ja valmistajasta, mutta kauttaaltaan voi todeta sen olevan erittäin heikko verrattuna miltei mihin tahansa muuhun radiosignaaliin, vain 10-50mW. Nappimikrofoneihin liitettävistä taskulähettimistä puhuttaessa Tampereen Työväen Teatterissa on tällä hetkellä käytössä Sennheiserin 5000-sarjan SK 5012 lähettämiä sekä evolution-sarjan SK 500 lähettämiä. Näiden lähettimien lähetystehot ovat 30mW. Kokeilussa on tällä hetkelle myös kaksi 5000-sarjan SK 5212 -merkkistä lähetintä. Tämän lähettimen lähetystehon voi säätää joko 10mW:in tai 50mW:in. Tuohimaa (5.3.2008) kertoo ettei suuri lähetysteho kuitenkaan takaa välttämättä hyvää laatua. Vaikka antennit pystyvät nappaamaan RF-signaalin tehokkaammin etäämmältä, ongelmia saattaa ilmetä muun muassa siinä että, suuri lähetysteho rajoittaa käytettävissä olevien häiriöttömien langattomien kanavien määrää.

Pääsääntöisesti voidaan sanoa että Suomessa radiomikrofonien suurin sallittu lähetysteho on 0,050W. Vertailukohteeksi voisi mainita Matti Juutilaisen luentomateriaalissa mainittuja muiden laitteiden lähetystehoja. Tyypillisen FM-radioaseman lähetysteho on 100 000W. Tyypillinen matkapuhelimen lähetysteho on 0,5W. Tyypillinen GPS-satelliitilta vastaanotettava signaali on 0,00000000000000018W. Koska jo pelkkä kännykän lähetysteho on kymmenen kertaa suurempi kuin mikrofoni-lähettimen, on lähettimen antennin on oltava tehokas. Lisäksi UHF-taajuuksilla sillä olisi aina syytä olla näköyhteys vastaanottimen antenniin. UHF-

taajuuksien malleissa käytetään jo hyvinkin lyhyitä aallonpituuksia, joten pienimmätkin esteet signaalin tiellä voivat toisinaan olla kohtalokkaita. Kuten jo aikaisemmin todettu, esteet vaimentavat signaalia, luovat tilaan kuolleita kohtia (dead spot) joista signaalia ei löydy, aiheuttavat signaalin katoamista (drop out) sekä interferenssiä.

Yleisimpiä lähetinmalleja voidaan jaotella taskulähettimiin, kapulaan sekä plug on-lähettimiin. Käytännössä kaikilla näillä malleilla on kullakin erilaisia ominaisuuksia kuten erilaisia antennia sekä vaihtelevia säätömahdollisuuksia.



**Kuvassa vasemmalla Sennheiserin evolution G2 500 -sarjan kapulamikrofoni SKM 945 G2. Keskellä saman sarjan plug on -lähetin SKP 500. Oikealla Sennheiserin 5000-sarjan taskulähetin SK 5212.**

Taskulähettimeen menevä mikrofoni johto voi olla irroitettava tai sitten kiinteästi asennettu. Irroitettava mikrofoni johto luonnollisesti lisää taskulähettimeen monikäyttöisyyttä sekä käyttöikä. Vaikka mikrofoni johdon adapteri olisi tiukasti lähettimeen kiinni, kannattaa johto silti aina myös teipata lähettimeen kiinni. Teippaus toimii tällöin vedonpoistona ja lisää langattoman mikrofoni setin elinaikaa.

Mikrofoni/mikrofoni johto kannattaa aina olla helposti vaihdettavissa live-esitysten ongelmatilanteiden hektisyyden takia. Usein jos jotain on vialla, on syylliseksi paljastunut yleensä mikrofoni tai lähettimeen kiinni olevat adapterit, eikä itse lähetin. Useat valmistajat tekevät erilaisia adaptereita sopiviksi erimerkkisiin mikkeihin, joten tässä suhteessa valinnanvaraa löytyy. Toisaalta voidaan kyllä arvostella eri liittimien kirjon olevan jo sen verran laaja, että toisinaan tietyltä valmistajalta on ”pakko” ostaa kalliita adaptereita vain jotta saisi homman taas toimimaan. Olisikin parempi mikäli

valmistajat voisivat keskenään standardisoida liittimiä, tosin tämä tuskin olisi heille taloudellisesti kannattavaa.

Taskulähetimissä antenni on usein pieni joustava johto. Kuten mikrofonijohtokin, antennikin voi olla joko irroitettava tai kiinteästi asennettu. Joskus taskulähetimissä näkee myös lyhyitä niin kutsuttuja ”rubber duck”-tyyppisiä antennoja. Näissä antenni on pieni tappi toisessa reunassa lähettimen ylä – tai alapuolella. Joskus myös itse sisääntulevan audiosignaalin kaapeli saattaa myös toimia antennina.

Kapulamikeissä lähetin ja antenni löytyvät usein saman kuoren sisältä. Joskus niissä näkee myös pienen ulkoisen antennin. Nämä mallit vaativat vähemmän virtaa pattereilta kuin esimerkiksi tavallinen taskulähetin. Kapulamikrofonit toimivat siis kauemmin luotettavasti.

Plug on-malli taas tarkoittaa lähetintä mikä voidaan kytkeä mihin tahansa normaalin mikrofoniiin. Mikäli plug on-lähetimestä löytyy myös phantomsyöttö, voi sen liittää myös kondensaattorimikrofoneihin. Plug on-malleissa on naaras XLR-liitin sekä sisäinen antenni.

Lähetimissä yksi ongelmia aiheuttava seikka on myös patterit. Pattereiden purkautuessa jännite laskee joten lähettimen on oltava tehokas kestämään pieniä jännitteen vaihteluita. Usein lähetimissä onkin tasavirtamuuntimia jotka nostavat jännitettä halutulle tasolle.

### **3.3 Vastaanotin**

Vastaanottimen tehtävänä on napata hyvä käyttökelpoinen signaali lähettimeltä, antennilta antennille. Vastaanottimissa, kuten lähetimissäkin, käytetään useita erilaisia tekniikoita.

Tärkeimmät hyvän vastaanottimen piirteet ovat Tim Vearin (2003) mukaan antennin tehokkuus, vastaanottimen herkkyys sekä kyky erottaa epämieluisat signaalit halutusta. Hyvä filteri eli suodatin vastaanottimessa onkin sellainen, joka kykenee suodattamaan pois väärät ja interferenssiä aiheuttavat radiosignaalit. Lisäksi vaivana on RF-kohina. Toisinaan haluttu signaali saattaa muuttua niin heikoksi, että taustalla oleva kohina

nousee häiritseväksi. Vaikka lähetin, vastaanotin ja antennit olisivat optimaaliset, lähetetty signaali saattaa heiketä mm. esteiden, metallisten esteiden ja välimatkan takia. Lisäksi signaalin kulkuun vaikuttaa lähetetyn radiosignaalin taajuus ja amplitudi. Ongelmatilanteita ratkoessa on tärkeää muistaa, että 6dB:n nousu lähetetyssä signaalissa lisää kantomatkaa puolella.

Vastaanottimen toimintaa voi yleistäen jaotella kolmeen eri vaiheeseen: radiosignaalin prosessointiin, de-moduloimiseen ja audiosignaalin prosessointiin. Radiosignaalin prosessointivaiheessa tapahtuu muun muassa esivahvistus ja filttäminen eli suodatus. Kyseisistä signaalikulun alussa tapahtuvista prosesseista käytetään usein nimitystä front end. Tämän vaiheen tarkoitus on varmistaa mahdollisimman häiriötön käyttösignaali. De-modulaatio muuttaa radiosignaalin audiosignaaliksi. Audiosignaalin prosessointiosassa taas nostetaan lähettimessä kompressoitu audiosignaali takaisin dynamiikaltaan samanlaiseksi kuin alkuperäinen. Lisäksi yksi tärkeimpiä vaiheita audiosignaalin käsittelyssä on de-emphasis. Näihin prosesseihin perehdyn tarkemmin kappaleessa 4. Langattomien mikrofoniin tärkeimpiä toimintaperusteita lähemmin tarkasteltuna.

Mikäli joskus tulee halu laittaa kaksi vastaanotinta samalle taajuudelle, ei se ole mahdotonta. Kun kaksi vastaanotinta nappaa samaa taajuutta yhtäaikaan, nousee signaalin taso 3dB:ä. Tässä tulee vain muistaa, että mikäli toinen vastaanotin ei enää löydä signaalia, tippuu signaalista 3dB:ä. Mikäli toisella vastaanottimella on jatkuvasti vaikeuksia löytää haluttua RF-signaalia, alkaa saliaani kuulostaa pumppaavalta. Jos vastaanottimien antennit on aseteltu hyvin etäälle toisistaan, esimerkiksi eri tiloihin, syntyy mahdollisen voimakkuudeltaan pumppaavan soundin lisäksi myös toinen ongelma. Mikäli toinen vastaanotin saa signaalista kiinni hyvin heikosti toisen ottaessa sen oikein hyvin, nousee myös toisen vastaanottimen nappaamasta heikosta signaalista johtuva RF-kohina sekä interferenssi. Häiritsevät äänet ja kohinat pumppaavan soundin kanssa tekevät signaalista lähestulkoon käyttökelvottoman. Mutta mikäli tila on sellainen, ettei ole suurtakaan huolta kummankaan vastaanottimen antennien signaalinottokyvystä, voi tätäkin tekniikkaa tarvittaessa kokeilla. Vastaanottimista signaalit jatkavat matkaansa yleensä balansoidun ulostulon kautta mikserille. Sitten audiosignaalit miksataan keskenään. Tim Vearin (2003) mukaan jotkut

automaattimikserit pystyvät jo itsessään kontrolloimaan tällaisen kahden vastaanottimen systeemin aiheuttamia ongelmia.

### 3.4 Antennit

Yksi tärkeimpiä osa-alueita langattomissa mikrofoneissa ovat antennit. Antenni on eräänlainen sähköinen johdin. Yleensä samoja antennejä voidaan käyttää signaalin vastaanottamiseen tai lähettämiseen. Vastaanottimien ja lähettimien antennilla on kuitenkin myös eroja. Normaalitilanteessa lähetin on se, joka lavalla liikkuu ja vastaanotin se, joka pysyy paikoillaan. Lähettimen ja sen antennin on oltava mahdollisimman huomaamattomia. Vastaanottimen antennilla saa taas usein olla kokoakin enemmän. Vastaanottimien antennit ovatkin yleensä tehokkaampia kuin lähettimien.

Lähetystehon ollessa pieni, on tärkeää, että lähettimen ja vastaanottimen antennit voidaan mahdollisuuksien mukaan pitää näköetäisyydellä toisistaan. UHF-kaistan antennissa tämä on tärkeämpää kuin VHF-kaistan antennissa. Antenneja ei kuitenkaan saa laittaa liian lähelle toisiaan, sillä vastaanottimen ensimmäinen RF-signaalin vahvistusvaihe saattaa ylikuormittua. Alle kolmen metrin etäisyyksillä saatetaan liikkua jo heikoilla jäillä. Suhteellisen häiriöttömässä tilassa, laitteistosta riippuen, antennien väli voi olla jopa 300m. Muutoin tulee lisätä antennejä ja antennivahvistimia tai kehittää koko systeemiä erilaiseksi.

Tärkein ominaisuus vastaanottimien antennissa on diversiteetti. Yksinkertaistetusti kyseessä on vastaanotin joka on varustettu kahdella eri antennilla. Diversiteettiä käsittelemme kuitenkin paremmin myöhemmin kappaleessa 4.1 Diversiteetti.

Vastaanottimen antenni nappaa haluttua suoraa signaalia sekä heijastunutta signaalia. Erona signaaleissa ovat amplitudi, saapumisaika sekä vaihe. Vearin (2003) mukaan hyvä signaalin laatu onkin suoran sekä joidenkin heijastuneiden signaalien summa. Tästä seurauksena saattaa olla hyviä tai huonoja vaikutuksia; halutun signaalin vahvistumista tai heikkenemistä. Mikäli signaali jää hyvin heikoksi, nousee RF-noise eli epähaluttu kohina liian häiritseväksi. Suurimpana vaarana yhden antennin vastaanottimissa on signaalin kumoutuminen. Mikäli suoralla ja heijastuneella aallolla on sama amplitudi ja

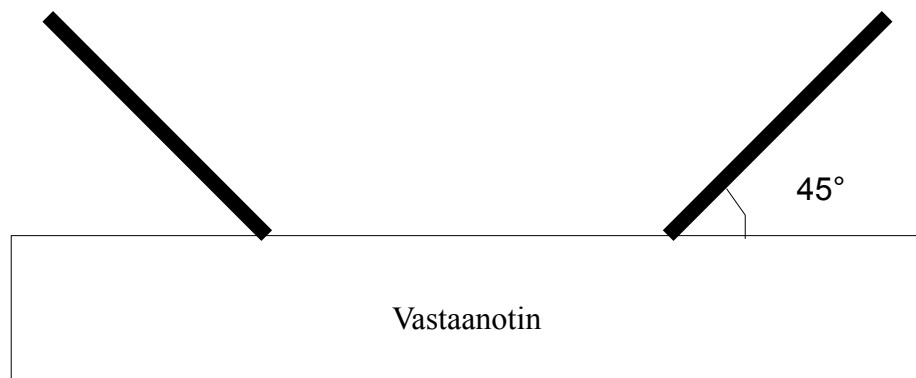
signaalit ovat vastakkaisvaiheessa, menetetään koko signaali hetkellisesti. Tällöin saattaa myös esiintyä äkillistä kohinaa. Korkeammalla UHF-kaistalla signaalin kumoutuminen on todennäköisempää kuin VHF-kaistalla.

UHF-kaistalla on kuitenkin muita suuria hyötyjä antennien suhteen ylempien taajuuksiensa vuoksi. Antennin pituus liittyy aina käytettävään aallonpituuteen. Aallonpituus taas riippuu aina käytettävästä taajuudesta. Koska UHF-kaista toimii pienemmillä aallonpituuksilla, tarvitaan myös pienempiä antennia. Lyhyimmillään antennin tulee olla neljäsosan pituinen käytettävästä aallonpituudesta. Kun antennin kokoa kasvatetaan useamman aallonpituuden kerrannaiseksi, kasvaa myös sen vahvistus (Juutilainen). Esteettisyyden ja sijoittelun hankaluuden kannalta antennit eivät live-esityksissä voi kuitenkaan olla liian suurikokoisia. Normaalit suoraan vastaanottimeen kytkettävät puikkoantennit ovat yleensä pituudeltaan n.  $\frac{1}{4}$  käytettävästä aallonpituudesta. Lisää herkkyyttä saadaan 3dB:n verran, mikäli käytetään antennia joiden pituudet ovat  $\frac{1}{2}$  tai  $\frac{5}{8}$  käytetystä aallonpituudesta.

Niin kutsutuissa Rubber Duckie-antenneissa, mitä olen kuvaillut aikaisemmin, antenni on pienen nupin sisällä kerällä. Kerällä olemisen vuoksi näistä antenneista, vaikka niiden pituus  $\frac{1}{4}$  aallonpituudesta onkin, ei saada lähetetyksi niin laajaa taajuuskaistaa kuin suorassa olevalta antennilta. Kapulamikrofoneissa antenni voi olla myös olla sisään rakennettu, tai sitten antennin virkaa vie mikrofonin kuori. Näissä malleissa antennin pituus saattaa jäädä alle  $\frac{1}{4}$  aallonpituudesta. Nappimikrofoneissa taas antennina voi toimia koko mikrofonijohto. Usein taskulähettimissä on silti oma ulkoneva, joustava antennijohto. Antennijohto saattaa olla asennettu kiinteästi tai sitten se on vaihdettavissa. Vaihdettava antenni luonnollisesti lisää lähettimen käyttöikä. Näitä vaihdettavia antennia voi joissain malleissa saksilla leikata sopivan pituisiksi. Erilaisilla adaptereilla niitä saadaan myös sopimaan erimallisiin lähettimiin. Tämän joustavan antennijohdon tulee olla mahdollisimman suorassa. Häiriöiden välttämiseksi se ei myöskään Erkki Varvion (2004) mukaan saisi koskea mikrofonijohtoa. Näiden ongelmien, ja myös hikoilun vuoksi lähetin onkin, jos vain mahdollista, syytä asettaa esimerkiksi mikrofonipussiin ylösalaisin niin, että antennijohto jää vapaasti roikkumaan alaspäin.



Alaspäin roikkumiseen liittyy myös se, että riippuen siitä miten antenni säteilee, pitää sen asennon olla mahdollisuuksien mukaan tämän säteilykentän mukainen. Suurimman osan langattomissa mikrofoneissa käytettävien antennien suuntakuviot ovat palloja. Tosin suuntakuviot ovat tällöinkin pallo vain kohtisuorassa antenniin nähden. Juutilaisen mukaan kaikki antennit ovat aina jollain tapaa suuntaavia. Tämä selittyy radioaaltojen peruskäyttäytymisellä. Radioaalloilla, kuten jo työn alkuvaiheessa todettiin, on magneettikenttä ja sähkökenttä. Antenneissa tämä tarkoittaa sitä, että toinen kenttä säteilee vertikaalisesti ja toinen horisontaalisesti. Kun sähkökenttä säteilee vertikaalisesti ja magneettikenttä horisontaalisesti, puhutaan vertikaalisesti suuntautuneesta aallosta. Radioaaltoja voidaan polarisoida eri tavoin lähetysantennien avulla (Wikipedia,2008). Olisi suotavaa, että sekä vastaanottimen, että lähettimen antennit kummatkin säteilisivät samoin päin. Kuitenkin lähettimen jatkuvasti liikkuessa lavalla, on mahdotonta olettaa antennin pysyvän jatkuvasti samassa asennossa. Tähän auttaa kuitenkin diversiteettivastaanotin. Kun kaksi antennia on vastaanottamassa lähettimen antennista tulevaa signaalia, voidaan ne suunnata pysty akselilta  $45^\circ$  vastakkaisiin kulmiin (kts.kuva). Tällöin vastaanottimen kyky napata käyttökelpoista signaalia tehostuu.



**Tässä vastaanottimen puikkoantennit on asetettu yleisesti hyväksi havaittuun asentoon.**

Vastaanottimen antennin tehokkuus riippuu myös siitä, missä antenni on kiinni. Mikäli antennin pituus on  $\frac{1}{4}$  aallonpituudesta, eli UHF-taajuuksilla n. 10cm, tulisi antennin olla kiinni metallipinnassa (sieppauspinnassa), joka on kaksikulotteisessa mittakaavassa 10cm pitkä joka suuntaan. Tämä metallipinta voi olla myös rakennettu antennin sisään. Tim

Vearin (2003) mukaan käytettäessä antennia joka on  $5/8$  :a aallonpituudesta, tarvitaan myös yhtä pitkät sivut metallipintaan. Mikäli taas antenni, joka on pituudeltaan puolet käytettävästä aallonpituudesta, on asennettu hyvin, riittää sille sieppauspinnan säteeksi 10cm.

Yleensä perussetissä diversiteettivastaanottimessa näkee kaksi tavallista  $1/4$ -aallonpituusantennia. Nyt kerron kuitenkin tehokkaammista antenneista joilla saadaan parannettua signaalin virheetöntä kulkua. Nämä ovat suuntaavia antenneja ja kooltaan isompia kuin ”tavalliset” antennit. Koska ilmassa on sekä suoraan lähetysaseman suunnasta että muualta heijastuneita radioaaltoja, suuntaava antenni kykenee erottelemaan nämä heijastuneet signaalit pois (Juutilainen). Suuntaavilla antenneilla on usein hyvä sieppauspinta. Vearin (2003) mukaan suuremmalla ja suuntaavammalla antennilla saadaan herkkyyttä lisättyä peräti 10dB:ä verrattuna tavalliseen  $1/4$ -aallonpituusantenniin. Vääristä suunnista tulevien signaalien aiheuttamaa interferenssiä nämä suuntaavat antennit vähentävät jopa 30dB:ä. Nämä antennit tulee suunnata esiintymispaikkaa kohti, mutta pitää silti vertikaaliasennossa, sillä yleensä lähettimienkin antennit ovat vertikaaliasennossa.



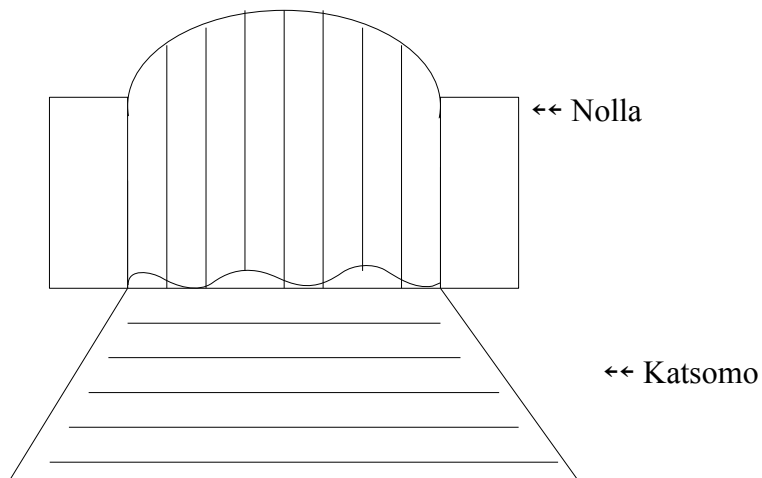
**Kuvassa vasemmalla Sennheiserin A 12 AD UHF-suuntaava aktiivinen antenni. Sen taajuuskaista on 450-960MHz. Kaistanleveys on 36MHz ja suuntakulma n. 100°. Siinä on integroitu 10dB:n vahvistin. Tämä antennivahvistin ei tarvitse erillistä virtalähdettä vaan se saa tarvitsemansa virran vastaanottimelta antennikaapelia pitkin.**

Kuvassa ylhäällä oikealla on saman valmistajan passiivinen ympärisäteilevä A 1031-U-antenni. Sen taajuuskaista on myös 450-960MHz.

Kuvassa alhaalla näkyy samalla taajuuskaistalla toimiva Sennheiserin passiivinen A 5000-CP-antenni. Se on ympyräpolaroitunut (circularly polarized) eli sillä on kyky säteillä ja vastaanottaa RF-signaalia niin vertikaalisesti kuin horisontaalisestikin. Tämä vahvistaa antennin tehokkuutta ja luotettavuutta. Antennin aukeamiskulma on +/- 40°.



↓↓ Näyttämö



Tampereen Työväen Teatterin suurella näyttämöllä on käytössä neljä Sennheiserin suuntaavaa aktiivista antennia. Ne on asetettu piiloon lavan noliin, eli esiintymislavan etulinjaan, sivuille, korkealle. Antennit on suunnattu ylhäältä päin kohti lavan keskikohtaa.

### **3.4.1 Antennisplitterit**

Antennisplittereitä käytetään yleisesti isommissa langattomien mikrofonien järjestelmissä. Ne yksinkertaistavat systeemiä ja vähentävät interferenssiä. Useissa teatteriesityksissä saattaa olla samanaikaisesti käytössä moniakkin lähettimiä ja vastaanottimia. Tampereen Työväen Teatterissa sai ensi-iltansa syksyllä 2007 musikaali Patukkaoppera. Tässä teoksessa oli jatkuvasti käytössä 35 lähetintä/käyttötaajuutta. Kun lähettimiä on tuollainen määrä, ei ole mitään järkeä, että jokaisessa diversiteettivastaanottimessa on kaksi antennia. Tässä vaiheessa otetaankin käyttöön antennisplitteri.

Ajatellaan että käytössä on 30 vastaanotinta ja yksi antennisplitteri pystyy jakamaan signaalin viidelle vastaanottimelle. Ensimmäisestä antennisplitteristä voi signaalin jakaa neljän vastaanottimen lisäksi myös seuraavalle antennisplitterille. Näin voimme jatkaa, muttemme loputtomasti. Splittereitä on kahta eri tyyppiä; passiivisia ja aktiivisia. Passiiviset antennisplitterit hukkaavat signaalista jokaisen splittausen jälkeen 3dB:ä. Niitä ei kannatta käyttää suurissa systeemeissä. Aktiivisissa antennisplittereissä ideana taas on vahvistaa signaalia samalla niin, ettei hävikkiä pääse syntymään. Ne siis toimivat sekä antennivahvistimena että splitterinä. Niitäkään ei kuitenkaan voi määräänsä enempää kytkeä peräkkäin. Signaali kuitenkin huononee laadultaan aina sitä mukaa, mitä enemmän tiellä on välikäsiä.

Järjestelmän havainnoillistamiseksi kerron seuraavaksi esimerkin Tampereen Työväen Teatterissa käytössä olevasta langattomasta järjestelmästä. Oikeastaan siellä on käytössä kaksi eri langatonta mikrofonijärjestelmää. Toinen järjestelmä on Sennheiserin evolution G2 500-sarjaa ja toinen järjestelmä Sennheiserin 3000-sarjaa. Sennheiserin 3000-sarjan vastaanottimiin on yhdistetty Sennheiserin 5000-sarjan taskulähettimet. Evolution G2 500-sarjasta löytyy joukko taskulähtimiä, mutta myös kapulamikrofoneja sekä plug on-lähtimiä. Näillä kahdella sarjalla pystytään toteuttamaan esimerkiksi Patukkaopperan tarvitsemat 35 langatonta mikrofonikanavaa. Kuten jo aikaisemmin mainitsin, on lavan nolliin asennettu kummankin sarjan omat kaksi suuntaavaa antennia. Signaali A saapuu kumpaankin sarjaan lavan vasemmalta puolelta ja signaali B lavan oikealta puolelta. Kummallakin sarjalla on myös oma Sennheiserin aktiivinen antennisplitteri.. Splitteriin saapuu siis sarjan omilta antenneilta

kanavat A sekä B. Splitteri taas jakaa signaalit kahdeksalle kaksikanavaiselle vastaanottimelle. Diversiteettiominaisuuden säilyttämiseksi kukin kaksikanavainen vastaanotin vastaanottaa siis signaalin A ja B oman sarjansa antenneilta. Yhteensä yksi antennisplitteri kattaa 16 mikrofonikanavaa. Kaksi sarjaa kattaa siis yhteensä 32 kanavaa.

Patukkaopperaan tarvittiin kuitenkin 35 kanavaa, joten kolme kanavaa jää määrästä vielä uupumaan. Koska splittereiden jaot ovat täynnä, täytyy noihin kolmeen kanavaan saada antennisignaalit linkittämällä ne muista vastaanottimista. Eli kolme kanavaa tarkoittaa siis kahta kaksikanavaista vastaanotinta. Näihin signaali saadaan jonkin toisen vastaanottimen RF-OUT -liitännöistä.

### **3.4.2 Antennikaapelit**

Langattomaan mikrofonisettiin kuuluu paljon eri osia: johtoja, liittimiä, antenneja, mikrofoneja, vastaanottimia, lähettämiä ja muita komponentteja. Mitä enemmän lähettämiä halutaan samanaikaiseen käyttöön, sitä suurempi järjestelmä pitää kehittää. Mitä enemmän komponentteja signaalin tielle tulee, sitä suuremmaksi järjestelmän kokonaisimpedanssi kasvaa. Suurempi impedanssi taas nostaa aina signaalin hävikkiä. Tässä merkittäväksi osaksi järjestelmää nousevat muun muassa antennikaapelit. Ne kuljettavat radiosignaalin antennilta vastaanottimelle. Yleensä radiomikrofonijärjestelmissä antennikaapelina käytetään koaksiaalikaapelia. Se on kestävä, halpaa ja taipuu hyvin.

Koaksiaalikaapelin lieriömäisen rakenteen keskustassa on keskijohdin jonka ympärillä on eristeainekerros. Tämän ympärillä on putkimainen ulkojohdin ja sen ympärillä muovinen ulkokuori. Koaksiaalikaapelissa edetessään sähkömagneettinen värähtely on rajoittuneena keskijohtimen ja ulkojohtimen väliseen eristeaineeseen. Tämän eristeen ominaisuudet ovatkin ratkaisevat kaapelin laatua arvioitaessa. (Wikipedia,2008.)

Antennikaapeleista puhuttaessa yksi keskeisimpiä määreitä on koaksiaalikaapelin nimellinen impedanssi. Impedanssi tarkoittaa vastusarvoa. Tämä vastusarvo riippuu kaapelin ominaisuuksista sekä kuljetettavan signaalin taajuudesta. Arvo siis saattaa

vaihdella taajuuksista riippuen. Radiomikrofonijärjestelmissä käytettävien koksiaalikaapelien nimelliset impedanssit ovat tyypillisesti 50 Ohmia.

Radiosignaali on luonteeltaan erilaista kuin audiosignaali. Ensinnäkin sen signaalihävikki verrattuna kaapelin pituuteen on paljon suurempi kuin audiosignaalilla. Lisäksi signaali kykenee heijastumaan niistä signaalitien kohdista, joissa impedanssi muuttuu. Eri komponenttien vaihtelevat impedanssit aiheuttavatkin signaaliin häviöitä. Jos kaapelin päihin liitetyt laitteet on suunniteltu toimimaan toisenlaisilla impedansseilla kuin mitä kaapelissa on, sekä kaapeli on pituudeltaan vähintään signaalin suurimman taajuuskomponentin aallonpituuden luokkaa, aiheuttaa impedanssien epäsovitus ei-toivottuja signaalihäviöitä sekä signaalin heijastumista kaapelissa edestakaisin (Engdahl). Tämä vaikuttaa lähetettävän radiosignaalin aaltomuotoon häiritsevästi, seisovia aaltoja saattaa syntyä. Mikäli heijastuneen ja suoran signaalin aikaero on tarpeeksi suuri, saattaa heijastuminen ilmetä myös kaikuna. Ideaalitulanteessa kaikilla antennijärjestelmän komponenteilla olisikin sama impedanssi. Antennin ulostuloimpedanssin tulisi vastata kaapelin impedanssia. Vastaanottimen sisääntuloihin taas voidaan lisätä kaapelin impedanssin suuruinen vastus. Näin voidaan ehkäistä signaalin heijastumista.

Impedanssien yhteensopimattomuutta suurempi hävikkiä aiheuttava ongelma ovat pitkät antennikaapelivedot. Vastaanottimet ja splitterit on usein sijoitettu katsomon perälle tai sen keskelle, samaan kohtaan mistä mikserikin löytyy. Antennit taas olisi parempi vetää lähetyksen kantokyvystä riippuen mahdollisimman lähelle esiintymislavaa/esiintymisaluetta. Tämä saattaa aiheuttaa joskus turhan pitkiä kaapelivetoja. Antennikaapelin tulisi kuitenkin aina olla mahdollisimman lyhyt, sillä mitä pidempi kaapeli on, sitä suurempi signaalihävikki sillä on. Jos tilanne kuitenkin vaatii pitkiä antennikaapelivetoja, kannattaa signaalitien välissä käyttää signaalivahvistimia. Tampereen Työväen Teatterilla 3000-sarjan järjestelmään on väliin lisätty kaapelivahvistin. Vaikka kantomatkat ja etäisyydet antennikaapeleissa ja antenneissa sarjoilla on samat, ei Evolution-sarjassa tarvetta kaapelivahvistimeen ole ollut.

Hyvä kaapeli ei saa hajota pienestä. Sen tulee kestää kovaakin käsittelyä. Lisäksi kaapelissa tulisi olla kiinteä, vankka johdin keskellä. Johtimen ympärillä pitäisi olla kunnollinen eriste sekä häiriösuoja. Hyvä kaapeli kestää myös vettä ja erilaisia sääoloja.

## **4 Langattomien mikrofoniien tärkeimpiä toimintaperusteita lähemmin tarkasteltuna**

Lähetimissä ja vastaanottimissa tapahtuu silmänräpäyksessä useita erilaisia tärkeitä prosesseja. Nämä prosessit, tekniikat ja niiden järjestys vaihtelevat suuresti mallista ja valmistajasta toiseen. Usein ihmetellään langattomien mikrofoniien kalliita hintoja. Saa niitä toki halvemminkin, mutta laatu maksaa. Langattomat mikrofonit sisältävät monenmoista tekniikkaa, ja mikäli yksikin osa-alue on jokseenkin huonosti tehty, saattaa se aiheuttaa häiriötä koko systeemille. Hintaa lisää myös järjestelmän kyky saada useita langattomia kanavia saman tilaan. Mitä enemmän toimivia lähetinlinjoja saadaan, sitä enemmän se vaatii tekniikalta ja sitä enemmän se maksaa. Suurten projektien kynnyksellä langattomista kannattaa maksaa, mikäli haluaa niiden toimivan mahdollisimman optimaalisesti.

Parhaidenkin laitteiden kanssa joutuu toisinaan kikkailemaan jotta kaikki sujuisi moitteetta. Eikä kaikki aina siltikään suju. Parhaatkin lähetimet tippuilevat huolimattomista käsistä lattioille, parhaatkin mikit kastuvat ja radioaallot tulevat aina heijastumaan metallipinnoista ja pysähtymään ylätaajuuksilla juuri siihen tiellä olevaan seinään. Jos lähetimien lähetysteho on vielä heikko, kompanderi laatu huono ja modulointi sinnepäin-osastoa, on signaalin laatu ja kulku jo itsessään parhaimmillakin antennilla höystettynä hyvin heikkoa. Tärkeää siis esitystilanteessa on, ettei ole tyydytty halvimpaan ja huonoimpaan vaihtoehtoon tekniikassa, sillä langattomissa verkoissa riittää työnsarkaa ilman huonoja laitteitakin. Tässä osassa esittelen muutamia lukuisista prosesseista sekä sovelluksista joita signaali käy läpi kulkiessaan mikrofonista vastaanottimen ulostuloon.

### **4.1 Diversiteetti**

Yksi parhampia keksintöjä langattomien mikrofoniien saralla on varmasti ollut diversiteettivastaanottimen keksiminen. Ilman sitä UHF-kaistaa käyttävät laitteet olisivat paljon epävarmempia käyttää. Diversiteettiominaisuus vastaanottimissa onkin saavuttanut ansaitun asemansa ammattipiireissä. Nykyään se on jo välttämättömyys.

Diversiteetillä tarkoitetaan vastaanotinta, jossa on kaksi antennia. Kumpikin antenni pyrkii nappaamaan samaa signaalia. Antennien välin tulisi olla  $1/4-4/4$  käytettävästä aallonpituudesta. VHF-kaistalla tämä tarkoittaa noin 40cm:ä ja UHF-kaistalla n.10cm:ä. Diversiteettivastaanottimissa käytetään monia eri tekniikoita signaalin välittämiseksi eteenpäin. Joissain malleissa vastaanotin selkeästi valitsee aina paremman signaalin. Joissain malleissa vastaanotin taas miksaa nämä kaksi signaalia yhteen. True Diversity -vastaanottimella tarkoitetaan vastaanotinta, jossa itsessään on sisällä kaksi vastaanotinta. Siis kaksi täysin omaa vastaanotinta kummallekin antennille. Nämä kaksi vastaanotinta moduloivat samaan aikaan RF-signaalia audiosignaalksi. Sitten True Diversity-vastaanotin valitsee näistä kahdesta vahvemman audiosignaalin, mikä siirtyy eteenpäin. Usein vastaanottimen näytöltä voi myös seurata kummankin linjan RF-signaalin vahvuutta ja sitä, kumpi linja (A vai B) on milläkin hetkellä käytössä. Kaikki tapahtuu silmänräpäyksessä häiriöttömästi.

Tärkein ominaisuus diversiteetillä on, että se tehokkaasti estää signaalin kumoutumisen. Kuten aikaisemmin olen jo maininnut, niin mikäli yhden antennin systeemissä antenni nappaa suoran äänen ja heijastuneen äänen joilla sattuu olemaan samanlainen amplitudi ja signaalit ovat vastakkaisvaiheessa, tapahtuu äänen kumoutuminen. Lisäksi tilan heijastuksista ja vaimentamisista johtuen saattaa esitystilaan syntyä ns. kuolleita kohtia. Äänen kumoutuminen tai RF-signaalin katoaminen on kuitenkin paljon epätodennäköisempää kahden antennin systeemissä. Etenkin kun antennit vielä asetellaan vastakkaisiin suuntiin  $45^\circ$  kulmiin pysty akselista, on vastaanottimen kyky ottaa haluttua signaalia vastaan paljon parempi.

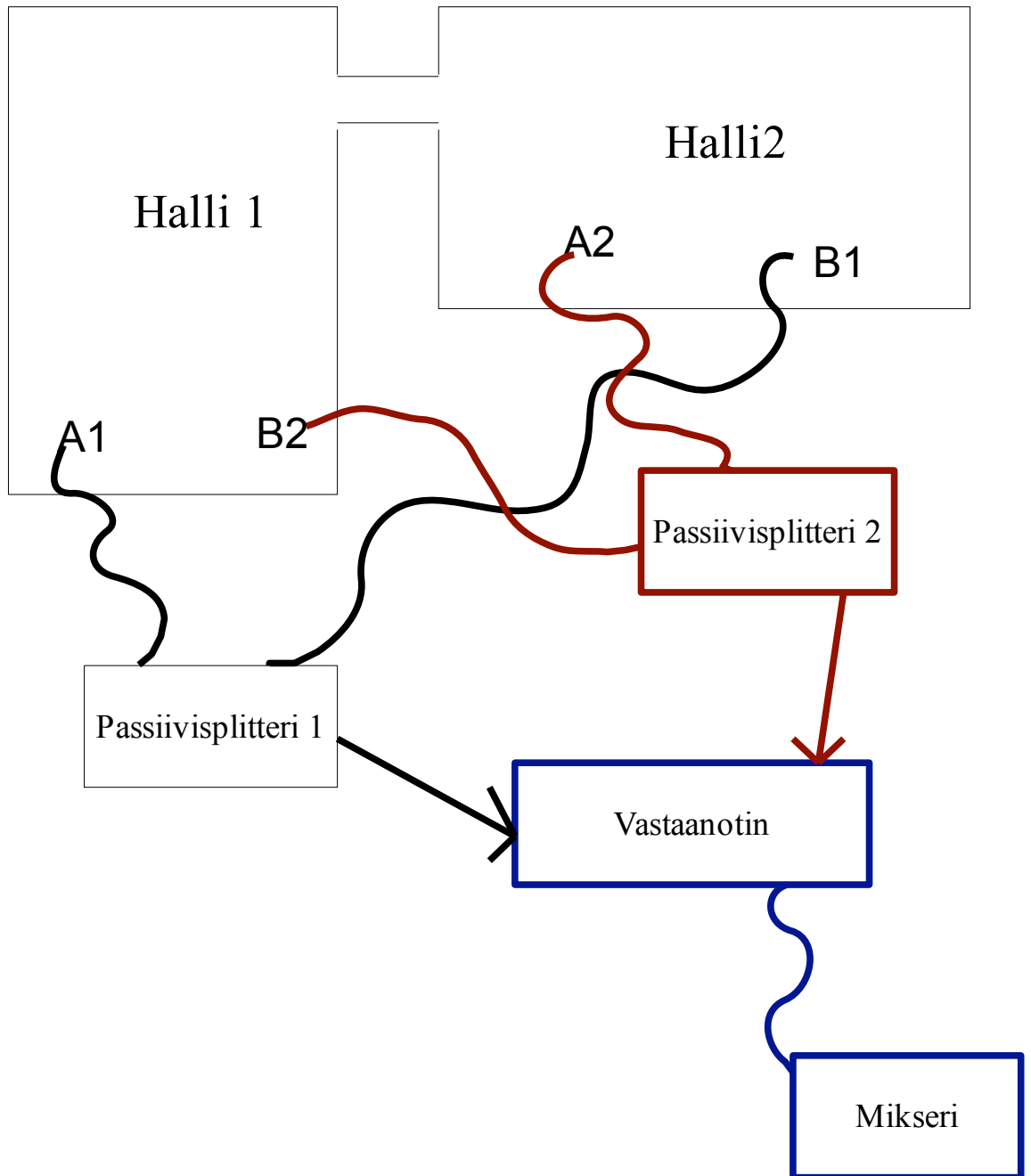
Olen ollut vuosina 2006 sekä 2007 tekemässä Tampereen Tesoman jäähalliin perinteisiä kaksi päivää kestäviä Perhomessuja. Koko halli katettiin katosta lattiaan torvikaiuttimilla sekä tavallisilla kaiuttimilla. Messujen aikana juontaja kulki ympäri hallia langattoman mikrofonin kanssa. Ongelmana messuilla olikin hallin muoto, jonka näet kuvasta sivulta 29.

Halli koostui kahdesta todella suuresta tilasta. Tilojen välillä kulki kapea ja matala käytävä. Koska varsinainen esiintymislava sijaitsi vain toisessa hallissa, päätimme perustaa äänipisteemme sinne. Eli toisin sanoen, veimme sinne mikserin, johon yhdistimme esiintymislavalla tarvittavat langattomat mikrofonit sekä juontajan



mikrofonin. Siitä taas reititimme signaalin kaiuttimien vahvistimille. Koska käytössämme oli rajoitettu määrä kaapeleita, päätimme tehdä kahden hallin kattavan langattoman verkon tällä tavalla: laitoimme juontajan langattoman mikrofonin vastaanottimen yhdyskäytävään. Siitä vedimme linjan A antennin BNC-kaapelilla ensimmäisen hallin kattoon. Linjan B antennin taas vedimme BNC-kaapelilla toisen hallin kattoon. Aina kun juontaja oli toisessa hallissa, käytti vastaanotin antennia A ja toisessa hallissa antennia B. Antennit onnistuivat nappaamaan signaalin hyvin myös yhdyskäytävästä. Itse vastaanottimesta lähti tavallinen XLR-johto mikserille.

Sittemmin olen miettinyt, että Perhomessujen juontajan langattoman verkon voisi toteuttaa tehokkaamminkin. Käytössä olisi kaksi passiivista antennisplitteriä sekä yksi diversiteettivastaanotin. Järjestelmä on havainnoillistettu seuraavan sivun kuvassa.



Kuvassa A1 ja B1 ovat passiivisen antennisplitterin 1:n antennija. A2 ja B2 vastaavasti 2:n. splitterit ja vastaanotin sijaitsevat yhdyskäytävässä, mikseri halli 2:ssa. Koska splittauksia eli signaalin jakamisia tulee vähän, voidaan tässä tapauksessa hyväksyä 3dB:n häviöt signaalissa. Mikäli tapahtumassa olisi käytetty useampia juontokapuloita, olisi ennen vastaanottimia lisätty vielä aktiivinen antennisplitteri.

Tällaisessa järjestelmässä vastaanottimen kumpikin kanava A sekä B saa jatkuvasti signaalia kummastakin hallista. Ongelmana on kuitenkin matala ja kapea yhdyskäytävä. Antennit kannattaisi sijoittaa kattoon hallien siihen päähän mistä yhdyskäytäväkin lähtee. Tällöin ne pystyvät nappaamaan signaalia yhdyskäytävästäkin.

## **4.2 Modulointi**

Tärkeimpiä prosesseja signaalinkulussa on ehdottomasti modulointi. Lähettimessä audiosignaali moduloidaan siinä olevan audio-ohjelman kautta radiosignaaliksi. Audiosignaali ei varsinaisesti muutu radiosignaaliksi, vaan radiosignaali toimii pikemminkin audiosignaalin kuljettajana (carrier). Mikäli tässä modulaatiossa muutetaan radioaallon amplitudia, puhutaan AM-tekniikasta (amplitude modulation). Jos taas modulaatiossa vaihdellaan radioaalloon taajuutta, puhutaan FM-tekniikasta (frequency modulation). FM-tekniikkaa käyttäessä modulointi tapahtuu jänniteohjatun oskillaattorin kautta (VCO). Tätä tekniikkaa käyttävät vastaanottimet ovat yleensä epäherkempiä esimerkiksi valotekniikasta johtuville häiriöille. FM-tekniikka on nykyään lähes standardi langattomien mikrofoniin parissa. FM-tekniikkaa mahdollistaa myös signaalin kuljettamisen stereona. Stereoa tarvitaan usein esimerkiksi IEM (Wireless In-Ear Monitor System) -järjestelmissä. Tästä kerron lisää kappaleessa 7.1 Langaton monitorointi.

Kun vastaanotin on napannut radiosignaalin, riippuen valmistajan mallista, jossain kohtaa signaalikulun prosessointia signaali käy läpi demodulaation. Tässä prosessissa radiosignaali demoduloidaan takaisin audiosignaaliksi.

## **4.3 Kompanderi**

Yksi tärkeimpiä prosesseja signaalinkulussa on myös kompanderi. Juuri kompanderi ja siinä käytetyt erilaiset tekniikat ovat usein syynä siihen miksi erilaiset vastaanottimien ja lähettimien mallit eivät aina käy yksiin. Kompanderilla käsitellään audiosignaalia. Se tarkoittaa prosessia, jossa signaali ensin lähettimessä kompressoitaa.

Vastaanotimessa taas signaali kulkee expanderin kautta. Kompressointi tapahtuu ennen modulaatiota ja dynamiikan laajentaminen taas demodulaation jälkeen. Vearin (2003) mukaan kompressointi tapahtuu yleensä suhteella (ratiolla) 2:1. Jos dynamiikka on

audiosignaaliin alunperin 80dB:ä, kompressoidaan se lähetystä varten 40dB:in. Kompanderilla saadaan nostettua signaalin signaali/kohinasuhdetta (S/N-ratio), rajaa jolloin jokaiseen audiosignaaliin kuuluvaa normaalia taustakohinaa alkaa kuulua. Kompanderin laatu tulee ilmi etenkin RF-signaalin ollessa heikko. Tällöin RF-kohinan ja audiosignaalin normaalikohinan noustessa, kompanderi on ratkaisevassa asemassa siinä, kuinka suureksi haitaksi kokonaisuudessaan häiritsevät kohinat muodostuvat. Kompanderin toiminta perustuu usein siihen, että se itse määrittelee keskiarvoisen äänenvoimakkuuden ja kompressoi signaalia sen mukaan. Vearin (2003) mukaan joissain tapauksissa on mahdollista itse puuttua tämän keskiarvoisen äänenpaineen mittaukseen. Kompandereilla on kuitenkin useita eri toimintatapoja. Niin sanotut level-dependent kompanderit, reagoivat eri tavoin eri äänenvoimakkuuksiin. Multi-band kompanderissa taas kompanderi jakaa audiosignaalin eri taajuuskaistoihin. Näin tehty kompressointi ja ekspansio kykenee säilyttämään audiosignaalin laajemman dynamiikan ja kohinasuhteen.

#### **4.4 Emphasis**

Emphasiksella tarkoitetaan tekniikkaa jossa audiosignaalin taajuusvasteen ylimpiä taajuuksia nostetaan lähettimessä ja taas vastaanottimessa ne lasketaan takaisin alkuperäiselle tasolle. Tämäkin prosessi tehdään ennen modulaatiota ja demodulaation jälkeen. Lähettimessä tapahtuvaa prosessia kutsutaan pre-emphasikseksi ja vastaanottimessa tapahtuvaa prosessia de-emphasikseksi. Tällä prosessilla saadaan vahvistettua audiosignaalin taajuusvasteen yläkerta lähetyksen ajaksi. Yläpäiden kohinasuhde paranee näin 10dB:ä. Samoin subjektiivinen dynamiikka lähetyksen ajaksi kasvaa, kun yläpäätä nostetaan hetkellisesti.

#### **4.5 Squelch**

Aina ennen esitystä on syytä varmistaa tiettyjä asioita. Onko lähettimiin vaihdettu patterit? Toimivatko kaikki kanavat? Yksi tärkeimpiä asioita, ainakin tilaisuuksissa missä ei ole pysyväksi tarkoitettua äänentoistojärjestelmää, on varmistaa squelchin eli kohinasalvan (noise gate) olevan päällä ja toimintakunnossa. Mikäli sitä ei ole säädetty, signaalin kadotessa saattavat RF-kohina sekä muut interferenssiä aiheuttavat signaalit

nousta ongelmaksi. Nämä häiriötä aiheuttavat äänet saattavat yhtaäkkiä kajahtaa ilmaan hyvin suurillakin äänenpaineilla.

Kun halutun RF-signaalin taso muuttuu tarpeeksi heikoksi, on squelchin tehtävä ”mutettaa” signaali eli pysäyttää kokonaan signaalin eteneminen. Tämä suojelee väärin taajuuksien ja RF-kohinan nousemisen vahingossa kaiuttimiin. Kerran todistin tilanteen jossa squelch oli epähuomiossa jätetty kokonaan pois päältä. Kesken esiintyjän juonnon pihalle kajahti todella suurella äänenpaineella silkkaa kohinaa. Äänenpaineen voimakkuus yllätti kaikki. Onneksi asia saatiin korjattua nopeasti siirtämällä välittömästi antennin paikkaa, mutta sitä ennen tilanteessa syntyi hyvinkin kiusallisia hetkiä äänimiehille.

Usein squelchin tarvitsema treshold, eli kynnystaso on määrätty jo tehtaalla insinöörien toimesta. Joskus sen voi itsekkin säätää manuaalisesti. Säädössä siis määritellään se RF-signaalin taso, jolloin signaalin kulku katkaistaan kokonaan.

Kuten niin moni muukin tekninen toteutus, myös squelch-toiminto voidaan toteuttaa monilla eri teknisillä tavoilla. Vear (2003) kertoo teknisestä sovelluksesta nimeltä ”noise squelch”. Radio noise:sta syntyvän audiosignaalin taajuusvasteen yläkerrassa on kosolti enemmän energiaa kuin tavallisen audiosignaalin yläkerrassa. Squelch:lla voidaan säätää jokin referenssitaso tälle audiosignaalin yläkerran energiamäärälle. Sitten sovellus vertaa audiosignaalin yläkerran energian määrää tuohon säädettävissä olevaan referenssitason. Mikäli referenssitaso ylittyy, squelch ”mutettaa” välittömästi signaalin. Tämä tekninen sovellus mahdollistaa langattoman linjan toimimisen ilman pelkoa hyökkäävästä kohinasta vielä hyvin heikoillakin RF-tasoilla.

Squelchiin liittyy myös yksi tärkeä ominaisuus, joka löytyy paremmista langattomista mikrofoneista. Tone-key tai tone-code squelchista puhuttaessa tarkoitetaan tekniikkaa jossa radiosignaalin mukana lähettimestä lähtee vastaanottimelle myös tone-key-signaali. Vastaanotin osaa tarkkailla myös tämän tone-keyn löytymistä. Jos lähetin laitetaan kesken kaiken kiinni, mikserin kanavien ollessa vielä auki, voisi normaalitilanteessa syntyä joitain häiriöääniä. Tone-key varmistaa viiveillä, että vastaanotin menee ”mutelle” eli lopettaa signaalin lähettämisen eteenpäin ennen kuin itse lähetin sulkeutuu. Tämä varmistaa ettei paukahduksia pääse syntymään. Sama pätee

myös siihen, jos lähetin laitetaan päälle. Itse radiosignaali on vastaanottimessa heti perillä, mutta tone key on vastaanottimella vasta kun signaali on riittävän hyvä ja vakaa. Vasta löydettyään tone key-signaalin, vastaanotin avautuu.

#### **4.6 RF-signaalin kaistanleveys**

Käytännössä radiosignaali kulkee aina yhtä taajuutta, mutta ominaisuutena lähetyksessä sillä on myös kaistanleveys. Yleisellä tasolla pääsääntönä voidaan pitää, että mitä suurempi kaistanleveys RF-signaalilla on käytössä, sitä enemmän sillä voidaan tietoa siirtää. Matti Juutilaisen luentomateriaalin mukaan RF-signaaleilla on ääretön kaistanleveys. Siirtojärjestelmä itse rajoittaa kaistanleveyttä, jolla tietoa voidaan siirtää. Wikipedian (2007) mukaan langattomissa mikrofoneissa käytössä olevan kaistanleveyden tulisi olla keskimäärin 200kHz. Suomessa kaistanleveyttä rajoitetaan myös määräyksillä. Viestintäviraston (2007) mukaan useissa radiomikroneille sallituissa taajuuksissa saa lähetteen kokonaiskaistanleveys olla enimmillään 200kHz.

Kun pohditaan montako langatonta mikrofonia saman katon alle on mahdollista saada, tulee ottaa huomioon useita asioita. VHF- ja UHF-kaistat ovat jo itsessään rajalliset. Kuten jo aiemmin todettu, VHF-kaistan leveys on kokonaisuudessaan paljon pienempi kuin UHF-kaistan leveys. VHF-kaistalle mahtuu siis tämän seikan vuoksi vähemmän langattomia mikrofonikanavia kerralla. Toinen rajoittava tekijä liittyy yksittäisten taajuuksien kaistanleveyteen. Enimmillään voimme yleistetysti sanoa sen olevan Suomessa 200kHz. Siirtojärjestelmästä ja langattomien kanavien määrästä johtuen tästä joudutaan toisinaan kuitenkin tinkimään. Tällöin voidaan puhua järjestelmän yksittäisten kanavien suurimmasta mahdollisesta kaistanleveydestä, deviationista.

Deviation on määre jolla kutsutaan FM-tekniikalla tehdyn modulaation suurinta mahdollista kaistanleveyttä. Sen yksikkö on hertsi (Hz). Mikäli esitykseen tarvitaan useita langattomia mikrofoneja ja tätä kautta useampia taajuuksia, hupenee myös deviationin määrä. Deviationin kavetessa äänenlaatu, taajuusvaste ja dynamiikka kärsivät. Juutilainen toteaaakin kaistanleveyden rajoittamisen aiheuttavan signaaliin vääristymiä. Tämä ilmenee erilaisina häiriöinä. Liian pieneksi kaistanleveyttä ei siis kannata pakottaa. Wikipedian (2007) mukaan Shuren uusi UHF-R -sarja mahdollistaa peräti 108:n erillisen langattoman mikrofonin käytön saman katon alla.

Suurimman mahdollisen RF-signaalin kaistanleveyden, eli deviationin pienentyessä, tulee apuun kompanderi. Kompanderin avulla signaalin dynamiikka supistetaan väliaikaisesti, ja näin RF-signaalilta voidaan vaatia vähemmän kaistanleveyttä. Näin saadaan taas mahdutettua useampia lähettämiä/kanavia saman katon alle. Kompanderin avulla dynamiikka voi olla alkuperäisessä audiosignaalissa yli 100dB:ä. Hyvä ja laadukas kompanderi onkin oiva apuväline suurissa produktioissa.

Kun käytössä on useita langattomia mikrofoneja, on jokaisella linjalla oltava siis oma taajuus sekä sillä riittävä kaistanleveys. Sopivat taajuudet eivät kuitenkaan mene lineaarisesti jonkin tietyn kaistanleveyden mukaan. Sopivuus riippuu monista seikoista: tilasta, tilan sijainnista, operointitaajuuksien vaikutuksista toisiinsa, laista ja määräyksistä. Lisäksi taajuuksien yhteensopivuus riippuu myös langattomien mikrofoniin sisäisistä taajuuksista. Tästä ongelmasta kerron enemmän kappaleessa 6.3.1 Intermodulaatio. Taajuuksien laskemiseen on olemassa tiettyjä matemaattisia kaavoja. Niitä voi siis laskea itse. Tosin, mitä enemmän operointitaajuuksia tarvitaan, sitä hankalammaksi laskeminen menee. Vearin (2003) mukaan laskutoimituksissa kannattaa ottaa myös huomioon muut esitystilasta 300 metrin säteellä olevat radiomikrofonit. Vastaanottimen ja lähettimien voi tietenkin myös napata käteen ja ruveta kokeilemaan eri taajuuksia; mistä tulee häiriöitä ja mistä ei.

Nykyään hommaa helpottavat kuitenkin tietokoneohjelmat, jotka laskevat optimaaliset toimintataajuudet nopeasti ja vaivattomasti. Näitä tietokoneohjelmia on tarjolla esimerkiksi Sennheiserilla ja Shurella. Ohjelmien kaikkia ehdotuksia ei kuitenkaan kannata uskoa sokeasti. Häiriöitä aiheuttavat niin monenlaiset eri laitteet ja olosuhteet. Tietokoneohjelman ehdottamia taajuuksia joutuu toisinaan muuttamaan. Järjestelmä täytyy aina kuunnella ja testata. Oma korva on paras mittari.

#### **4.7 Kideohjatut ja taajuussynteesiä käyttävät järjestelmät**

Tutkiessani langattomiin mikrofoneihin liittyvää tekniikkaa, olen törmännyt kahteen tärkeään eri tapaan tehdä langattomia settejä. Toinen on kideohjattu (crystal-controlled) tekniikka ja toinen taajuussynteesiä (frequency synthesis) hyödyntävä tekniikka. Taajuussynteesi on yleisin tekniikka jota käytetään mikäli käyttötaajuuksia halutaan vaihdella. Sitä tapaa yleensä UHF-kaistaa käyttävissä kalliimmissa langattomissa

järjestelmissä. Kideohjattu tekniikka taas on yleinen langattomissa järjestelmissä, joissa käyttötaajuuksia ei voi muuttaa. Näitä järjestelmiä on usein tehty VHF-kaistalle.

Tim Vear (2003) kertoo kideohjattujen mikrofonisettien olevan halpoja mutta laadukkaita. Ne mahdollistavat laajan taajuuskaistan käytön. Lisäksi niiden signaali-kohinasuhde on hyvä sekä särö alhainen. Kideohjattujen lähettimien patterit kestävät myös pitkään, mikä lisää luotettavuutta live-esityksissä.

Taajuussynteesin avulla toimivien langattomien settien onkin vaikeaa kilpailla samassa hintaluokassa kideohjattujen järjestelmien kanssa. Taajuussynteesiä käyttävät langattomat mikrofonit saadaan ominaisuuksiltaan yhtä laadukkaiksi kuin kideohjatut, mutta laatu maksaa. Taajuussynteesiä käyttäviltä malleilta vaaditaan monimutkaista tekniikkaa, jotta audiosignaali saadaan pidettyä laadukkaana. Esimerkiksi Vearin (2003) mukaan taajuussynteesiä käyttävissä malleissa joudutaan muun muassa leikkaamaan alapäätä jyrkästi. Tämä siksi etteivät alataajuudet sekottuisi vaihelukitun silmukan kanssa (PLL), josta kerron tarkemmin seuraavassa kappaleessa. Vearin (2003) mukaan on kuitenkin olemassa erikoisia tekniikoita, joissa alapää saadaan säilytettyä. Kaikki tämä monimutkaisuus yhdistettynä hyvään laatuun ja luotettavuuteen maksaa. Tästä tekniikasta ei kuitenkaan kannata ensimmäiseksi budjetissa nipistää, sillä taajuudenvaihtomahdollisuus on elintärkeä ominaisuus isommissa produktioissa.

#### **4.8 PLL, Phase locked loop**

PLL eli Phase locked loop on suomeksi vaihelukittu silmukka. Kyseessä on tekniikka, jolla pyritään säilyttämään sekä lähettimen että vastaanottimen päässä signaali samanvaiheisena ja samantaajuisena. Vaihelukittua silmukkaa käytetään hyödyksi useissa sovelluksissa mikroprosessoreista telokommunikaatiolaitteisiin. Sitä käytetään yleisesti sekä digitaalisissa että analogisissa sovelluksissa.

Vaihelukittuun silmukkaan liittyy aina oskillaattori, josta piiri saa referenssitaajuuden. Piiri itse vertaa signaalia referenssitaajuuteen ja muuttaa signaalia niin, että se täsmää referenssisignaaliin. Tapahtumaa voisi kuvata kitarankielillä. Oletetaan että meillä on kaksi kitarankieltä. Toinen on viritetty nuotille A. Toisenkin kielen pitäisi olla A, mutta se on epäviireessä. Haluamme siis virittää senkin nuotille A. Nuotti A tarkoittaa taajuuksissa 440Hz. Jotta saamme kielen värähtelemään 440Hz meidän täytyy itse



säätää kielen kireyttä löysemmäksi tai kireämmäksi. Vertaamme soundia ja värähtelyä vireessä olevaan kieleen kunnes se on täysin sama. Suurpiirteisesti voisi vaihelukitun silmukan tekevän samaa. Se muuttaa signaalin vaiheen ja taajuuden halutuksi.

Langattomissa mikrofoneissa PLL liittyy taajuusynteesitekniikkaa hyödyntäviin laitteisiin. PLL lisää varmuutta oikean signaalin löytämisessä. Vaihelukittua silmukkaa voi hyödyntää modulaatio ja demodulaatiovaiheissa. Lisäksi se parantaa signaalin kohinasuhdetta. Sen avulla signaalia voidaan myös jakaa.

## 5 Laki

Radiotaajuuksille olisi tunkua. Uudet sovellukset ja innovaatiot langattomuudessa hyödyntävät usein radioaaltoja. Tästä syystä radioaaltojen käyttäjiä on täytynyt jakaa niin sanotusti tärkeisiin käyttäjiin ja käyttäjiin jotka joutuvat sopeutumaan.

Radiotaajuuksien ensisijaisia käyttäjiä ovat muun muassa televisio, radio, matkapuhelimet, meriradioliikenne, ilmailun radionavigointi ja muu viranomaisradioverkko. Langattomat mikrofonit luetaan toissijaisiin käyttäjiin.

Toissijaiset käyttäjät eivät siis saa häiritä ensisijaisia käyttäjiä.

Anarkia radiotaajuusverkossa johtaisi väistämättä kaaokseen. Jotta radiotaajuusverkot toimisivat, ja jotta taajuuksia ei käytettäisi holtittomasti, on radiotaajuuksien käyttöä rajoitettu lailla. Laki puuttuu lähetystehoihin, käytettäviin taajuuksiin sekä suurimpaan sallittuun käytettävään kaistanleveyteen. Suomessa lakia valvoo ja aiheesta neuvoja antaa Viestintävirasto. Etenkin radiomikrofoneihin liittyviä pysyviä asennuksia tehdessä kannattaa mahdollisista muutoseikoista ja rajoituksista ottaa selvää.

Myös ulkomailla työskennellessä täytyy etukäteen ottaa selvillä kohdemaan radiomikrofoneja koskevat lakipykälät. Langattomien mikrofonien käyttämiä taajuuksia ei ole yhdenmukaistettu, joten ulkomailla hyväksytty radiolaite saattaa aiheuttaa häiriöitä toisen maan radioliikenteeseen (Salmela, 2003). Laitteiden valmistajat eivät ota vastuuta mahdollisista väärinkäytöksistä. Pallo on heitetty kuluttajalle. Radiomikrofonien käyttäjän tulee siis itse olla selvillä lainsäädännöstä.

Suomessa osa radiomikrofonien taajuuksista on luvanvaraisia ja osa on vapautettu luvasta. Lupia voi anoa Viestintävirastolta. Tässä tutkintotyössäni esittelen vain muutamia esimerkkejä eri taajuuksia koskevista määräyksistä.

Taajuusmaksun suuruus määräytyy radioluvan taajuuksien käytettävyyden ja käyttökelpoisuuden perusteella. Lisäksi taajuusmaksun avulla pyritään tehostamaan taajuuksien käyttöä. Eri taajuuskaistojen hinnoittelulla voidaan myös ohjata radiolähettimien käyttöä ruuhkattomammille taajuuksille. (Viestintävirasto, 2007.)

Käytettävä taajuus vaikuttaa radiomikrofonien luvanvaraisuuteen. Tyypillisesti luvanvaraisia radiomikrofoneja ovat 790,1-821,9MHz alueella toimivat laitteet. Radioluvista peritään taajuusmaksu. Minimimaksu lyhytaikaisen käytön osalt on 18€. Yhden radiomikrofonin taajuusmaksu 790,1-821,9MHz-alueella koko vuodelta on 18,14€. (Kallio, 16.11.2007.)

Suurin sallittu lähetysteho riippuu laitteesta, sen käyttötarkoituksesta ja taajuudesta. Yleensä suurin sallittu lähetysteho radiomikrofoneille on Suomessa 50 mW ERP. Tämä pätee esimerkiksi taajuuskaistoilla 790,1 - 821,9MHz sekä 854 - 862 Mhz. Lisäksi näiden kaistojen käyttöä varten on haettava lupaa viestintävirastosta.

Taajuusalueelle 863 - 865 Mhz ei tarvitse hankkia radiomikrofonille erityistä lupaa, mutta säteilyteho tällä alueella saa olla vain 10mW ERP. Joissain langattomissa malleissa onkin mahdollisuus vaihtaa lähetystehoa. Esimerkiksi Shuren UHF-R-sarjassa on vaihtoehtoja taajuuskaistasta riippuen kolme: 10mW, 50mW ja 100mW.

Pääsääntöisesti voidaan todeta, että suurin sallittu kaistanleveys radiomikrofoneille Suomessa saa olla 200kHz.

## 6 Yleisimmät ongelmat

Onnistuneen äänentoiston luominen on oma taiteen -ja tieteenlaji. Tilanteet, tilat, tunnelmat, esiintyjät, yleisöt, laitteistot, tekijät ja budjetit vaihtelevat. Pohtiessani aihetta erilaisia ongelmia onkin tulvinut mieleeni liikaa. Olenkin pyrkinyt tässä kappaleessa ohittamaan tavallisimpia äänentoistoon liittyviä ongelmia ja keskittymään nimenomaan radiomikrofoneihin liittyvien ongelmien läpikäymiseen. Aluksi olen jäsennellyt ongelmia omiin kategorioihinsa: käytöstä johtuviin ongelmiin, esitystilasta johtuviin ongelmiin ja muihin huomioitaviin seikkoihin.

### 6.1 Käytöstä johtuvat ongelmat

Jarkko Tuohimaa nimeää henkilökohtaisessa tiedonannossaan (5.3.2008) suurimmiksi vaikeuksia aiheuttaviksi seikoiksi käytöstä johtuvia ongelmia. Nämä käytöstä johtuvat ongelmat ilmenevät etenkin staattisissa, pysyväksi tarkoitetuissa järjestelmissä. Etenkin teatterikäytössä lähettimet ja mikrofonit ovat kovassa käytössä. Liittimet löystyvät, mikrofonit hajoavat ja lähettimen antennin kanssa saattaa ilmetä ongelmia. Tuohimaan mukaan laitteistoa valittaessa huomioon tuleekin ottaa erityisesti laitteiston kestävyys kovassa kulutuksessa.

Käytöstä johtuvista ongelmista ensimmäisenä tulee mieleeni hikoilu. Esiintyjät liikkuvat ja tanssivat kuumien valojen alla. Pakostakin hiki nousee pintaan. Hiki, kuten muutkin nestemäiset aineet, ovat taas useimmiten myrkkyä kaikenlaiselle tekniikalle. Mikrofonin kastuminen onkin yleisin syy mikrofonin rikkoutumiseen. Tämä taas aiheuttaa ikäviä tilanteita live-esityksissä. Mikrofonin ei välttämättä hajoa lopullisesti, mutta menettää toimintakykynsä ainakin hetkellisesti. Hikoiluongelmaa vähentää mm. head setin käyttö. Tällöin mikrofonin pysyy irti ihosta, jolloin kastumisvaara ei ole niin suuri. Ihoon teipattavissa mikrofoneissa taas voidaan myös grillin ympärille liimata teippiä. Teippi asetetaan siis ihon ja grillin väliin. Tämäkin vähentää kastumisriskiä. Teipin tilalla voidaan kekseliäisyydestä riippuen käyttää vaikka vaahtomuovia.

Päivittäinen teippaus voi aiheuttaa joillain esiintyjillä iho-ongelmia. Hieman arempi iho alkaa nopeasti punoittaa ja ongelma saattaa ajan myötä kehittyä ihottumaksi asti. Vaikka iho-ongelmia syntyy, ei teippi saa silti olla liian hentoinen kiinnitykseltään. Sopivan

teipin valinnassa kyse onkin usein kompromissista. Myös teipin kiinnityspaikkaa kannattaa joissain tapauksissa vaihdella, jotta rasitus ei koskisi aina samaa ja tiettyä ihoaluetta. Hyviksi havaittuja teippejä eri ominaisuuksilla ovat Leukofix, Leukoflex, Leukoplastia sekä Hansaplast Classic. Toisilla on vahvempi liimapinta kuin toisilla. Toiset ovat läpinäkymättömiä ja toiset ihon värisiä. Lisäksi esimerkiksi Leukofix edustaa hypoallergista teippiä jolla on lisäksi pieniä hengittäviä reikiä. Aina parhaimmatkaan vaihtoehdot eivät silti estä ihon punoittumista. Lisäksi jos ihminen on vielä kova hikoilemaan, eivät hellemmät teipit pysy paikoillaan. Tällöin kannattaakin ottaa avuksi head set, mikäli se puvuston, kampausten, peruukkien ja näkyvyyden kannalta suinkin on mahdollista. Aina tulee tietenkin ottaa huomioon myös esiintyjän toiveet.

Head set:n käytöstä on siis useita hyötyjä. Markkinoilla onkin paljon erilaisia head set-kiinnikkeitä. Hankkiessa head set:ia, kannattaa sen visuaaliseen puoleen kiinnittää huomiota. Joskus televisio-ohjelmissa näkee käytettävän head set:tejä, joita itse toivoisi käytettävän vain liikunta-ohjaajilla. Suuri värillinen härveli päässä ei ole maailman huomaamattomin. Head setin valinnassa kannattaakin miettiä sen todellista käyttötarkoitusta. Head set:n ei toki aina tarvitse olla mahdollisimman näkymätön, eikä siinä olevan mikrofonin parhaimman soundinen. Toisinaan riittää että puheesta saa selvää ja että head set ei häiritse esiintyjää.



**Kuvassa Tampereen Työväen Teatterilla käytössä olevat head set -mallit. Vasemmalla DPA:n 4066-F ja oikealla Sennheiserin HSP 2**

Joskus kuitenkin laadukkuus ja näkymättömyys ovat valttia. Edellisen sivun kuvassa näitte kaksi laadukasta head set -mallia. Niissä on niin soundillisia kuin käytännöllisyyteenkin liittyviä eroavaisuuksia. Sennheiserin mallissa mikrofonin sanku, joka jatkuu adapterin kautta mikrofonijohdoksi, on irrallinen muusta head setin osasta. Sangalle on luotu omat uransa korvan alle sijoittuvaan muovikappaleeseen. Tässä kappaleessa sangan tulisi pysyä kiinni. Käytännössä sangat saattavat irtoilevat usein paikoiltaan. Tämän vuoksi mikrofoninrungon pysyvyys kannattaa Sennheiserin mallissa varmistaa vielä teippaamalla se paikoilleen.

Kuvassa vasemmalla oleva DPA:n malli taas on kauttaaltaan mukavamman ja varmemman tuntuinen käyttäjälleen. Tässä mallissa mikrofonin sanku jatkuu yhtenäisenä taakse niskaan asti. Tästä syystä sangan turhaa liikkumista tai suoranaista putoamista ei tarvitse pelätä. Lisäksi kuvassa olevan DPA:n head set:n mikrofonisankaa pystyy taivuttamaan jouhevammin kuin Sennheiserin mikrofonisankaa. Näin mikrofoni on helpompi asettaa halutulle kohdalle.

Head set:n valintaan vaikuttaa kuitenkin myös käyttömukavuuden lisäksi muita seikkoja. Muun muassa mahdolliset pahat nikkeli-allergiat tulee aina huomioida. Myös mikrofonin soundin sopivuus esiintyjän äänelle on yksi määräävä tekijä. Laadukkaista nappimikrofoneista puhuttaessa niihin kuuluvien mikrofonien ominaisuudet ovat hyviä. Herkkyys, taajuusvaste, dynamiikka, signaalin kohinasuhde, äänenpaineensietokyky ja muut spesifikaatiot ovat huippuluokkaa. Eri mikrofoneilla on kuitenkin omat ominaispiirteensä. Speksifikaatiot näyttävät hyviltä ja lähes samanlaisilta, mutta soundi on silti eri. Yksikään laadukas mikrofoni ei sinällään ole huono, mutta se ei välttämättä sovi kaikille. Kysymys on mikrofonin käyttötarkoituksesta. Missä sen ominaisuudet pääsevät kukoistamaan? Koska jokaisella ihmisellä on oma äänellinen ”sormenjälkensä”, sopii toiselle eri mikrofoni kuin toiselle. Onneksi pienellä virkkaamisella voidaan yhdistellä mukavantuntuinen head set hyvältä kuulostavaan mikrofoniin. Voidaan ottaa esimerkiksi rikki menneen head set:in runko ja teipata siihen kiinni erimerkkinen lavalier mikrofoni.

Yksi huomionarvoinen ongelmia aiheuttava seikka on myös lähettimissä käytettävät patterit. Pattereiden kulumista tulee seurata aktiivisesti. Usein lähettimissä sekä/tai vastaanottimissa onkin valmiina näytössä pylväsasteikko, joka vilkaisulla kertoo

patterien tilanteen. Joissakin uudemmissa malleissa myös on lähettimien valikossa valittavissa erilaisia moodeja: harjoitusmoodi sekä esitysmoodi. Harjoitusmoodissa lähetysteho muuttuu pienemmäksi, jolloin patterit kestävät kauemmin. Tällöin tosin signaalin kulku vastaanottimelle heikkenee. Joissain lähettimille on myös mahdollista käyttää uudelleenladattavia pattereita. Ladattavat patterit ovat suurissa tuotannoissa kuitenkin pidemmän päälle huono ratkaisu. Harjoituksissa niitä voi kulujen pienentämiseksi käyttää, mutta itse esitykseen ne ovat liian arvaamattomia. Ladattavat patterit kuluvat ja lataavat aina hieman huonommin. Uudet alkaline-patterit ovatkin luotettavampia ja kestävät esityksessä pidemmän aikaa. Pienemmissä produktioissa, etenkin jos kuluja on karsittava, voivat uudelleenladattavat patterit olla kuitenkin hyvä ratkaisu. Kuten jo aikaisemmin on todettu, kysymys on aina kompromisseista, myös budjetin suhteen. Pidemmän päälle pattereista muodostuu huomattava kuluerä, sillä jokaiseen esitykseen ja lähestulkoon jokaiseen harjoitukseen on aina vaihdettava uudet patterit. Isompia pakettieriä pattereita saa halvemmalla kuin pieniä eriä. Upouusista pattereista löytyy silloin tällöin myös huonoja yksilöitä tai jopa kokonaan huonoja eriä. Tästä on elävä esimerkki vuonna 2006 kantaesityksensä Tampereen Työväen Teatterilla saaneesta Manserock-musikaalista Vuonna 85. Eräessä näytöksessä syntyi esityksen aikana aikamoista hämminkiä kun lähettimet rupesivat yksi toisensa jälkeen menettämään tehoaan. Lopulta kokonainen patterierä osoittautui käyttökelvottomaksi. Tätäkään tilannetta ei olisi voinut ennalta ehkäistä, mutta ripeän mikkijannun (englanniksi kunniakkaammin wireless specialist) ansiosta esitystä päästiin jatkamaan.

Käytöstä johtuviin ongelmiin liittyy olennaisesti myös kaikki muu kaluston kulumisen ja kulumisesta aiheutunut toimintakyvyttömyys. Esityksessä ongelmia saattavat aiheuttaa esimerkiksi adapterien löystyvät kiinnitykset. Lisäksi lähettimissä olevat ruuvit ja muut kiinnitykset saattavat hiljalleen aueta käytössä. Kaikkien adaptereiden ja ruuvien kireydet tulisikin tarkistaa säännöllisesti.

## **6.2 Esitystilasta johtuvat ongelmat**

Esitystilaan astuessa on tärkeää katsella ensin hieman ympärilleen. Laitteiston, esiintyjien ja yleisön paikat kannattaa miettiä rauhassa. Sähköjen vedot täytyy selvittää. Tätä vaihetta ei kannata kiirehtiä. Mikäli näitä perustavanlaisia päätöksiä täytyy

rakennusvaiheen aikana muuttaa, hidastaa se setin pystytystä. Radiomikrofonien kohdalla esitystilassa olisi tärkeää kyetä ensin hahmottaan tila kokonaisuutena. Tilaa tulisi miettiä etenkin radioaaltojen käyttäytymisen kannalta. Kokonaisuutta voi sitten pilkkoa osiin; mitkä ovat mahdollisia ongelmia aiheuttavia tekijöitä? Joihinkin näistä mahdollisista ongelmista voi puuttua jo etukäteen. Etenkin pysyviksi tarkoitettuja äänentoistojärjestelmiä tehdessä aikaa suunnittelulle on yleensä tarpeeksi. Akustiikkaa voi parantaa pienilläkin teoilla ja esimerkiksi näytelmien suunnitteluvaiheessa voi työtä tehdä lavastajan ja näyttämöestarin kanssa. Pylväät, paksut lavasteet, tilan muoto, näyttämön palorauta ja metalliset pinnat saattavat olla yksi ongelmia aiheuttava seikka.

Keikkaillessa vierailta paikoilla yksi tärkeimpiä asioita on äänipöydän sijoittaminen. Jotta omiin korviin pystyy soundeja tehdessään luottamaan, on tärkeää valita miksauspaikka huolella. Tavallisesti äänipöytä kannattaa sijoittaa keskelle katsomoa ja yleisöä. Tällöin saa mahdollisimman keskiverron kuulokuvan äänestä. Tapahtumien havainnoinnin kannalta myös katsekontakti lavalle on äärimmäisen tärkeää. Yleensä kannattaisi sijoittaa niin, että kuulee sekä vasemman puolen PA:n että oikeanpuoleisen PA:n tasapuolisesti. Syystä tai toisesta tämä ei kuitenkaan aina onnistu. Usein paras ratkaisu on kompromissi joka pitää kaikki osapuolet kutakuinkin tyytyväisinä. Mahdollisia seisovia aaltoja kannattaa myös oppia havainnoimaan. Kuuntelupistettä ei kannata sijoittaa selvän huonemoodin rintamalle, tai ainakin tämä ongelmanlähde kannattaa miksaajan tiedostaa. Seisovat aallot saattavat nimittäin huomattavasti korostaa tai vaimentaa tilalle ominaisia taajuuksia. Seisovista aalloista voi pyrkiä pääsemään eroon akustoimalla tilaa tai pikakeinona ekvalisoimalla.

Kun äänipöytä on saatu sijoitettua, voimme keskittyä vastaanottimien paikkaan. Luonnollisesti vastaanottimet löytävät usein paikkansa läheltä mikseriä. Äänipisteestä niitä on helppo tarkkailla ja niiden asetuksia tarvittaessa muuttaa. Vastaanottimet tulisi kuitenkin pitää pienen matkan päässä digitaalisista audiolaitteista ja esimerkiksi tietokoneista, sillä digitaalisten laitteiden kellotaajuudet saattavat aiheuttaa niiden toimintaan häiriöitä. Käytännössä yleinen näky on kuitenkin räkki jossa ovat päällekkäin niin vastaanottimet kuin digitaaliset efektiprosessoritkin.



Vear (2003) sanoo että digitaalisten laitteiden lisäksi häiriötä saattavat aiheuttaa myös kaikki tasavirtaa käyttävät laitteet. Etenkin suuri jännite ja virta voivat aiheuttaa interferenssiä.

### **6.3 Muita huomioitavia ongelmia aiheuttavia seikkoja**

Esitystilan sijainti saattaa myös tuottaa ongelmia. Ei kannata perustaa kesäteatteria radiomaston alle. Muutoinkin häiritsevien taajuuksien kannalta on suotavampaa käyttää langattomia mikrofoneja sisätiloissa. Tosin sisätilassa muodostuvat signaalia heikentäväksi tekijäksi erilaiset heijastavat ja vaimentavat pinnat sekä ihmiset.

Tuohimaa (5.3.2008) kertoo että järjestelmissä joita pystytetään tilapäisesti jotain tiettyä esitystä tai tapahtumaa varten, ongelmia saattaa aiheuttaa paikan päällä oleva muu radioliikenne. Yleensä järjestelmä saadaan silti aina ajan kanssa toimimaan. Ongelmia syntyy helposti muun muassa siitä, mikäli esitystilassa on käytössä erimerkkisiä tai erityyppisiä langattomia vastaanottimia ja lähettämiä.

Aina jos on menossa uuteen esityspaikkaa, tulisikin varmistaa siellä olevat vapaat taajuudet. Ollessani Pirkkahallissa eräillä messuilla töissä, nappasivat langattomat vastaanottimemme jatkuvasti väärää signaalia. Kiertelimme messuhallia ja lopulta löytyi koju, jossa oli myös käytössä useita langattomia mikrofoneja. Satuimme olemaan samoilla taajuuksilla. Jotta ongelmia voisi ehkäistä, olisikin hyvä aina jo etukäteen tarkistaa, mikäli paikanpäällä on esimerkiksi joitain pysyviä langattomia ratkaisuja.

Tilan sijainti määrittelee myös kaikki muut häiritsevät taajuudet. Esimerkiksi Suomen säädöskokoelman (2002) mukaan digitaaliseen televisiotoimintaan käytettävä taajuusalue on 470-790MHz. Tämä alue sijaitsee Vearin (2003) määrittelemällä alemmalla UHF-kaistalla. Digitaalisessa televisiotoiminnassa tyypillinen lähetinteho on 5 000W ja antennista tuleva teho on 50 000-60 000 W (Hoviario, 4.2.2008). Vaikka analoginen vastaanotin ei pysty ”kuulemaan” digitaalista lähetystä, on Vearin (2003) mukaan digitaalinen signaali silti laajakaistainen RF-kohinan lähde. Se saattaa myös aiheuttaa lyhyitä katkoksia alueella käytettäviin radiomikrofoneihin.

Analogiset FM-lähetykset sekä digitaaliset radioverkot sijaitsevat VHF-kaistalla. Juutilaisen mukaan niiden lähetystehot ovat keskimääriin 100 000W. Tämä on

melkoinen ero radiomikrofonin 0,050 W:in. Suomensäädöskokoelman (2002) mukaan FM-radiokanavat saattavat häiritä taajuuksilla 87,5-108MHz sekä 174-240MHZ.

Kuten jo aiemmin on todettu, myös matkapuhelimista voi olla haittaa. Onkin aina suotavaa, että yleisö sammuttaisi matkapuhelimensa kokonaan. Kännyköiden lähetysteho on huomattavissa määrin suurempi kuin radiomikrofonien. Lisäksi toisen sukupolven digitaaliseen matkaviestitoimintaan (GSM) käytettävät taajuusalueet kulkevat osittain Vearin (2003) määrittämän ylemmän UHF-kaistan alueella. Vear (2003) tosin kertoo ettei matkapuhelimista ole usein suurempaa haittaa elleivät ne ole lähellä vastaanottimia, jolloin saattaa tapahtua interferenssiä vastaanottimen sisäisten taajuuksien kanssa.

On myös mahdollista, että monissa tapahtumissa käytettävät muut, yleensä henkilökunnan sisäiset radiopuhelimet saattavat aiheuttaa häiriöitä.

Jos haluaa olla oikein varma esiintymispaikalla esiintyvistä taajuuksista, löytyy internetistä radioharrastajille tarkoitettuja sivustoja, joilta voi tarkkailla eri paikkakunnissa vallitsevia radioaaltojen taajuuksia.

Yksi langattomiin mikrofoniin liittyvä tärkeä ongelma aiheuttava seikka on usein budjetti. Tuottajia saattaa olla vaikea saada ymmärtämään miksi kaikki kallis laitteisto tarvitaan. Tällöin kannattaa pohtia mitä ja minkälaista settiä paikanpäälle todella tarvitaan. Jo se, montako linjaa tarvitaan ja kuinka kauan tapahtuma/esitys kestää vaikuttaa suuresti hintoihin. Mikäli kysymys ei ole pysyvästä ratkaisusta kannattaa kaluston vuokraamista aina harkita. Toisaalta jos omistaa oman yrityksen ja asiakkaita riittää, kannattaa firmalle ostaa kalustoa jota voi sitten vuokrata asiakkaiden tarpeisiin. Enemmän langattoman kaluston harkitsemisesta kerron kappaleessa 9. Langattoman setin hankkiminen.

### **6.3.1 Intermodulaatio**

Yleisimpiä ongelmia radiomikrofonien kohdalla tuottaa ilmiö nimeltä IM eli intermodulaatio, toiselta nimeltään keskeismodulaatio. Intermodulaatiota syntyy mm. järjestelmissä, joissa samassa tilassa on käytössä useampia langattomia kanavia. Intermodulaatiosta johtuvat ongelmat korostuvat etenkin silloin kun lähettimet ovat liian

lähekkäin, tai kun vastaanotin ja lähetin ovat liian lähekkäin. Ennen perehtymistä itse häiriöön, kerron ensin taustatietona lineaarisesta ja epälineaarista signaalista.

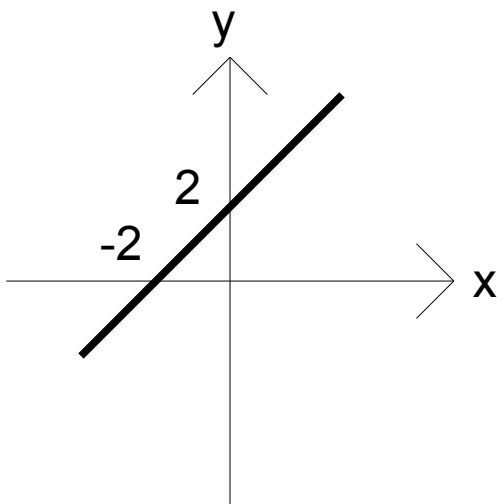
Kalifornian yliopistossa Berkeleyssä tutkitaan epälineaarista elektroniikkaa. Yliopiston internetsivuilla esitelmässä Nonlinear Circuit Analysis – An Introduction on havainnollistettu matemaattisesti kuinka lineaarinen ja epälineaarinen piiri eroaa toisistaan:

Otetaan esimerkiksi kaksi yhtälöä:

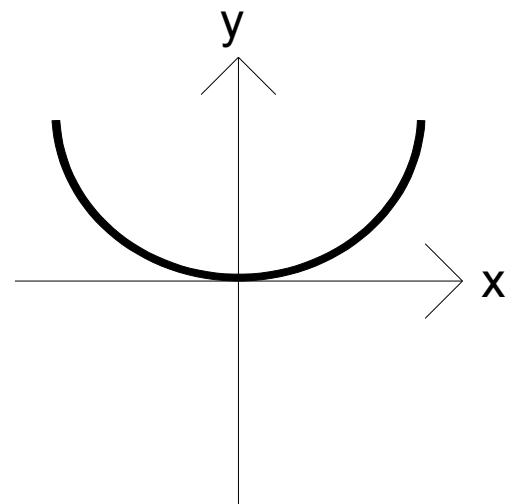
$$y=x + 2$$

$$y=x^2$$

Näistä yhtälöistä saamme piirrettyä graafiset kuvaajat:



$$y= x + 2$$



$$y= x^2$$

Kuvaajista näkee että yhtälö  $y= x + 2$  on lineaarinen ja yhtälö  $y= x^2$  on epälineaarinen.

Yhtenä lineaarisen funktion määritelmistä voidaan pitää myös sitä, että yhtälön voi kirjoittaa malliin  $y= ax + b$ . Tässä a ja b voivat olla mitä tahansa lukuja.

Intermodulaatiosta syntyvää häiriötä ei voi syntyä lineaarisiin piireihin. Langattomien mikrofonioiden kohdalla virtapiirissä olevat komponentit aiheuttavat usein signaalille epälineaarista käyttäytymistä. Tällaisia komponentteja ovat muun muassa oskillaattorit, vahvistimet sekä vastaanottimen sisäiset mikserit.

Kalifornian yliopiston esitelmän mukaan virtapiirin signaalin lineaarisuus tai epälinearisuus voidaan määrittellä käyttämällä graafisia kuvaajia. Virtapiirissä kuvaaja saadaan laittamalla akseleiden  $x$  ja  $y$  tilalle  $i$  ja  $v$ , jossa  $i$  tarkoittaa virtaa ja  $v$  jännitettä. Sitten tutkitaan kytkentäkaavion virtapiiriä, josta saadaan aikaiseksi yhtälöitä. Mikäli kytkentäkaavion virtapiirin lopputuloksena on yhtälö, joka graafisesti kuvattuna on laskeva tai nouseva suora (kuten kuvassa  $y = x + 2$ ), on kyseessä lineaarinen piiri.

Kun nyt on selvennetty mitä tarkoittaa lineaarinen ja epälineaarinen piiri, voimme käydä itse asiaan. Epälineaarinen piiri tuottaa signaalille harmonisia kerrannaisia. Usein nämä kerrannaiset ovat haluttujakin. Niiden avulla voidaan tuottaa erilaisia ääniefektejä. Wikipedian (2008) mukaan kitaransoiton voimasoinnut sekä jotkin stereokompressorit toimivat intermodulaation voimin.

Intermodulaatiosta syntyvää häiriötä esiintyy muun muassa siinä vaiheessa, kun useiden langattomien kanavien järjestelmässä vastaanotin nappaa useampaa kuin yhden lähettimen taajuutta. Tällöin harmonisten kerrannaisten lisäksi muodostuu myös päätaajuuksien ja kerrannaisten taajuuksien erilaisia kombinaatioita. Wikipedian (2008) mukaan vastaanottimen napatessa esimerkiksi kolmea eri taajuutta ( $A$ ,  $B$  ja  $C$ ), syntyviä uusia taajuuksia olisivat esimerkiksi  $2A - B$ ,  $2B - A$ ,  $A + B - C$ . Eri kombinaatioita syntyy näiden päätaajuuksien lisäksi myös päätaajuuksien harmonisille kerrannaisille. Lloyd Butler (1997) kertoo, että periaatteessa intermodulaatiosta syntyvien kerrannaisten taajuuksien ja kombinaatioiden lukumäärä jatkuu äärettömiin. Tosin taajuuksien amplitudin pienentyessä, eli voiman huetessa, ei kaikista syntyvistä taajuuksista kannata huolestua. Mikäli joku näistä yhdistelmistä kuitenkin onnistuu muodostamaan taajuuden, joka on lähellä jotain muuta käytettävää taajuutta, syntyy tähän käytettävään taajuuteen interferenssiä. Eli toisin sanoen jonkun muun kanava häiritsee toisen kanavaa, vaikka radioaaltojen taajuudet olisivatkin kaukana toisistaan.

Intermodulaation vuoksi hyviä, keskenään sopivia taajuuksia on ollut hankala laskea. Olemassa on kyllä laskukaavoja, mutta ne vaativat perehtymistä, hyviä hermoja sekä aikaa. Etenkin suurten langattomien järjestelmien taajuuksien laskemista on helpottanut tietokoneohjelmat.

Intermodulaatiota sekä harmoonisia kerrannaisia voi syntyä myös likaisten metallipintojen tai liittimien takia. Korroosion syövyttämä tai likainen metallipinta voi toimia diodina eli puolijohdekomponenttina aiheuttaen intermodulaatiota.

## 7 Vahvuudet

Kun pohtii langattomuudesta aiheutuvia mahdollisia ongelmia, on lista melkoisen pitkä. Etuja pohtiessa taas kaikki vahvuudet voi tiivistää yhteen sanaan; langattomuus. Langattomuus on kuitenkin niin vahva etu, että se päihittää mennessä tullen siitä aiheutuneet ongelmat. Langattomuus ei oikeastaan olekaan enää etu, vaan ominaisuus. Tätä ominaisuutta on vaikea korvata. Esiintyjästä etäälle asetetut haulikkomikit eivät missään tapauksessa pysty enää laadullisesti korvaamaan langatonta mikrofonijärjestelmää. Langattomuus on tullut jäädäkseen ja tekniikan kehittyessä ja halventuessa se on jo kaikkien ulottuvilla. Nykyään on enää vaikea löytää televisiosta gaalailtaa tai musiikkitaltointia missä laulajalla tai juontajalla olisi langallinen mikrofoni.

Kun emme ole sidoksissa mihinkään pääsemme liikkumaan ja toteuttamaan itseämme vapautuneesti. Samaan aikaan kun olemme luottavaisia siitä, että katsomon taaimmainenkin rivi kuulee hiljaisimmankin lauseen näyttämöltä, langattomuus takaa kykymme tanssia, heiluttaa käsiä ilmassa, tehdä akrobatiaa ja keskittyä koko vartalolla esiintymiseen. Luennoilla ja kirkollisissa tilaisuuksissa taas on taas tärkeää, että käsissä voidaan pitää kirjoja ja vaikka luentolehtiötä mitä voi toisella kädellä käänellä. Langattomiin mikrofoneihin törmääkin nykyään kaikkialla. Niitä hyödynnetään niin televisio- ja elokuvatyössä kuin aerobic-tunneillakin.

Langatonta järjestelmää käytetään yleisesti myös bändien kesken lavalla. Mitä vähemmän lavalla on piuhoja ja ständejä, sitä paremmin siellä pääsee liikkumaan. Langattoman monitoroinnin (josta kerron lisää seuraavassa kappaleessa) lisäksi voidaan langatonta tekniikkaa hyödyntää esimerkiksi sähkökitaroiden ja sähköbasson kanssa. Usein etenkin kitaristit tykkäävät esiintyessään liikkua lavalla mahdollisimman vapaasti. Tällöin kompastusongelmaksi saattaa muodostua kitarasta lähtevä kaapeli. Kitaran ulostulosta voidaan kuitenkin kytkeä kaapeli instrumentille sopivalle lähettimelle. Lähetin voi olla vaikka kitaristin takataskussa tai roikkua vyöltä. Lähetin lähettää signaalin vastaanottimelle, joka yleensä sijaitsee vahvistimen tai vaikka efektipedaalien välittömässä läheisyydessä. Tosin vastaanotinta efektipedaaliin kytkettäessä saattaa signaalitiellä joutua käyttämään muunninta.

Näin voidaan minimoida lavalla tarvittavien johtojen määrää. Kun artistit pääsevät liikkumaan vapaammin, tulee keikasta äkkiä kokonaisuutena energisempi. Tässä tulee kuitenkin aina muistaa, että digitaaliset efektiprosessorit, sekä mikserin lähellä, että lavalla voivat aiheuttaa langattomaan järjestelmään häiriöitä. Joskus voi käydä niinkin päin, että itse soitin ottaa häiriötä langattomasta kentästä. Jarkko Tuohimaan (5.3.2008) mukaan etenkin kitaravahvistimet ovat herkkiä kaikenlaisille häiriöille. Tätä ongelmaa voi minimoida RFI-filttereillä. Sound check kannattaakin aina tehdä niin, että kaikki keikalla käytettävät laitteet ovat päällä. Näin pääsee kuulemaan mikäli häiriöitä syntyy ja niihin voidaan etukäteen puuttua.

Palatakseni aiempiin huomioihin, lähes mikä tahansa instrumentti voidaan saada langattomaksi. Instrumentti tai sen vahvistinkaappi/kaiutin voidaan mikittää ja mikkilinja jatkaa lähettimelle. Tässä käteviä ovat plug on -lähettimet. Mikäli kyseessä on jokin sähköinen instrumentti kuten syntetisaattori tai sähköbasso, voi signaalin napata jo soittimen ulostulosta. Tällöin langaton lähetys onnistuu mikäli lähettimen ja soittimen impedanssit, voluumin taso ja liittimet kohtaavat. Tarpeen mukaan signaalitien välissä voi käyttää erilaisia muuntimia haluttujen tasojen saavuttamiseksi. Instrumenttien lähettimissä olisi hyvä olla aina myös mahdollisuus äänenvaimentamiseen eli pad:iin.

## **7.1 Langaton monitorointi**

Tässä tutkintotyössäni olen keskittynyt kertomaan nimenomaan tilanteista, jossa mikrofoni on kiinni lähettimessä ja vastaanotin vastaanottaa signaalin miksauspöytää varten. Joskus tilanne vaatii kuitenkin päivävastaista toimintaa. Nyt kerron lyhyesti tilanteista, joissa mikseriltä täytyy lähettää signaali langattomasti esiintymislavalle. Tällainen tilanne syntyy esimerkiksi artistin halutessa langattoman kuuntelun. Tällöin puhutaan IEM:sta (wireless in-ear monitor system). Toisinaan voimme myös törmätä tilanteeseen, jossa esimerkiksi näyttämölle sijoitettuun kaiuttimeen halutaan kuljettaa äänisignaali langattomasti. Tätä voi kutsua Vearin (2003) mukaan point-to-point -tekniikaksi.

Langattomassa monitoroinnissa itse lähetin asetetaan mikserin viereen. Jos käytössä on erillinen monitorimikseri, voidaan lähetin asettaa myös sen läheisyyteen. Lähettimessä

tulisi olla linjatasoinen sisääntulo. Jottei tarvitse pelata pattereilla, olisi lähettimeen hyvä saada kytkettyä myös tavallinen virtajohto.

Vastaanottimet toimivat usein jollain sisäisellä virtalähteellä kuten akulla tai patterilla. Lisäksi niissä tulee olla linjatasoinen ulostulo. Point-to-point -tekniikassa vastaanottimesta kannattaa ottaa limiteri pois päältä, jotta signaali pääsisi perille optimaalisesti. Tasoa voi sitten säätää lähettimen pad:ien eli signaalin vaimentimien kautta. Jos vaimentimia ei ole, täytyy tasoa säätää siitä mikseristä tai soittimesta josta signaali lähettimelle menee.

Point-to-point tekniikassa monitorointi hoidetaan yleensä kaiuttimen kautta. Wireless in-ear monitor system -tekniikassa kaiuttimen korvaa taas yleensä nappikuulokkeet. IEM onkin tehokas tapa vähentää bändien lavavolumia sekä minimoida näin lavalla syntyviä vuoto-ongelmia. Tavanomaisista monitorikulmista eroon päästessä myöskin kierto-ongelmat vähenevät merkittävästi. Artisti kuulee paremmin sen mitä haluaa ja saliaani paranee. Jotta artistilla säilyisi kuitenkin kosketus yleisöön, voi järjestelmää varten asentaa myös pari haulikkomikrofonia yleisöön päin. Näin myös yleisön ääntä voidaan nostaa artistin korvamonitorointiin.



**Kuvassa Shuren PSM 600 Personal Monitor**

IEM eroaa tavallisesta point-to-point -tekniikasta myös sillä, että artistien langattomaan korvakuunteluun saadaan useissa IEM-malleissa lähetettyä stereosignaalia. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että IEM lähettää kahta kanavaa yhtä radiotaajuutta kohti. Lähettimessä saattaa olla mahdollisuus valita, halutaanko käyttää stereomiksausta vai



käyttää näitä kahta kanavaa erillisinä kanavina. Täten lähetin voi lähettää siis kahta kanavaa pitkin myös kahta eri miksausta. Tärkeimpiä ominaisuuksia IEM:in vastaanottimessa on luonnollisesti voluumin säätö. On tärkeää, että artisti pääsee itse säätämään sopivan äänenpainetason. Koska vastaanottimesta lähtee usein nappikuulokkeet artistin korviin, tulee tasojen kanssa olla erittäin varovainen. Tässä tapauksessa limiteri kannattaakin pitää varuiksi päällä. Ihmiskorva on herkkä suurelle, äkkinäiselle äänenpaineen kasvulle. Ihmiskorvan aistinkarvat eivät vaurioituttuaan pysty parantumaan. Tahaton vingahdus tai äänentason äkillinen nousu saattaa aiheuttaa kipua ja johtaa kuulovaurioon. Sound Check tulisikin korvamonitorointia käytettäessä tehdä huolella. Mikäli monitoroitavat äänenpaineet esityksen aikana kasvavat ja soittaja soittaa vaikka kaksin käsin syntetisaattoria, ei soittaja välttämättä pääse heti voluuminapikkaan käsiksi.

## 8 Esiintyjän näkökulma

Olen pitkin tutkintotyötäni pyrkinyt käsittelemään aiheita välillä hyvinkin teknisen näkökulman lisäksi myös käyttäjän ja esiintyjän näkökulmasta. Tähän kappaleeseen olen kerännyt niitä radiomikrofoneihin liittyviä olennaisimpia seikkoja, jotka vaikuttavat esiintyjän suoritukseen. Kaikki mikä häiritsee näyttelijän keskittymistä rooliin tai tanssijan eläytymistä liikkeeseen tulisi aina pyrkiä ottaa huomioon. Jokaisessa teoksessa ja puheessa on aina kysymys kokonaisuudesta. Teknisestä laadusta voi tinkiä, jos kokonaisuus onnistuu niin paremmin. Usein laitteistoa, eli langatonta mikrofonisettia käyttävä esiintyjä ei ole kovinkaan tietoinen radiomikrofoneihin liittyvästä tekniikasta. Olenkin nyt yrittänyt selvittää, mitkä ovat niitä seikkoja, joihin esiintyjä itse kiinnittää huomiota. Näitä seikkoja pohdiskeltaessa voimme parantaa mikrofonetin käyttömukavuutta, äänitekniikan luotettavuuden tuntua lavalla sekä tätä kautta pyrkiä parantamaan esiintyjän suoritusta.

Äänentoistoala on palveluammatti. Esiintyjien ei ole kiva tulla keikkapaikalle joka on täynnä rojua, johtoja ja pahvimukeja siellä täällä. Yleisön ei ole nautinnollista seurata rokkikeikkaa istumapaikalta, jonka näkyvyyden lavalle peittää huutava kaiutintorni. Meidän tulee välittää esiintyjien ja yleisön viihtyvyydestä siltä osin kuin voimme siihen itse vaikuttaa. Hyvä työasenne on tärkeää. Kun parhaansa yrittää ja esiintyjä aistii sen, jää keikasta yleensä kaikille hyvä mieli. Vilpittömän asenteen lisäksi kannattaa myös pyrkiä siihen, että laitteisto häiritseisi esiintymistä mahdollisimman vähän. Tämä koskee myös langattomia mikrofoneja. Paras tilanne syntyy mikäli esiintyjä voi lavalle menessään unohtaa koko lähettimen ja mikrofonin olemassaolon. Tällöin esiintyjä voi olla vapaasti. Mikäli järjestelmään kuitenkin tulee jotain vikaa, tai mikrofoni pääsee esimerkiksi liikkumaan häiritsevästi, kiinnittää se välittömästi esiintyjän huomion pois itse esiintymisestä tekniikkaan. Kun esiintyjän eläytyminen kärsii, kärsii myös yleisön katsomiskokemus.

Myös mikrofonia kiinnitettäessä on oltava hienotunteinen. Hyvä tilannetaju on mikkijannun tärkeimpiä ominaisuuksia. Kun teippaa mikrofonia kiinni rintoihin tai kaivaa lähetintä housujen alta on tilanne usein esiintyjälle epämukava, ja luottamusta puolin ja toisin tarvitaan.

## 8.1 Käyttäjäkyselyn analysointi

Toteutin radiomikrofoneihin liittyvän käyttäjäkyselyn Tampereen Työväen Teatterissa talvella 2008. Käyttäjäkyselyyn vastasi kymmenen näyttelijää ja avustajaa. Vaikka kyselyn otanta on suppea, antoi sen tulokset suuntaa-antavan kuvan esiintyjien suhtautumisesta radiomikrofoneihin Kyselyn tuloksen perusteella voinkin todeta jo tekemäni päätelmät radiomikrofonien käyttömukavuudesta oikeiksi.

Pääpiirteittäin kyselyn perusteella voi todeta, että langattomat mikrofonit koettiin välttämättömäksi osaksi näyttelijän elämää. Ne ovat näyttelijän työhön kuuluva apuväline. Osa koki langattoman mikrofonin toisinaan myös osaksi rooliaan. Näyttelijät olivat myös hyvin hintatietoisia. Tämä tietoisuus lisää motivaatiota kohdella mikrofonisettia huolellisesti.

Pitkän linja näyttelijät totesivat, että langattomissa mikrofoneissa on jo tapahtunut huomattavaa kehitystä. Häiriöt ja rikkoutumiset ovat vähentyneet. Kehityksen toivottiin edelleen jatkuvan niin, että koko mikrofonisetti, etenkin lähetin, saataisiin huomaamattommaksi. Yleinen vitsi näyttelijöiden keskuudessa onkin, että joskus vielä koittaa aika jolloin näyttelijöiden päähän ihon sisään asennetaan pienen pieni lähetin/mikrofoni. Sitten ei tarvitse mikrofoneja enää hakea, pukea ja riisua.

Kyselyssä esiintyneet ongelmat olivat hyvin yksityiskohtaisia ja käytännönläheisiä. Esiintymistä häiritseväksi koettiin se jos mikrofoni joudutaan kesken esityksen vaihtamaan. Mikrofonisettin koettiin myös luonnollisesti häiritsevän nopeita vaatteiden vaihtoja. Esimerkiksi mikrofonin ja lähettimen välinen johto saattaa äkisti hirttäytyä kiinni. Siinä olisikin yksi tuotekehittelyn paikka.

Etenkin tanssijat kokivat lähettimen olevan usein häiritsevästi tiellä. Heidän mielestään vaativissa tanssiesityksissä lähettimen paras paikka on kainalopussi tai sisäreisi minne sen voi teipata tiukasti kiinni.

Mikrofoniin liittyvistä kiinnitystavoista vaatteisiin kiinnitettävä mikrofoni koettiin huonoimmaksi ratkaisuksi. Head set:n käyttö tuntui monesta parhaalta vaihtoehdolta. Sen todettiin vähentävän hikoilusta syntyviä rikkoutumisia sekä teipeistä syntyviä iho-ogelmia. Teippien todettiin myös irtoilevan herkästi esitystilanteissa. Head set:eissa

koettiin silti myös parantamisen varaa. Säättämällä ne saa muotoiltua päälle sopivaksi, mutta löystyvät kuitenkin ajan kanssa.

Kapulamikrofoneista ei juurikaan pidetty. Niiden koettiin rajoittavan liikaa esiintymistä ja liikkuvuutta lavalla. Ne koettiin lähinnä kömpelöiksi.

Langattomiin mikrofoneihin ja etenkin äänimiesten kykyyn ratkaista erilaiset ongelmatilanteet luotettiin vahvasti. Täten useimmat näyttelijät eivät kokeneet tarvitsevansa lisätietoa langattomiin mikrofoneihin liittyvästä tekniikasta. Näyttelijät olivat myös hyvin tietoisia perusasioista jotka voivat vahingoittaa mikrofonisettiä. Poskeen teipattu tai head setissä oleva mikrofoni kannattaa muistaa etenkin juoma-automaateilla ja esimerkiksi hiuslakkaa ja meikkiä lisätessä. Meikki tukkii herkästi mikrofonin grillin. Hiuslakka ja vesi taas aiheuttavat jo suurempia vaurioita. Moni pohti hikoilun olevan suurin syy mikrofonien rikkoutumisiin.

## 9 Langattoman järjestelmän hankkiminen

Langattomat mikrofonit ovat nykypäivänä laadukkaita ja luotettavia työvälineitä. Teoriassa langaton laitteisto pystyy saavuttamaan hyvän taajuusvasteen, laajan dynamiikan ja alhaisen kohinatason. On yleensä eduksi, että lähtösoundeissa on riittävästi äänenpainetta ja että ääni on luonnollisen ja selkeän kuuloista. Kohinatason tulee pysyä mahdollisimman alhaisena ja viiveiden uskottavina. Vaikka lähtösoundit olisivat parhaat mahdolliset, joudutaan ääntä kuitenkin yleensä aina käsittelemään. Puheen selkeyttämiseksi alapäitä leikataan usein reilusti ja aivan yläpäätä vaimennetaan. Tilan omat huonemoodit pitää ekvalisoidessa myös ottaa huomioon. Dynamiikkaa taas rajoittaa jo pohjalla oleva tilan oma kohinataso. Samalla kun pienimmätkin kuiskaukset tulee saada kuuluviin viimeiselle penkkiriville asti, suurimpia äänenpainehuippuja tasoitetaan ikävien yllätyksien minimoimiseksi. Kohinoiden aiheuttamia ikävyyksiä minimoidaan gate:llä. Myös RF-signaalin deviationin pienentyminen rajoittaa audiosignaalin pysymistä ”puhtaana” mikrofonista vastaanottimelle. Käytännössä esimerkiksi Tampereen Työväen Teatterissa Patukkaopperassa päästiin Tuohimaan (5.3.2008) mukaan parhaillaan noin 50dB:n dynamiikkaan. Salissa kuultu taajuusvaste pyöri 100Hz-13kHz:n tienoilla. Tästä voimme päätellä, että vaikka laitteiston speksit antaisivat myöten vuoden parhaille ja luonnollisimmille soundeille, ei niiden toteuttaminen ole silti aina käytännössä mahdollista.

Kun on hankkimassa langatonta mikrofonijärjestelmää, tuleekin sen todellista käyttötarkoitusta pohtia tarkoin. Tilannetta kannattaa myös selkiyttää kysymällä itseltään: Onko kyseessä tilapäinen vai pysyvä järjestelmä? Mihin järjestelmää pääasiassa tullaan käyttämään? Montako langatonta kanavaa maksimissaan tarvitaan? Antaako budjetti myöten hifistelylle vai pärjääkö vähemmälläkin? Kannattaa myös miettiä kuka järjestelmää tulee käyttämään. Mikäli kyseessä on henkilö/henkilöt jotka eivät juuri tekniikasta tiedä, kannattaa järjestelmä pitää mahdollisimman yksinkertaisena ainakin heidän näkökulmastaan katsottuna.

Vaikka huonoihin soundeihin ei pitäisikään tyytyä, on joskus tehtävä kompromisseja. Ei keskivertokuuliija huomaa pieniä vääristymiä tai epäluonnollisuuksia soundeissa. Olen huomannut, että korva tottuu huonompaankin soundiin nopeasti. Tovin kuuntelun

jälkeen äänen rupeaa mieltämään ”normaalin” oloiseksi. Tosin kuulon tottuminen ei tietenkään missään tilanteessa saisi olla perusteena huonoille soundeille.

Järjestelmän käyttötarkoituksesta riippuen aina ei ole järkeä hankkia hintavaa UHF-kaistaa käyttävää taajuussynteesillä toimivaa tone key squelchilla varustettua langatonta järjestelmää diversiteettiominaisuuksilla. VHF-kaistaa käyttävät langattomat, missä ei ole diversiteettivastaanotinta eikä mahdollisuutta vaihtaa käytettävää taajuutta, saattavat tapauksesta riippuen olla myös oiva ratkaisu. Suuntaavat antennitkaan eivät läheskään aina ole välttämättömiä. Samaan lopputulokseen voi päästä halvemmallakin. Pari kesää sitten olin töissä Suomen Voimisteluliiton järjestämässä liikuntatapahtumassa.

Useampia päiviä kestävä tapahtuman päähetki oli tapahtuman televisioitu avausnäytös Tampereen Ratinan Stadionilla. Tapahtuman juontajalla oli käytössään langaton kapulamikrofoni. Tällä hän kierteli ympäri suurta stadionia. Äänipiste oli perustettu lähelle stadionin toista päätä. UHF-kaistaa käyttävän järjestelmän diversiteettivastaanottimessa oli kiinni kaksi tavallista  $\frac{1}{4}$  -aallonpituusantennia. Ne oli suunnattu noin 45°:en kulmiin ja sijaitsivat räkin takana niin, että näköyhteyttä kapulamikrofoniin ei aina ollut. Järjestelmä suoriutui tehtävästään kuitenkin moitteetta, vaikka lähetinantenni ja vastaanottimen antennit olivat välillä hyvinkin pitkän matkan päässä toisistaan.

Langattomien mikrofoniin kehitys on viime vuosina ollut hurjaa. Laitekoot ovat pienentyneet, luotettavuus on parantunut ja mikrofoniin soundit ovat parempia. Tuohimaan (5.3.2008) mukaan parannettavaa olisi silti vielä ainakin laitteiden kestävyudessa. Kovassa käytössä laitteet kuluvat. Etenkin lähettimet, mikrofoniin, lähettimien antennit ja adapterit ovat edelleen turhan herkkiä hajoamaan. Hankkiessa langatonta järjestelmää laitteiston kestävyys kannattaakin kiinnittää erityistä huomioita. Järjestelmän laajuudesta riippuen pitää myös varautua sen ylläpito ja käyttökuluihin. Jo pelkät taajuusluvut, teipit ja uudet patterit maksavat. Lisäksi nappimikrofoneja, adaptereita sekä paria lähetintä kannattaa aina pitää varalla. Budjettia suunnitellessa langatonta järjestelmää ei kannatakaan ajatella kertahankintana, vaan hankinta jonka vuosittaiset käyttökulut saattavat pienessä teatterissa nousta yllättävänkin suuriksi.

## 10 Yhteenveto

Ihminen on pohjimmiltaan hyvin innovatiivinen. Luovuus ja tarpeen tunne saa meidät kehittämään yhä uusia sovelluksia. Langattomuuden aikakausi on vasta saanut alkunsa ja tuotekehittelyn jatkuessa voi vain arvailla mitä kaikkea sen avulla vielä saavutetaan. Radiomikrofonien saralla kehitys onkin viime vuosina ollut hurjaa. Vaikka langaton tekniikka sisältää vielä joitain epävarmuustekijöitä, ollaan saavutettu jo piste, jossa langattomat mikrofonit voi huoletta ottaa osaksi esitystä. Paranneltavaa toki löytyy aina. Tekniikan alalla kehitys harvoin kohtaa päätepistettään.

## 11 Lähteet

**Butler, Lloyd.** 1997. *Intermodulation Performance and Measurement of Intermodulation Components.* [<http://users.tpg.com.au/ldbutler/Intermodulation.htm>]

(Luettu 29.1.2008)

**Engdahl, Tomi.** *sfnet.harrastus.elektroniikka; Usein kysytyt kysymykset; Kaapelointikysymykset.*

[<http://www.tkk.fi/Misc/Electronics/faq/sfnet.harrastus.elektroniikka/kaapelointi.html>]

(Luettu 26.3.2008)

**Hoviario, Keijo.** Digita OY:n työntekijä. Henkilökohtainen tiedonanto sähköpostilla 4.2.2008.

**Juutilainen, Matti.** *Radiotekniikan perusteet: Signaalit ja antennit.* Luentomateriaali.

[<http://www.it.lut.fi/kurssit/06-07/Ti5312600/luentokalvot/luento02.pdf>] (Luettu

15.1.2008)

**Kallio, Joni.** Viestintäviraston taajuussuunnittelija. Henkilökohtainen tiedonanto 16.11.2007.

**Matikainen, Jussi.** 2007. *Äänen liike näyttämöllä. Dialogin lokalisaatio teatterin äänentoistossa.* AMK-opinnäytetyö: Tampereen ammattikorkeakoulu , viestinnän koulutusohjelma.

**Nonlinear Circuit Analysis – An Introduction.** Pdf- dokumentti Kalifornian Yliopistolta, Berkeleystä.

[[http://nonlinear.eecs.berkeley.edu/chaos/introduction\\_nonlinear\\_circuit\\_analysis.pdf](http://nonlinear.eecs.berkeley.edu/chaos/introduction_nonlinear_circuit_analysis.pdf)].

(Luettu 29.1.2008)

**Salmela, Sari.** 2003. *Radiopuhelimet kisoissa.* Viestintäviraston asiakaslehti Signaali.

3/2003. [<http://www2.ficora.fi/signaali/Article.asp?ID=162&mID=7>]

**Suomensäädöskokoelma.** 2002. N:o 1158 – 1159.

[<http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2002/20020170.pdf>] (Luettu 20.1.2008)



**Tuohimaa, Jarkko.** Tampereen Työväen Teatterin äänimestari. Henkilökohtainen tiedonanto 5.3.2008.

**Varvio, Erkka.** 2004. *Radiomikrofonit elokuvan dialogiäänityksen tukena.* AMK-opinnäytetyö : Tampereen ammattikorkeakoulu , viestinnän koulutusohjelma.

**Vear, Tim.** 2003. *Selection and Operation of Wireless Microphone Systems.* PDF-artikkeli.

[[http://www.infocomm.org/cps/rde/xbcr/infocomm/Selection\\_and\\_Operation\\_of\\_Wireless\\_Microphone\\_Systems.pdf](http://www.infocomm.org/cps/rde/xbcr/infocomm/Selection_and_Operation_of_Wireless_Microphone_Systems.pdf)] (Luettu 14.9.2007)

**Viestintävirasto.** 2007. [<http://www.ficora.fi/index.html>] (Luettu 7.1.2008)

**Walne, Graham.** 1990. *Sound for the Theatre.* London: A&C Black Ltd.

**Wikipedia.** 2007. Wikipedia, the free encyclopedia.

[[http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless\\_microphone](http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_microphone)] (Luettu 9.1.2007)

[<http://en.wikipedia.org/wiki/Intermodulation>] (Luettu 29.1.2007)

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Radioaalto> (Luettu 20.11.2007)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra\\_high\\_frequency](http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra_high_frequency) (Luettu 21.3.2008)

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Koaksiaalikaapeli> (Luettu 25.3.2008)

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Polarisaatio> (Luettu 5.5.2008)

## 12 Liitteet

### 12.1 Käyttäjäkysely

#### Käyttäjäkysely langattomista mikrofoneista

Kiitos kun otat osaa käyttäjäkyselyyn. Kysely toimii taustatietona Tampereen Ammattikorkeakoulun opinnäytetyötäni varten. Opinnäytetyön työnimi on Analogisten langattomien mikrofonien vahvuudet ja yleisimmät ongelmat esityskäytössä. En tule työssäni nimeämään ketään käyttäjää henkilökohtaisesti, vaan käsittelen kyselyssä esille tulleet piirteet yleisellä tasolla.

Tässä kyselyn alussa muistutan, että langattomaan mikrofonisettiin kuuluu yleensä näyttelijän osalta mikrofoni, mikrofoninpideke/johto, lähetin sekä vyö tms. johon lähetin piilotetaan. Suotavaa olisi myös jos ottaisit kantaa mikrofonin kiinnitystapoihin, soundiin, luotettavuuteen ja kaikkeen muuhun käyttömukavuuteen.

Ystävällisin mielin,  
Kaisa Riitamaa

- 1. Kun näyttämöllä täytyy olla kädet vapaana... Mitä käyttäisit enemmän; poskelle teipattavaa nappimikrofonia, vaatteisiin kiinnitettävää mikrofonia vai head settiä? Miksi?**



- 6. (Jos olet käyttänyt langatonta kapulamikrofonia) Onko siitä pääsääntöisesti hyviä vai huonoja kokemuksia? Millaisia?**
- 7. Luotatko langattomien mikrofonien toimintavarmuuteen? Miksi / miksi et?**
- 8. Onko tuotteissa mielestäsi kehittelyvaraa? Jos on, niin mihin suuntaan käyttäjän näkökulmasta katsottuna langattomia mikrofoneja tulisi kehittää?**
- 9. Koetko tarpeelliseksi että sinulle opetettaisiin enemmän langattomien mikrofonien käyttöä ja niiden tekniikkaa?**

**10. Onko langattomia mikrofoneja käyttäessäsi esiin tullut vielä muita piirteitä joita haluaisit kommentoida?**

**11. Lopuksi, heitä villi arvio Tampereen Työväen Teatterilla käytettämäsi lähettimen ja mikrofonin hinnasta.**

***Kiitos!***