

Anton Lindblom

Langattomat mikrofoni- ja monitorijärjestelmät teatterissa

Ongelmanratkaisua pientuotannoissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Esitys- ja teatteritekniikan Medianomi

Esittävä taide

Opinnäytetyö

29.10.2018

Tekijä(t) Otsikko	Anton Lindblom Langattomat mikrofonit- ja monitorijärjestelmät teatterissa
Sivumäärä Aika	45 sivua + 1 liite 29.10.2018
Tutkinto	Medianomi (AMK)
Koulutusohjelma	Esitys- ja teatteritekniikka koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Esitys- ja teatteritekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Jyrki Sinisalo Valaistus- ja äänisuunnittelija Tomi Tirranen
<p>Opinnäytetyössä tarkastellaan radiomikrofonien ja radiomonitorien käyttöä teatterissa, ja selvitetään, kuinka niiden ympärillä ilmenevät ongelmat voidaan ratkoa käytännössä. Opinnäytetyö on pääsääntöisesti suunnattu radiomikrofonien ja radiomonitorien kanssa ongelmatilanteissa oleville alalla toimiville henkilöille, joiden pääsääntöinen osaamisalue ei välttämättä ole äänitekniikka.</p> <p>Opinnäytetyön teoreettisessa osassa perehdytään radiomikrofonien ja radiomonitorien tekniikan perusteisiin. Opinnäytetyön toiminnallisessa osuudessa käsitellään näytelmää ”<i>Stockmann Stockmann</i>” Helsingin Svenska Teaternissa keväällä 2018. Toiminnallinen osuus on tehty näyttämöääniteknikon näkökulmasta langattomien äänijärjestelmien käytön ympäriltä ilmenevistä ongelmatilanteista teatteriympäristössä ja niiden ratkaisusta, joita pyritään kuvaamaan esimerkkien kautta.</p> <p>Opinnäytetyö antaa työkalut ja tarpeellisen osaamisen perusteet päästäkseen alkuun ongelmanratkonnassa radiomikrofonien ja radiomonitorien kanssa. Opinnäytetyön tuloksena on liitteenä tiivistetty nyrkkisääntöopas, joka auttaa ongelmanratkonnassa ja ongelmatilanteissa oleville kenttätyössä.</p>	
Avainsanat	Radiomikrofonit, radiomonitorit, äänitekniikka, teatteri

Author(s) Title	Anton Lindblom Wireless audio systems in theatre
Number of Pages Date	45 pages + 1 appendix 29 October 2018
Degree	Bachelor of Arts
Degree Programme	Live Performance Engineering
Specialization option	Live Performance Engineering
Instructor(s)	Mr. Jyrki Sinisalo, Project Manager Mr. Tomi Tirranen, Lighting and Sound Designer
<p>This thesis focuses on surveying the use of and practical problem solving of wireless microphone and monitoring systems in theatres. It is mainly intended for personnel working in the technical field of theatre, but who do not necessarily have audio as their main knowledge-base.</p> <p>The theoretical part of the thesis describes the basic technical theory of wireless audio systems and the practical part consists of a case study of the play <i>“Stockmann Stockmann”</i> at Svenska Teatern in Helsinki in the spring of 2018. The empirical part of the study is made from the stage-sound-technicians point of view, and showcases how to solve uprising problems and issues with the wireless systems through practical examples.</p> <p>This thesis gives the basic knowledge and information for problem solving issues with wireless audio systems in theatres. The result of the thesis is a short and easily read manual for problem solving with wireless microphone and monitoring systems.</p>	
Keywords	Wireless audio, audio technics, theatre

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Mistä koostuu langaton äänijärjestelmä?	2
2.1	Lainsäädäntö	2
2.2	Langaton mikrofoni-/monitorijärjestelmä	3
2.3	Äänilähde	4
2.4	Liittimet	5
2.5	Lähetin ja vastaanotin	6
2.6	Keskusantennijärjestelmä	10
2.7	Radiotaajuus- ja sisäiset häirinnät	17
2.8	Järjestelmän kriteerit	20
3	Langattomien äänijärjestelmien käyttö teatterissa	22
3.1	Mikrofonit	22
3.2	Langaton monitorointi / Pistetehosteet	24
4	Tapaustutkimus ”Stockmann Stockmann”	25
4.1	Tekninen suunnittelu	25
4.2	Svenska Teaternin järjestelmä suunnitteluvaiheessa	27
4.3	Mittaukset	30
4.3.1	RF mittaus	30
4.3.2	Kävelytesti	31
4.4	Toteutus	32
4.4.1	Muutokset suunniteltuun langattomaan äänijärjestelmään	32
4.4.2	Mikrofonien sijoittelu, piilottelu ja maskeeraus	33
4.4.3	IEM bändille ja mikkikallelle	37
4.4.4	Apuvälineet ja ohjelmistot	38
4.5	Ongelmaratkonnän esimerkit prosessissa ”Stockmann Stockmann”	41
5	Lopuksi	44
	Lähteet	45

Liite 1. Langattomien äänijärjestelmien vianetsintä opas

1 Johdanto

Pienemmissä esitystiloissa ja pienemillä teatteriryhmillä ei välttämättä ole asiantuntevaa äänitekniikasta vastaavaa henkilöä, mutta ne käyttävät usein ja mielellään langatonta äänitekniikkaa esityksissään. Syitä saattaa olla monia. Langallinen äänenvahvistus koetaan joskus vanhanaikaiseksi ja jopa kömpelöksi, mutta suuri syy lienee langattomien äänijärjestelmien käytön helppous, näkymättömyys ja yksinkertaisesti ”nykyaikaisuus”. Varsinkin kiertävälle ryhmälle saattaa ilmetä ongelmia mm. radioliikenteen kanssa, kun esitystilan sijainti muuttuu useasti, ja koko asennusprosessi käytännössä uusiutuu joka siirron myötä. Jos ei ymmärrä mistä viat johtuvat ja mitkä saattavat olla vikoja tuottavat tekijät, niiden ratkominen on liki mahdotonta. Monesti häiriökäyttäytymiset langattomissa järjestelmissä on kuitenkin hoidettavissa suhteellisen pienillä säädöillä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda opas langattoman äänijärjestelmän kanssa ongelmatilanteissa oleville pienemmille teattereille ja pientuotannoille. Opinnäytetyöni ei pääpainoltaan suuntaudu äänen ammattilaisille, vaan äänen kanssa työskenteleville, joilla ei ole laajaa kokemusta tai koulutusta äänen suhteen. Opinnäytteessä käsitellään langattomien eri käyttötarkoituksia esitys- ja teatterikäytössä sekä käytössä ilmeneviä ongelmia ja siitä, kuinka niitä voi ratkoa. Käsittelen myös teknisesti erilaisia langattomia järjestelmiä ja niiden hyötyjä erilaisissa tilanteissa. Manuaalin aineisto tulee pääosin omista kokemuksista, sovelluksista ja toimiviksi todetuista ratkaisuista. Esimerkkinä käytän Svenska Teaternin esitystä ”**Stockmann Stockmann**”. Lisäksi tuon esille alan kirjoista ja kirjoituksista nousevia toimivia ratkaisuja.

Mikrofonien valinta on hyvin henkilökohtainen kokonaisuus. Mikrofonin tekniset ominaisuudet määrittelevät, kuinka ne käyttäytyvät eri tilanteissa ja mihin tarkoituksiin ne soveltuvat parhaiten. Eri käyttäjillä on erovia näkemyksiä, kuinka näitä ominaisuuksia parhaiten sovelletaan eri tilanteissa. On koulukuntia, jotka vannovat varsinkin tiettyjen valmistajien tuotteiden sopivuuteen ja paremmuuteen, esimerkiksi ”DPA vs. Countryman vs. Sennheiser” -keskustelu, joka on debatti eri mikrofonivalmistajien tuotteiden sopivuudesta teatterikäyttöön ja siitä, mikä niistä kuulostaa kenestäkin parhaimmalta. Koska käsitys äänestä, ”soundi”, on subjektiivinen, on hyvää ja huonoa hyvin vaikeata määritellä. Tästä johtuen en tule vertaamaan eri mikrofonien ”soundeja” tai suhteellista paremmuutta opinnäytetyössäni.

2 Mistä koostuu langaton äänijärjestelmä?

Langaton äänijärjestelmä on yhdistelmä lähettimestä ja vastaanottimesta, jotka lähettävät informaatiota langattomasti keskenään avaruudessa. Lähetin ja vastaanotin toimivat samalla kanavalla, jonka välitystaajuus mitataan megahertseissä. Järjestelmiä on analogisia ja digitaalisia. Järjestelmiä on kahdensuuntaisia, radiomikrofoneja ja radiomonitoroituja. Järjestelmät toimivat yleisesti UHF-taajuuden (Ultra High Frequency 300 MHz – 3 GHz) osa-alueella. Harrastelijakäyttöön löytyy myös Bluetooth- ja infrapunatekniikalla varustettuja järjestelmiä.

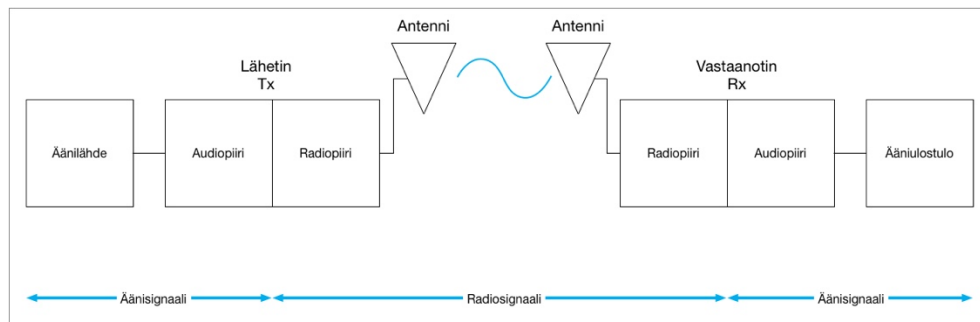
2.1 Lainsäädäntö

Suomessa Viestintäviraston Radiotaajuusmääräykset 4 ja 15 luovat puitteet radiopuhelinten käyttöön. Radiomikrofoneille tarkoitetut taajuudet ovat 174-230 MHz, 470-694 MHz, 823-832 MHz, 863-865 MHz ja 1785-1804,8 MHz. Suurin osa esitystaiteeseen tarkoitetusta laitteistosta toimii taajuuksilla 470-694 MHz. Taajuudet, joilla langattomat äänijärjestelmät toimivat, on Viestintäviraston määritelmän mukaisesti ensisijaisesti tarkoitettu digitaaliselle televisiolle, ja langattomien äänijärjestelmien käyttö on toissijaista, eikä se saa häiritä ensisijaista tarkoitusta eli televisiolähetystä. Radiomikrofoneille tarkoitetut kaistat ovat sitten 01.01.2017 vapautettu luvista. (Viestintäviraston radiotaajuusmääräys 4 V/2016 M, 22.12.2016). Langattomille mikrofoneille varattiin tällöin yllä mainitut taajuudet, sekä 2,4 GHz langaton lähiverkko, ja langattomille monitoreille taajuudet 823-832 MHz.

Langattomien äänijärjestelmien lähetysteho on myös säädetty Viestintäviraston määräysten mukaan seuraavasti: 174-230MHz ja 470-694MHz kaistoilla enimmäisteholla 50mW ERP (efektiivinen säteilyteho). 823-826 MHz kaistalle korkeintaan 12mW säteilyteho, mutta asusteisiin kiinnitettävillä radiomikrofoneilla 60mW. 826-832 MHz taajuuksilla säteilyteho saa olla maksimissaan 60mW. Kaikki edellä mainitut kaistat ovat rajattuja 200kHz kaistaleveyteen. 863-865 MHz taajuudet ovat rajattuja 10mW säteilytehoon. 1785-1804,8 MHz taajuudet ovat rajattuja 20mW säteilytehoon, mutta asusteisiin kiinnitettävänä 50mW (Viestintävirasto 4X/2018M, Taajuusjakotaulukko-liite). Erikoistilanteissa voi hakea Viestintävirastolta tilapäistä poikkeuslupaa lähetystehon nostamista varten.

2.2 Langaton mikrofoni-/monitorijärjestelmä

Langattomat mikrofoni- ja monitorijärjestelmät lähettävät informaatiota keskenään käyttäen radioaaltoja hyväkseen. Radioaalto koostuu sähkömagneettisen kentän vaihteluiden sarjasta, joka etenee avaruudessa (Heinonen, kurssimateriaali Taajuudet haltuun 2018). Radioaallolla on kaksi pääkomponenttia, sähkö- ja magneettikenttä. Kentät ovat muodoltaan identtisiä mutta kohtisuoraan käänteisiä toisiinsa nähden. Antennin polarisaatio eli asento, määrää sähkökentän suunnan. Jos antenni on pystysuorassa, on myöskin sähkökenttä pystysuorassa. Amplitudi määrittää lähetyksen tehoa ja taajuus määrittää radioaallon pituuden. Radioaalto liikkuu tyhjiössä valonnopeudella, mutta ilmakehässä vastaan tulevat materiaalit hidastavat tai jopa estävät signaalin kulun. Tällaisia ovat esimerkiksi metalliesineet, jotka kokonaan estävät signaalin kulun, tai ilma, jonka läpi radioaalto joutuu käytännössä aina kulkemaan. Lähetetty ja vastaanotettu signaali saattavat näin poiketa tehossaan valtavasti, sillä lähetyksen teho pienenee paljon matkan varrella. Tehon menetys ei ole lineaarinen vaan algoritmien, ja etäisyyden tuplaantuessa radioaalto menettää kolme neljäsosaa tehostaan.



Kuvio 1. Yllä olevassa kaavassa on kuvailtu yksinkertainen langaton äänijärjestelmän.

Langattomassa äänijärjestelmässä välitystaajuudella siirretään informaatio lähettimestä vastaanottimeen. Moduloimalla signaalin taajuutta (FM) tai amplitudia (AM) lähettimessä pystytään liittämään mikrofoniin tai muusta lähteestä saatua ääntä välitystaajuuteen, joka vuorostaan pystytään demoduloimaan vastaanottimeessa. Lähes kaikki radiomikrofonit ja radiomonitorit toimivat taajuusmodulaation(FM) avulla. Siinä amplitudi pysyy vakiona lähetyksessä, ja moduloimalla välitystaajuutta siirretään informaatio radiolähetyksessä.

Langattomat äänijärjestelmät toimivat kahdensuuntaisesti. Joko lähetin on langattomana näyttämöllä ja lähettää signaalia äänijärjestelmään kytkettyyn vastaanottimeen (ns. radiomikrofoni), tai käänteisesti se lähetetään äänijärjestelmästä langattomaan vastaanottimeen näyttämöllä (ns. radiomonitori).

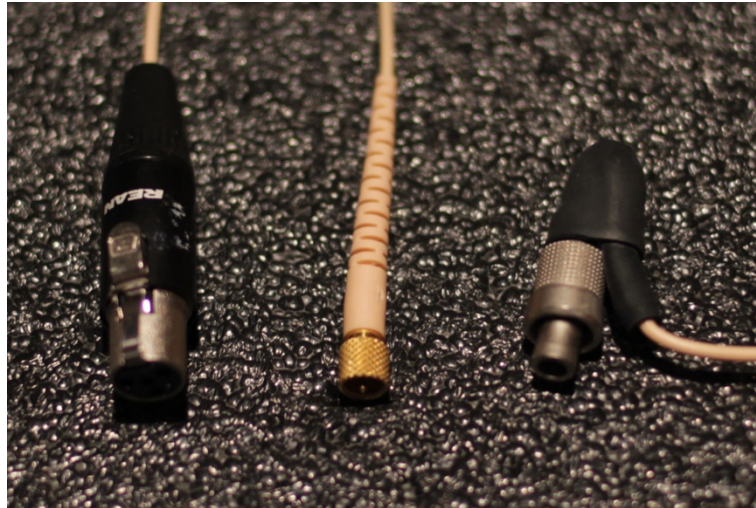
On olemassa analogisia, digitaalisia ja hybridijärjestelmiä. Kaikissa järjestelmissä lähteestä saapuva ääni muunnetaan radiosignaaliksi ja lähetetään radioaalloilla ilmojen halki, ja vastaanotin vastaanottaa ja muuntaa linjatasoiseksi ja lähettää eteenpäin äänijärjestelmään. Analogiset järjestelmät ovat epälineaarisia ja siten herkempiä ulkopuolisille häiriöille, kuten esimerkiksi keskeismodulaatiolle tai sisäisten komponenttien häiriölle, kuin digitaaliset järjestelmät, jotka ovat lineaarisia. Digitaalisessa järjestelmässä lähteestä tuleva signaali muunnetaan analogisesta digitaaliseksi jo lähettimessä ja lähetetään binäärisessä muodossa vastaanottimeen. Käytännössä lähetetään siis ykkösiä ja nollia. Tämä kyseinen konversio tuottaa signaaliketjuun latenssia eli viivettä, mutta riippuen tuotteen merkistä ja mallista eri suurta määrää. Hybridijärjestelmän lähetys on analoginen, mutta signaalinkäsittely lähettimessä on digitaalinen.

2.3 Äänilähde

Alkuperäinen lähde on useimmiten ihmisen ääni, joka äänitetään mikrofonilla. Mikrofoni on ensimmäinen askel elektronisessa äänensiirrossa ja -vahvistuksessa. Suurin osa langattomille mikrofonijärjestelmille tarkoitetuista mikrofoneista on esipolarisoituja kondensaattorimikrofoneja (engl. Pre-polarized condenser microphone), koska suurella osalla lähettimistä ei ole balansoitua liitintä, eikä mahdollisuutta 48 voltin eli phantom-jännitteen syöttöön, joka on edellytys tavanomaisille kondensaattorimikrofoneille. Löytyy kuitenkin järjestelmiä nimenomaan tähän tarkoitukseen, lähettimiä jotka pystyvät syöttämään phantom-jännitettä mikrofooniin. Tällaisia ovat esimerkiksi Sennheiser SKP 300- ja Wisycom MTB40s- tulppalähetimet eli niin sanotut plug-on-lähetimet. Riippuen käyttötarkoituksesta plug-on-lähettimillä, on valittavissa suuri skaala mahdollisia mikrofoneja eri suuntakuviolla, koska liki mitä tahansa tavanomaista mikrofontia voidaan käyttää. Äänilähteenä saattaa myös toimia jokin muu kuin mikrofoni. Langattomia monitoreita syötetään äänipöydästä, ns. mikseristä, lähtöisin olevalla signaalilla. Käytännössä mikä tahansa äänisoitin voi toimia äänilähteenä, esimerkiksi sähköpiano tai puhelin, joka on kytketty lähettimeen.

2.4 Liittimet

Lähettimeen kiinnitettävillä signaalilähteillä (mikrofoni, soitin, ym.) saattaa olla erilaisia liittimiä. Eri valmistajat, sekä langattoman lähettimen että signaalilähteen valmistajat, käyttävät erilaisia liittimiä omia standardeinaan. Esimerkiksi Shuren lähettimet on yleisesti varustettu mini-XLR liittimillä, kun taas Sennheiser käyttää Lemo-liitintä tai 3,5mm plugia (EW-connector).



Kuvio 2. Kuvassa havainnollistettu kolmen eri liittimen kokoa. Vasemmalla mini-XLR liitin, keskellä microdot-liitin ja oikealla lemo-liitin vedonpoistolla.

Eri liittimet saattavat poiketa toisistaan paljon kooltaan ja ulkonäöltään, mutta teknisesti liittimet toimivat identtisesti eli siirtävät signaalia kaapelin liittimestä vastaanottimen liittimeen. Niiden rakenteen eroavaisuuksilla on eri haittoja ja hyötyjä, mutta tämäkin asia on suhteellinen käyttäjien kokemuksiin. Toiset vannoutuvat Lemo-liittimen parhaimmuuteen ja kestävyuteen, kun taas toisten mielestä se on liian kömpelö ja kallis. Omakohtaiset kokemukseni ovat, että pitää hyödyntää positiiviset aspektit liittimistä ja käyttää niitä hyväkseen. DPA:n mikrodot-liittimet ovat helppoja ja halpoja korjata ja vaihtaa, ja ne kestävät yllättävän paljon vääntöä ollakseen niin pieniä ja hentoja. Toisaalta mikrodot-liittimet eivät lukkiudu, ja saattavat aueta itsestään käytössä, jos ei tarkasta liittimen kireyttä ennen käyttöä. Lemo-liittimet ovat jämeriä ja suhteellisen pienikokoisia ja ne lukkiutuvat, mutta vaikeampia ja kalliimpia uusia tarvittaessa. Shuren mini-XLR-liittimet ovat helppoja ja halpoja uusia vaikka itse. Ne ovat myös nopeita asentaa käytössä, koska niissä ei ole kiertävää lukkiutumismekanismia. Toisaalta ne ovat kookkaita verrattuna muihin liittimiin, mikä lisää niiden näkyvyyttä. Koko aiheuttaa myös vipuvarren, joka saattaa johtaa lähettimen liittimen vääntymiseen ja rikkoutumiseen.

Monilta valmistajilta voi halutessa saada haluamansa liittimen uusia hankkiessa. Esimerkiksi Wisycomin lähettimet voi saada joko microdot- tai Lemo-liittimellä varustettuna. Myös eri signaalilähteitä voi tilata eri liittimillä, esimerkiksi DPA:n 4060-sarjan nappimikrofonit, jotka ovat hyvin suosittuja teatterikäytössä, voi tilata uusina eri liittimillä (Microdot, Lemo, EW-connector, ym.). Jos tilanne sen vaatii, yleensä löytyy eri adaptereita tietyn liittimen kääntämiseen yhteensopivaksi toisen liittimen kanssa. Adaptereita kannattaa kuitenkin käyttää varoen. Vaikka adapterin käyttö saattaa mahdollistaa tietyn mikrofonin tai muun lähteen käytön, tuo se mukanaan eri haittoja ja riskejä, kuten lisää hajoavia osia ja suurempaa vipuvartta aiheuttaen lisää painetta lähettimen liittimeen, joka saattaa ajan kuluessa hajota herkemmin kuin ilman adapteria. Adapterit ovat myös usein suhteellisen kalliita. Tämän takia kannattaa myös ottaa huomioon järjestelmää suunniteltaessa, mitä liittimiä haluamansa äänilähteet ja lähettimet käyttävät. Näin voi minimoida tulevia ongelmia ja mahdollisia lisäkustannuksia adaptereissa tai liittimien vaihtoa tehdessä.



Kuvio 3. Kuvassa vasemmalla microdot-liitin mini-XLR-adapterilla ja oikealla microdot-liitin suoraan kiinnitettyä lähettimeen ilman adapteria.

2.5 Lähetin ja vastaanotin

Lähetin lähettää äänilähteestä (mikrofonista tai mikseristä) saatua signaalia. Pääsääntöisesti on neljä erityyppistä lähetintä. Vyölähetin (engl. beltpack tai bodypack transmitter) on yleisesti taitelijan mukana kulkeutuva lähetin. Kuten nimi antaa osviittaa se usein

kiinnitetään jonkin tapaiseen vyöhön. Kapulälähetin (engl. handheld transmitter) on valmis yhdistelmä kädessä pidettävästä mikrofonista ja lähettimestä. Tulppälähetin (engl. plug-on transmitter) on balansoidulla XLR-sisääntulolla varustettu lähetin, joka mahdollistaa phantom-jännitteen syötön, ja näin ollen siihen voi kytkeä pitkälti minkä tahansa äänilähteen. Räckkilähettämiä käytetään enimmäkseen radiomonitorien signaalin jakeluun. Radiolähettimen sisäiset komponentit prosessoivat signaalia monin tavoin ennen kuin se kulkeutuu antennille ja sieltä avaruuteen vastaanotettavaksi. Vastavuoroisesti signaalia prosessoidaan vastaanotimessa ennen kuin se lähetetään vastaanottimen ulostuloon. Kun lähetin on mobiili ja vastaanotin staattinen, puhutaan radiomikrofonista. Kun lähetin pysyy paikoillaan ja vastaanotin on mobiili, puhutaan radiomonitorista.



Kuvio 4. Kuvassa Wisycom-merkkisiä lähettämiä. MTP41 vyölähetin, MTH400 kapulälähetin, MTK952 räckkilähetin ja MTB40S tulppälähetin.



Kuvio 5. Kuvassa eri valmistajien vastaanottimia. Lectrosonic M2r-vyövastaanotin, Sennheiser G4-vyövastaanotin ja Shure AXT400-räckkivastaanotin.

Analogisessa järjestelmässä äänilähteestä tuleva signaali siirtyy mikrofoniapelin ja liittimen kautta lähettimeen. Signaali vastaanotetaan äänipiiriin, joka on ensimmäinen komponentti vastaanottimessa. Äänipiirin etuvahvistimessa äänisignaali muutetaan sähkösignaaliksi ja optimoidaan radiolähetystä varten käyttäen eri suodattimia. Suodatin on piiri, joka päästää tietyntaajuiset signaalit lävitseen ja estää muiden signaalien kulun (Räisänen & Lehto, Radiotekniikan perusteet, 2011). Korkeita taajuuksia signaalissa korostetaan (engl. pre-emphasis), korkeiden taajuuksien häiriön minimoimiseksi lähetyksessä, minkä jälkeen signaali etenee companderiin. Companderissa signaali pakataan suuremman dynamiikan saavuttamiseksi lähetyksessä, jonka lähetykskaista on rajallinen. Eri valmistajat käyttävät erilaisia pakkausalgoritmeja, minkä takia eri valmistajien tuotteet harvoin toimivat keskenään, mutta yleisesti ottaen ne pakkaavat signaalia kahden suhdeyhteen (2:1). Seuraavaksi äänisignaali kulkeutuu radiopiiriin. Radiopiirin VCO (engl. voltage controlled oscillator), tai jänniteohjattu oskillaattori, muuttaa signaalin radiosignaaliksi käyttäen taajuusmodulaatiota (FM). Sieltä se lähetetään antenniin ja levitettäväksi avaruuteen. Ensimmäinen vaihe vastaanottimessa on suodattaa pois ei haluttuja radiotaajuuksia, toisin sanoen muut kuin haluttu kantotaajuus. Kaikki radiotaajuudet, jotka ylittävät tai alittavat halutun taajuuden, poistetaan. Sitten vastaanottimen oma VCO kääntää radiosignaalin takaisin äänisignaaliksi. Radiopiiristä äänisignaali lähetetään vastaanottimen äänipiiriin, jossa se laajennetaan takaisin alkuperäiseen dynamiikkaansa ja korkeita taajuuksia vaimennetaan (engl. de-emphasis), saavuttaakseen mahdollisimman hyvän representaation alkuperäisestä äänestä ennen lähetystä. Varsinkin jos lähettimen äänisignaali on heikko, radiolähetys ja siihen tarvittava äänen optimointi saattaa muuttaa signaalia ja sen laatua. Viimeisenä askeleena äänisignaali lähetetään vastaanottimen vahvistimeen ennen kuin se kulkeutuu ulostulon liittimiin. Analogisen järjestelmän suurimpana etuna on sen viiveettömyys lähetyksessä.

Digitaalisessa järjestelmässä äänilähde siirtyy mikrofonista samalla tavalla kuin analogisessa, mutta äänipiirissä signaali muutetaan digitaaliseksi ADC-piirissä (analog to digital converter). Signaalia käsitellään monin tavoin eri DSP:llä (digital signal processor), mutta ei ole tarvetta esimerkiksi samoihin korkean taajuuksien korostuksiin kuin analogisilla laitteilla, eikä signaalin pakkaaminen ole periaatteessa pakollista. Digitaalijärjestelmät toki käyttävät compander-tekniikkaa hyväkseen pienentääkseen lähetyksen kokoa ja lähettääkseen niin korkealaatuista dataa kuin mahdollista, mutta se ei vaikuta äänenlaatuun lainkaan, koska lähetettävä data on binääristä. Tämä data käännetään takaisin äänisignaaliksi vastaanottimen päässä DAC-piirissä (digital to analog converter). Kuten

analogisessa järjestelmässä, myös digitaalisessa vastaanottimessa kaikki vastaanottimen toiminnot toistetaan käänteisessä järjestyksessä. Jokainen signaalin konversio, ja jopa lähettimen ja vastaanottimen sisäiset prosessoinnit, saattavat luoda lähetykseen viivettä eli latenssia. Kuinka suuri latenssi on hyväksyttävää, riippuu pitkälti käyttötarkoituksesta. Seminaarin puheen vahvistuksessa on hyväksyttävää, jos langattomassa järjestelmässä on jopa 10-15 ms viive, kun taas esitystaiteessa se ei ole käytännöllistä, varsinkaan tilanteissa joissa taiteilija pystyy kuulemaan oman vahvistetun äänensä. Ammattikäyttöön tarkoitetut digitaaliset äänijärjestelmät tuottavat nykyään noin 3-4 millisekuntia (ms) latenssia. Järjestelmän digitalisuus mahdollistaa tosin monia muita positiivisia piirteitä. Esimerkiksi lähetysten datasiignaaliin voidaan lisätä muitakin informaatiota kuin digitalisoitu äänisignaali, esimerkiksi paristojen lataus, esivahvistimen säädöt ym. Koska digitaalisen järjestelmän lähetys on binäärinen, sen lähetys ei olennaisesti muutu lähetyksestä vastaanottoon, ja näin äänenlaatu pysyy alkuperäisenä läpi signaaliketjun. Tämä antaa digitaaliselle järjestelmälle teoreettisen paremman äänenlaadun analogiseen verrattuna, kun sitä ei tarvitse muuntaa tai muokata itse lähetyksessä. Digitaalisten järjestelmien binäärisuus myös mahdollistaa niiden lähetysten salaamisen, jos laitteisto sen sallii. Tämä ei ole mahdollista analogisilla laitteilla, ja käytännössä kuka tahansa antennin kantaman sisällä oleva voi kaapata signaalin omalla vastaanottimellaan ja kuunnella lähetystä. Digitaalinen järjestelmä ei lineaaristen komponenttiansa takia olennaisesti tuota mitään keskeismodulaatiosta johtuvia sivutuotteita, ja näin ollen kanavia voi pakata lähemmäksi toisia ja teoreettinen järjestelmäkoko on huomattavasti suurempi kuin analogisessa.

Analogiset ja digitaaliset järjestelmät eroavat myös siinä, miten ne käyttäytyvät signaalin kantaman ääripäässä ja sen loppuessa. Analogisessa järjestelmässä äänisignaaliin alkaa pikkuhiljaa lisääntyä kohinaa, kun lähettimen antenni siirtyy kauemmas pois vastaanottavasta antennista tai liikkuu katvealueelle. Digitaalinen järjestelmä taas ylläpitää täyden äänenlaadun radiosignaalin heikentyessä, mutta ohitettuaan kriittisen heikentymisen rajan se katkeaa kokonaan. Digitaalisessa järjestelmässä on selvästi etu äänen laadussa kantaman loppupäässä, mutta toisaalta analogisessa järjestelmässä ei tule yhtäkkiä yllättävää signaalin katkoa teknikon tietämättä, missä kantavuuden raja menee.

Hybridijärjestelmässä äänisignaali muutetaan digitaaliseksi lähettimessä kuten digitaalisessa järjestelmässä, ja se myös käsitellään digitaalisessa muodossa eri DSP-komponenteissa. Mutta ennen lähetystä signaali muunnetaan takaisin analogiseksi ja itse

radiolähetys ja signaalin prosessointi siitä eteenpäin toimii samalla tavalla kuin analogisessa järjestelmässä.

Jos vastaanotin jostain syystä, esimerkiksi lähettimen paristojen tehon loppumisen tai liiallisen etäisyyden takia, ei saa yhteyttä haluttuun kantotaajuuteen, se joka tapauksessa saattaa vastaanottaa muita radiosignaaleja samalla taajuudella. Jos vastaanotin poimii toisen signaalin sijaan taustakohinaa, sieltä saapuva ääni, valkoinen kohina (engl. white noise), saattaa jopa olla voimakkaampi kuin lähettimestä lähetetty äänisignaali. Vastaanotinvaimennus, ns. squelch, on vastaanottimen ominaisuus, jolla ongelman voi oikaista. Squelchin toiminto perustuu siihen, että vastaanotin jättää huomiotta säädetyn tason alittavat signaalit. Ellei vastaanotin näe signaalia, sen ääniulostulo on hiljennetty. Vasta kun radiosignaali ylittää säädetyn tason, ääniulostulo avataan. Tason voi itse määrittää, mutta kannattaa kuitenkin nostaa tasoa varoen, ettei oma signaali jää jostain syystä vastaanottamatta.

Tavanomaisin tapa käyttää langatonta monitorointia on IEM:n (In Ear Monitor) avulla. IEM on langaton monitori kuulokkeella, joka asettuu korvaan tai sen päälle. Langattomia monitoreita voidaan myös käyttää esimerkiksi kytköksissä aktiivikaiuttimen kanssa, joko monitorointina tai pistetehosteena, jos esimerkiksi halutaan antaa tietylle äänitehosteelle lokalisaatio. Koska IEM-vastaanottimet ovat hyvin pieniä kooltaan, ne eroavat jonkin verran tavanomaisista rakkimallisista vastaanottimista, vaikka niissä on kaikki samat tarvittavat peruskomponentit radioliikennöimiseen. Suurimpana erona on yleensä diversiteetin puute, eli vastaanottimella on vain yksi antenni. Jotkin järjestelmät yrittävät käyttää kuulokekaapelia toisena antennina, mutta se ei ole optimoitu antenniksi, joten nämäkin järjestelmät toimivat käytännössä ilman diversiteettiä. Toisaalta on valmistajia, joilla on kahdella antennilla varusteltuja vyövastaanottimia (engl. Beltpack tai Bodypack receiver), esimerkiksi Lectrosonic, Shure ja Wisycom. Ongelmia saattaa joko tapauksessa ilmetä antennien läheisyydestä, mikä omalla tavallaan rajaa diversiteetin toimivuutta, kun antennit ovat alle kantotaajuuden neljäsosa mitan etäisyydellä toisistaan.

2.6 Keskusantennijärjestelmä

Keskusantennijärjestelmän tehtävä on varmistaa ja vahvistaa signaalin kulku lähettimestä vastaanottimeen. Keskusantennijärjestelmä koostuu lähettimen ja vastaanottimen antenneista, kaapeloinnista, mahdollisesta antennivahvistimesta ja signaalin jake-

lukekuksesta. Lähetyksen kirkkaus ja vahvuus ovat tärkeitä tekijöitä toiminnalliselle järjestelmälle, jotta monitie-etenemisen ja muiden ulkopuolisten häiriöiden vaikutus jäisi minimiin. Mitä suljetummaksi järjestelmän saa suunniteltua ja toteutettua, sen todennäköisempää on, että ulkopuolisella häiriöllä ei ole väliä. Varsinkin nykyään on tärkeää, kun kaikki radioliikenteelle tarkoitettut kaistat ovat luvasta vapautettuja, että antennijärjestelmät ovat kunnossa, koska samalle kaistalle pyrkiviä laitteita saattaa olla huomattavasti enemmän kuin ennen lupien vapautumista.

Antennit ovat mitä tärkeimpiä elementtejä signaalin siirrossa radiotekniikassa. Antenneja on monenlaisia, erimuotoisia ja eri suuntakuviolla, mutta käytännössä ne kaikki toimivat samoilla periaatteella. Antenni on sähköinen johdin, joka lähettää ja vastaanottaa sähkömagneettisia aaltoja. Antennin koko on suoraan verrannollinen käyttötaajuuteen. Mitä suurempi antenni sen matalampi vastaanotettava taajuus. Monet antennit ovat kuitenkin puolitaajuus- tai neljäsosataajuusantenneja, mikä tarkoittaa, että ne ovat huomattavasti pienempiä ja lyhyempiä kuin taajuus johon ne ovat optimoituja. Itse antenni ei ole valikoiva, vaan se säteilee ja vastaanottaa kaikki taajuudet ja signaalit sen ulottuvilla. Antenni ei itsessään vahvista signaalia, vaan lähettää sen edelleen järjestelmässä, joko vastaanottimeen tai lähettimestä toiseen antenniin vastaanotettavaksi. Niin sanottu aktiivinen antenni on antenni, johon on valmiiksi kytketty signaalivahvistin.



Kuvio 6. Kuvassa ylhäällä vasemmalla Wisycorin LBN1 suuntaava logperiodinen antenni; ylhäällä oikealla Shuren UA8 puolitaajuus antenni; alhaalla vasemmalla Sennheiserin A5000-CP helix-antenni; ja alhaalla oikealla Wisycorin ADN-ADB, pallokuviainen laajakaista-antenni.

Yleisimmät antennit radiomikrofonikäyttöön ovat neljäsosataajuus-, puolitaajuus-, logperiodisia tai helixantenneja. Langattomissa lähettimissä ja vastaanottimissa antennit ovat lähes poikkeuksetta neljäsosataajuusantenneja. Neljäsosa- ja puolitaajuusantennit ovat kaikki pallokuvioisia, vaikka niiden säteilymuoto käytännössä muistuttaa enemmänkin donitsia, koska antenni ei säteile päiden suuntaisesti. Logperiodiset antennit ovat puolestaan suuntaavia ja muistuttavat säteilykuvioiltaan mikrofonin herttakuviota. Yleisesti ottaen suuntaavalla antennilla on pitempi kantomatka ja se on epäherkempi häiriöille kuin pallokuvioiset antennit. Helixantenneja käytetään usein radiomikrofonien signaalien lähetyksessä, koska spiraalimuotoisen antennirakenteensa ansiosta ne ovat vähemmän herkkiä vastaanottavan antennin polarisaation ja vaihtelevien antennien asentojen suhteen. Radiomonitorit eivät yleensä ole diversiteettisiä, joten niillä on vain yksi vastaanottava antenni, joka on herkempi lähettävän ja vastaanottavan antennin asennosta.

Radiomikrofonin lähettimeen on tyypillisesti kytketty, pallokuvioinen neljäsosataajuusantenni, joka jakelee signaalia kaikkiin suuntiin kaikille kuunteleville laitteille, sille määritellyllä taajuudella. Radiomonitorissa periaate on sama mutta käänteinen. Siinä on yleensä, pallokuvioinen antenni, joka kuuntelee lähetyksiä kaikista suunnista. Radiomikrofonin vastaanottimen päässä saattaa olla joko pallokuvioisia tai suunnattuja antenneja. Suunnatulla antennilla pystyy paremmin määrittämään, mistä suunnasta toivottu signaali poimitaan.

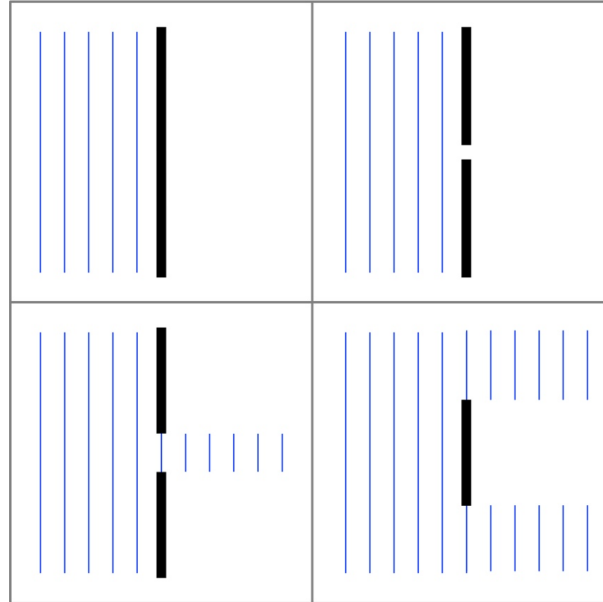
Suljetulla antennijärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, joka on mahdollisimman rajoitettu. Siinä on otettu huomioon tilan fyysiset puitteet ja sen mukaisesti valittu antenneja parhaiten soveltuviin sijoituksiin. Suljetussa järjestelmässä hyötynä on varsinkin ulkopuolisten häiriöiden minimointi, ja mitä tarkemmaksi antennien suuntaukset on optimoitu, sitä pienemmällä lähetysteholla pärjää, mikä vuorostaan saattaa mahdollistaa pidemmän käyttöajan radiomikrofonien akuille. Koska antennit ovat optimoituja juuri siihen tilaan missä omat lähettimet toimivat, on todennäköistä, että samoille taajuuksille saapuva häiriö on niin pientä, ettei se pysty kumoamaan omien lähettimien signaalia. On ikävää, jos esitystilanteessa omille kanaville tulee ei-toivottua signaalia ulkopuolisesta äänilähteestä, esimerkiksi viereisessä tilassa olevasta langattomasta mikrofonista, joka operoi tehokkaammalla lähetysignaalilla, tai jos antennisignaalin heikkouden takia poimitaan lähetykseen taustamelua. Tästä johtuen suljettu antennijärjestelmä antaa ainakin näennäisen turvan ulkopuolisilta häiriöiltä. Tietyissä tilanteissa tämä saattaa kuitenkin olla

harmiksi. Kun esitysalue on hyvin rajattu, se myös estää niitten rajojen ulkopuolella toimimisen, mikä joskus saattaa olla toivottua. Esimerkiksi teatterituotannossa saattaa näyttelijällä olla tarve tehdä sisääntulo muusta paikasta kuin näyttämön sivusta, esimerkiksi katsomosta. Jos antennijärjestelmä on rajattu hyvin tarkasti näyttämölle, voi olla, ettei se kykene poimimaan salista saapuvaa näyttelijän signaalia. Toisena haittana saattaa olla näyttämöääniteknon, niin sanotun mikkikallen, työtä häiritsevä raja. Jos järjestelmä on liian rajattu voi olla, ettei näyttämöääniteknikko pysty monitoroimaan ja valvomaan lavan sivuissa tai esimerkiksi meikattavana olevaa taiteilijaa, tietääkseen toimiiko hänen mikrofoninsa ennen näyttämölle astumista.

Esteettömällä signaalireitillä tarkoitetaan tilannetta, jossa lähettimen ja vastaanottimen antennit ovat näköyhteydessä. Tästä johtuen on hyvä saada lähettimen ja vastaanottimen antennit sijoitettua siten, ettei niiden välissä ole mitään radioliikennettä haittaavaa estettä. Esimerkiksi ihmisen keho torjuu radiosignaaleja tehokkaasti. Myös eri metalliesineet, ja joissain määrin muutkin materiaalit, saattavat estää tai heikentää radiosignaalin kulkua. On siis hyvä sijoittaa antennit ihmisten päitä korkeammalle ja välttää suurien metalliesineiden väliintuloa suoran radiosignaalin reitille.

Antennin polarisaatio eli asento määrää radiosignaalin sähkökentän suunnan. Jos antenni on pystysuorassa, on myös radiolähetyksen sähkökenttä pystysuorassa. Antenni vastaanottaa lähettimen signaalia parhaiten, kun antennien polariteetit ovat samansuuntaiset tai 180 astetta käänteisiä toisiinsa nähden. Koska langattomat laitteet harvoin pysyvät paikoillaan, vaan liikkuvat artistin mukana näyttämöllä, antennien asento harvoin pysyy vakiona. Siksi diversiteettiä hyödyntävässä järjestelmässä on todettu hyväksi asentaa antennit 90 asteen kulmaan suhteessa toisiinsa, sen varmistamiseksi, että ainakin jompikumpi vastaanottava antenni on lähellä samaa polarisaatiota kuin lähettävä antenni. Antennien liian läheinen sijoitus ei myöskään ole hyväksi, koska tämä saattaa aiheuttaa sisäisiä häiriöitä vastaanottimen komponenteista. Diversiteetin toimivuuden varmistamiseksi kannattaa antennit sijoittaa vähintään neljäsosataajuuden päähän toisistaan. Täyden taajuuspituuden välin jälkeen antennien välimatka ei enää vaikuta diversiteetin toimintaan. On toki useita tilanteita, joissa kannattaa asentaa antennit huomattavasti kauemmaksi toisistaan (ns. etäasennus), esimerkiksi jos esitystila on laaja ja sitä ei pystytä kattamaan kokonaan vastaanottimen perässä sijoitetuilla antennilla, tai halutaan suunnitella mahdollisimman suljettu antennijärjestelmä. Koska monet eri tekijät vaikuttavat antennisignaaliin kriittisesti, pitää antennien sijoituksia suunnitella tarkkaan.

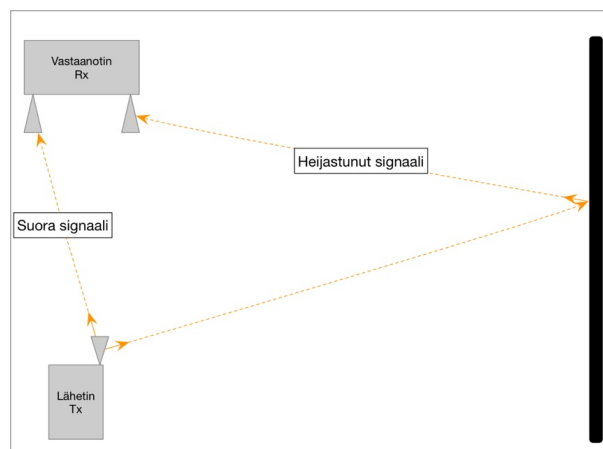
Varsinkin antennikaapelin pituudesta johtuva hävikki on laskettava tarkkaan ja tarvittaessa vahvistaa signaalia. Koska neljäsosataajuusantenni tarvitsee vastaanottimen rungon maadoitukseen se ei sovellu etäasennukseen, siihen soveltuu puolitaajuus-, logperiodinen tai esimerkiksi helix-antenni.



Kuvio 7. Kuvassa sinisten viivojen väli indikoi taajuuden pituutta. Ylävasen: Metalliesine estää signaalin kulun. Yläoikea: Vaikka esteessä on aukko, on taajuuden pituus isompi kuin aukon koko, joten signaali ei kulje sen läpi. Alavasen: Aukko on isompi kuin taajuuden pituus, joten signaali siirtyy esteestä läpi. Alaoikea: Signaali pääsee kulkeutumaan esteen ympäri. Esteiden takana olevat valkoiset alueet ovat katvealueita joissa suora signaali ei kuulu.

Lähettimen antennista radiosignaali säteilevät kaikkialle antennin suuntakuvion mukaisesti. Pallokuvioinen antenni lähettää signaalia kaikkialle ja suunnattu antenni suuntakuvion mukaisesti. Antenni ei itsessään valikoi, minne se haluaa lähetyksensä vastaanotettavaksi, vaan lähettää sen kaikille kuultavaksi ja kaapattavaksi. Jos mahdollista, vastaanottimen antenni vastaanottaa ensin suoraa linjaa etenevää signaalia, minkä jälkeen siihen saapuvat eri pinnoista heijastuneet signaalit. Koska signaalin taso määrittyy lähetystehosta ja lähettimen etäisyydestä vastaanottavaan antenniin, ovat nämä myöhemmin saapuvat heijastukset eri amplitudissa, vaiheessa ja ajassa kuin suoraan saapuva radiosignaali. Tätä kutsutaan monitie-etenemiseksi, eli radioaallon heijastukseksi. Nämä signaalit saattavat joko vahvistaa, heikentää tai jopa kumota toisiaan kokonaan. Tätä ilmiötä estääkseen kaikki ammattikäyttöön tarkoitetut radiomikrofonivastaanottimet käyttävät diversiteettiä hyödykseen. Diversiteettiset vastaanottimet parantavat merkittävästi

vastaanottimen suorituskykyä ja luotettavuutta minimoimalla radioaaltojen heijastuksista ja vaimennuksista johtuvien radiosignaalin voimakkuuden vaihtelujen vaikutuksia. Diver-siteetillä tarkoitetaan järjestelmää, jossa käytetään useaa, yleisesti kahta, antennia samaan aikaan radiosignaalin vastaanottamiseen. Järjestelmä valitsee niiden väliltä vahvemman ja kirkkaamman signaalin. On olemassa eri menetelmiä, miten hyödyntää kahta järjestelmään kytkettyä antennia. Näistä voidaan mainita esimerkiksi antennikytkin, antennivaihekytkin, vastaanotinkytkin ja vastaanotinyhdistin mainitakseen muutamia. Eri tekniikoilla on eri vahvuuksia ja ne poikkeavat toisistaan monimutkaisuudessaan ja toiminnallisuudessaan, mutta käytännössä ne ajavat samaa asiaa eli pyrkivät varmistamaan parhaimman ja vakaimman mahdollisen lähetyksen.



Kuvio 8. Suora signaali lähettimestä saapuu ensimmäisenä vastaanottimeen, ja kantomatkan ollessa pidempi saapuu heijastunut signaali viiveellä, heikommalla amplitudilla ja mahdollisesti eri vaiheessa kuin suora signaali.

Joskus katettava tila on suuri tai tiloja on useita. Silloin saattaa olla tarvetta käyttää useampaa antennia signaalin kulun varmistamiseksi kaikkialla. Antenneja voi yhdistää passiivisilla T-kappale-yhdistäjillä. Kaapelisignaalihävikkiä laskiessa pitää ottaa huomioon, että jokainen välikappale tuottaa noin kolmen desibelin lisähävikin. Käytettäessä useampaa antennia samaan antennivastaanottimen komponenttiin pitää olla varuillaan, ettei signaali saavu samanaikaisesti molempiin antenneihin ja aiheuta vaihevirhettä ja mahdollista signaalihäviötä tai jopa totaalista signaalihävikkiä, niin sanottua drop-outia. Tietyt sofistikoituneet antennijakelujärjestelmät pystyvät kuitenkin toimimaan usean antennin vastaanotolla samassa tilassa, esimerkiksi Wisycom SPL 222A-antennijakaja.

Vastaanottimeen tuleva signaali saattaa heikentyä matkan varrella monesta eri syystä. Joko itse radiosignaali lähettimen antennista heikkenee liiallisen etäisyyden takia, näytämöllä olevan metallisen esteen takia, tai antennikaapelin pituudesta johtuen signaali menettää potentiaalia. Antennien välimatkan kaksinkertaistuessa teho radiosignaalissa vähenee nelinkertaisesti. Kaikki antennikaapelit vaimentavat signaalia, mutta eri määriä riippuen kaapelin laadusta ja pituudesta. RG-58/U on yleisesti saatavilla oleva koaksiaalikaapeli, jota käytetään antennikaapelina, mutta se ei välttämättä ole paras tai soveltuvin kaapeli. Se menettää 400 MHz taajuudessa noin puolet signaalin tehosta hävikkiin jo kymmenessä metrissä. Paremman laatuksessa kaapelissa hävikki on pienempi, esimerkiksi RG-213/U koaksiaalikaapelissa hävikki on 400 MHz:ssä noin 1,6 dB eli noin 30% signaalista kymmenellä metrillä. Yleisesti ottaen kaapelin laatu määräytyy sen keskijohdinten ja eristeen paksuudesta, joten mitä vähemmän kaapeli vaimentaa signaalia sen paksumpi sen on. Kun kaapelin halkaisija kasvaa se myös muuttuu painavammaksi ja kömpelömmäksi ja jossain vaiheessa tämä yhtälö tarkoittaa, että kaapeli menettää käytännöllisyytensä teatterikäytössä. Nyrkkisääntönä korkeintaan 5 dB kaapelihäviö on hyväksyttävä vastaanottimen päässä, joten signaalia pitää vahvistaa antennivahvistimella signaaliketjussa, jos häviö on suurempi matkan varrella. Kannattaa kumminkin pitää mielessä, ettei signaalia kannata vahvistaa enemmän kuin on tarpeen. Signaalin kokonaisvaltainen vahvuus (engl. net gain) tulisi olla korkeintaan +10 dB. G. Sigismundin ja C. Tapian mukaan liiallinen vahvistus saattaa ylikuormittaa vastaanottimen etupääpiirin, aiheuttaen signaalin poisputoamisen ja RF-vuotoa, jossa yhden lähettimen signaali ilmenee useassa vastaanottimessa. Yleisesti käytetään 50 ohmin kaapelia standardina antennisignaalin siirtoon langattomissa äänijärjestelmissä. 75 ohmin kaapelia ei yleensä käytetä, koska impedanssin sopimattomuudesta johtuen se saattaa lisätä häviötä signaaliketjussa, mutta hätätapauksessa se on käypä vaihtoehto, koska yleisesti lisähäviö on vain noin 1 dB luokkaa. Kaapelin pituudella on huomattavasti suurempi vaikutus vaimentamiseen kuin impedanssin eroilla, joten antennien kaapelivedot kannattaa yleensä pitää niin lyhyinä kuin mahdollista.

Kaapelityyppi	Keskijohdin Ø mm	Halkaisija Ø mm	Vaimennus dB/100 m @400 MHz
RG-58/U	0,95	5,00	36,00
Aircell 5	1,08	2,00	19,30
RG-213/U	2,25	10,30	14,50
Aircell 7	1,85	7,30	13,20
Ecoflex 10 Standard	2,85	10,20	8,40
Aircom Plus		10,30	8,40
Aircom Premium	2,75	10,20	7,30
Ecoflex 15 Standard	4,50	14,60	5,90

Kuvio 9. Kuvassa koaksiaalikaapelien vertailutaulukko, jossa näkyy kaapelin keskijohdinten paksuus, ulkohalkaisija ja kyseisten kaapeleiden häviö sadalla metrillä 400 Mhz:n taajuudella.

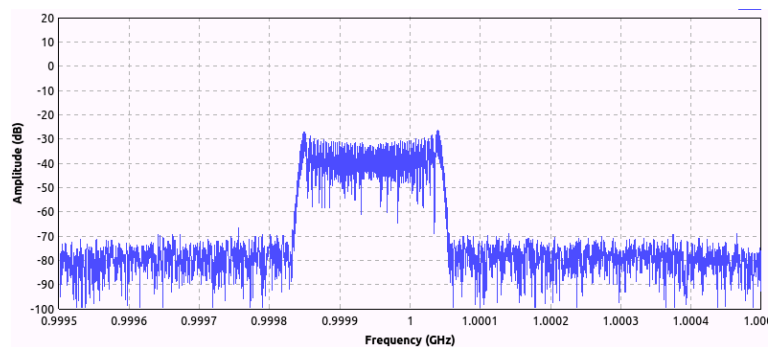
2.7 Radiotaajuus- ja sisäiset häirinnät

Radioliikennettä saattavat haitata monet eri tekijät. Televisiokanavien lähetykset, sisäisten komponenttien kesken aiheutuvat häiriöt, signaalin heijastus, intermodulaatio ja muiden RF-laitteiden toiminnasta johtuvat häiriöt. Suurin osa näistä häiriöistä, lukuun ottamatta heijastuksia ja muiden toimijoiden radioliikennöintiä, pystyy ennakoimaan ja laskelmoimaan etukäteen. Niin ollen ne pystytään minimoimaan, ellei jopa poistamaan kokonaan.

Vastaanottimen antenniin saapuu ensin, jos mahdollista, suora radiosignaali lähettimen antennista. Tämän jälkeen vastaanottimeen saapuu eri pintojen kautta kimmonneet radiosignaalit, niin sanotut heijastukset. Näiden kahden signaalin erona on etäisyys ja siksi niillä on eroja saapumisajassa, amplitudissa ja vaiheessa. Kuten A. Räisänen ja A. Lehto toteavat, signaali häipyy aina, kun nämä kaksi aaltoa ovat vastakkaisessa vaiheessa. Käytettäessä diversiteettiä hyödyntävää järjestelmää tämä häiriö on helppo poistaa siirtämällä antennien sijaintia hieman, jotta heijastuksien kautta antenneihin aiheuttama vaihevirhe korjaantuu.

Käytettäessä useampaa kuin yhtä langatonta järjestelmää samanaikaisesti pitää niillä olla uniikit taajuudet, koska yksi vastaanottaja ei pysty demoduloimaan kahta signaalia samanaikaisesti. Jos useampi signaali saapuu samalle taajuudelle samanaikaisesti, vahvempi signaali dominoi lähetystä ja jyrää heikomman lähetysten signaalin. Jos molemmat signaalit ovat likimain samassa tehossa, kumpikaan signaali ei tule läpi, vaan

molempien lähetys estyy. Sama tilanne saattaa syntyä myös muiden käyttäjien laitteista, esimerkiksi jos viereisessä tilassa on muu tilaisuus, jossa käytetään langattomia lähettämiä. Jos niiden lähetyssignaali on kyllin tehokas ja kantautuu omille antennille, niin se saattaa myös vaikuttaa omien järjestelmien signaaleihin negatiivisesti. Myös televisiokanavat aiheuttavat komplikaatioita radiotaajuuksia etsittäessä. Taajuusmittauksessa nämä näkyvät suurina signaalipalikoina. Nämä ongelmat ratkaistaan vaihtamalla yhdessä tai useammassa järjestelmässä kantotaajuutta.



Kuvio 10. Digitaalitelevision lähetykset näkyvät ”kuutiona” radiotaajuusspektrissä.

Epälineaaristen komponenttien vuorovaikutus langattomissa järjestelmissä aiheuttaa keskeismodulaatiota eli niin sanottua intermodulaatiota (IM). Tästä johtuen analogisen järjestelmän lähettimestä säteilevä signaali ei pelkästään kantaudu kantosignaalilla, vaan myös intermodulaation tuottamalla muilla taajuuksilla. Tämä tarkoittaa, että jos intermodulaation tuottama taajuus on sama kuin joku toinen käytössä oleva taajuus, taajuus jota halutaan käyttää saattaa estyä. Intermodulaatio vahvistuu kahden lähettimen, tai lähettimen ja vastaanottimen, liiallisesta läheisyydestä. Lähettimien antennit kantaa myös pitää toisistaan erossa, koska on mahdollista, että kaksi hyvin lähellä toisiaan olevaa lähettimen antennia poimivat toistensa lähettimen sisäisessä oskillaattorissa tuotettua taajuutta, joka sekoittuu ja häiritsee omaa lähetystä. Nämä taajuudet ovat matemaattisesti laskettavissa ja suoraan verrannollisia kantosignaaliin. Tästä johtuen kyseisiä ei-haluttuja sivutaajuuksia pystyy laskemaan. Nämä laskelmat ovat osa niin sanottua taajuuslaskelmaa, joka tehdään RF-skannauksen tulosten ja toivottujen kanavamäärien perusteella. Kun käytössä on useampi järjestelmä, laskentakaava kasvaa eksponentiaalisesti jokaisesta lisästä järjestelmästä. Jo kymmenen kanavan järjestelmä aiheuttaa tuhansia laskelmia. Näitä laskentoja kannattaakin antaa hoidettavaksi eri ohjelmistoille, joita ovat esimerkiksi Shuren Wireless Work Bench (WWB) tai Professional Wirelessin

Intermodulation Analysis System (IAS). Nämä ohjelmistot eivät kuitenkaan pysty ottamaan kaikkia tekijöitä ja parametreja huomioon, koska laskelmia tulisi liian paljon, niistä tulisi aivan liian pitkiä ja niiden prosessointi veisi liikaa aikaa, jopa tämän päivän tietokoneilla. Vaikka ohjelmiston perusteella annettu taajuuskaava toimii, voi olla, ettei itse kanavanava ole täysin puhdas muusta radioliikenteestä, kun lähettimen sulkee pois päältä, koska ohjelmistot joutuvat tekemään kompromisseja laskelmoineissaan. Tähän hätään voi kokeilla niin sanottua RF-War-Gaming-menetelmää, joka on aikaa vievä käsin tehtävä menetelmä, jolla voi varmistaa käytettävien kanavien toimivuuden ja puhtauden intermodulaatiotuotteista järjestelmän keskeisistä taajuuksista. Konsepti perustuu siihen, että asetetaan omat päälle kytketyt lähetimet noin puolen metrin päästä toisistaan näyttämölle vastaanottimien antennien kantamalla. Suljetaan ensimmäinen lähetin, ja varmistetaan että vastaanotin ei ota vastaan mitään intermodulaatiotuotteita muista lähetimistä. Jos ensimmäisen vastaanottimen radioanturit näyttävät siellä olevan liikennettä, vaihdetaan ensimmäiselle lähettimelle ja sen vastaanottimelle kanava. Prosessi toistetaan, kunnes löytyy kanava joka ei poimi muiden lähettimien intermodulaatiotuotteita. Tästä siirrytään seuraavalle lähettimelle, joka suljetaan, tarkistaakseen poimiiko sen vastaanotin intermodulaatiotuotteita muista lähetimistä. Jos ei, voi siirtyä seuraavalle lähettimelle. Joka kerta kun jostain lähetimestä ja vastaanottimesta vaihtaa kanavaa, joutuu prosessin aloittamaan alusta ja tarkistamaan kaikki muut jo aikaisemmin puhtaaksi todetut taajuudet, jotka nyt vuorostaan saattaa poimia intermodulaatiotuotteita uuden kanavan myötä tulleista uusista tekijöistä ja intermodulaatiotuotteista. Tämän takia prosessi saattaa viedä paljon aikaa, enkä suosittelisi sitä suurille järjestelmille. RF-War-Gaming kuitenkin varmistaa, että oma järjestelmä varmasti toimii häiriöttä intermodulaatiosta, ja voi myös toimia hätäratkaisuna vapaiden kanavien löytämiseksi käyttöönsä, jos jostain syystä RF-skannaus ohjelmiston käyttö on estetty.



Kuvio 11. Vasemmassa kuvassa lähettimet ovat noin 2 metrin etäisyydellä. Punaisella nuolella merkattu lähtetimen signaali RF-spektrissä on taajuudella 487.900 MHz, ja mustalla nuolella toisen lähtetimen signaali taajuudella 489.700. Sinisen nuolen kohdalla voi jo havaita kolmannen kerrannaisen IM-tuotteen. Tämä tuote on joka tapauksessa niin heikko, ettei se vaikuta muiden langattomien järjestelmien toimivuuteen. Oikeanpuolisessa kuvassa samat lähettimet ovat vierekkäin vain parin senttimetrin päässä toisistaan, ja RF-mittaus antaa osviittaa siitä, kuinka IM tuotteet kasvavat etäisyyden lähettimien välissä ollessa liian lyhyt. Sinisellä merkattu kolmannen kerrannaisen ja keltaisella viidennen kerrannaisen IM-tuotteet, jotka jo saattavat häiritä muuta langatonta toimintaa. Voi myös huomata, että itse valittu kantotaajuuden signaali on heikentynyt huomattavasti.

2.8 Järjestelmän kriteerit

Langattomille äänijärjestelmille tarkoitettu kaista ruuhkautuu koko ajan enemmän, ja UHF spektrissä on yhä vaikeampaa löytää käyttämätöntä tilaa. Koska digitaaliset televisiokanavat syövät suurimman osan mahdollisista kanavista langattomassa mikrofoni järjestelmässä, on äärimmäisen tärkeää, että omassa kokoonpanossa on mahdollisimman paljon joustavuutta kanavien valinnassa. Mitä suurempaa langatonta järjestelmää aiotaan käyttää, sen tärkeämpi on järjestelmän taajuusalueen laajuus. Joillain laitteilla on laajempi taajuusvastealue kuin muilla, ja toisilla on pienemmät intervallit kanavien välissä, mikä myös edesauttaa löytämään aukkoja RF-viidakosta. Digitaalisten ja analogisten järjestelmien välillä on huomattavia eroja järjestelmien mahdollisissa suuruuksissa. Digitaaliset järjestelmät vievät huomattavasti vähemmän tilaa taajuusspektrissä, ja komponenttien lineaarisuuden takia ne eivät tuota intermodulaatiotuotteita liki ollenkaan, toisin kuin analogiset järjestelmät. Tämä mahdollistaa kanavien sijoittamisen lähemmäksi toisiaan taajuusspektrissä. Aina on myös toivottavaa, että laite toimii lakkaamatta ja tarkoituksenmukaisella tavalla, mutta varsinkin näyttämötaiteessa pieninkin katkos äänessä saattaa pilata kokonaiskuvan ja yleisön nautinnon. Tämän takia laitteiden luotettavuus on mitä suuremmassa osassa valintaprosessia, ja kriteerinä, kun laaditaan ja suunnitellaan järjestelmää. Yleisesti ammattikäyttöön tarkoitettut laitteet ovat luotettavia.

Toki ne ovat myös huomattavasti kalliimpia kuin harrastelijakäyttöön tarkoitetut järjestelmät. Myös ammattilaitteet saattavat pätkiä, mutta syy saattaa monesti löytyä jostain muualta signaaliketjussa kuin itse laitteessa. Valmistajilla on eri lähestymistapoja tuotteidensa käyttöjärjestelmän suhteen. Toisilla saattaa olla taustalla ajatus käytön helpoudesta automaatiota hyväksi käyttäen, ja toisten mielestä parempi vaihtoehto on, että käyttäjällä on mahdollisuus määrittää kaikkia parametreja järjestelmässä itse omien tarpeittensa mukaan. Myös se, kuinka nämä käyttöjärjestelmät on toteutettu, vaihtelee paljon. Onko kyse pelkästä kojeen etupaneelin säätömahdollisuudesta, vai pääseekö järjestelmään kytkeytymään tietokoneella oman ohjelmiston kautta? Ohjelmistojen laatu ja käytännöllisyys, vaihtelee paljon. Ovatko ne yksinkertaisia ymmärtää ja kuinka muokattavissa ne ovat, toisin sanoen kuinka monipuolisia ne ovat? Niiden kannalta on myös hyvä huomioida valmistajan ohjelmiston ylläpidon laatu ja vasteaika. Kun on tilanne päällä ei halua joutua odottamaan viikkoja vastauksen vastaanottamisessa. Langatonta järjestelmää valitessa on myös hyvä ottaa huomioon valmistajan maine luotettavuudesta, muiden käyttäjien kokemukset sekä huollon saatavuus omalla toiminta-alueella.

3 Langattomien äänijärjestelmien käyttö teatterissa

Äänen vahvistusta käytetään esitystaiteessa moneen tarkoitukseen, kuten puheen ja laulun vahvistamiseen, orkesterin soiton vahvistamiseen ja äänitehosteiden ajamiseen. Usein suurin osa äänisignaalista siirretään langallisesti, joko analogisesti tai digitaalisesti eri äänilähteiden, äänimonitorien ja työpisteiden välillä. Monesti on tosin tarve langattomiin ratkaisuihin. Esimerkiksi näyttelijöiden puhe ja laulu, taiteilijan langaton monitorointi (IEM-kuuntelu) tai vaikka liikkuvan muusikon soittimen äänitys, ovat tilanteita, joissa langattomat ratkaisut ovat osoittautuneet suosituiksi. Näissä tilanteissa on useita seikkoja, joita kannattaa ottaa huomioon, ja muuttujia on paljon. Ratkaisuja on yhtä monta kuin tekijöitä.

3.1 Mikrofonit

Näyttelijöille käytetään teatterissa pääsääntöisesti kolmea eri tyyppistä langatonta mikrofonia: nappimikrofonia (engl. lavalier) ja sankamikrofonia (engl. headset) jotka ovat erillisiä langattomaan vyölähettimeen (engl. beltpack tai bodypack) kytkeytyviä mikrofoneja, sekä kapulamikrofonia (engl. handheld) joka on kädessä pidettävä radiomikrofoni. Näillä on ääretön määrä eri käyttötarkoituksia ja tapoja, kuinka niitä voi soveltaa, asentaa ja käyttää omien tarpeidensa mukaan. Tavanomaisessa teatteritaiteessa käytetään mitä useammin nappi- ja sankamikrofoneja näyttelijöiden puheen ja laulun vahvistamiseen. Mikrofonit sijoitetaan aina parhaimman äänenlaadun ja äänenpaineen mukaan, mutta teoksen teknisistä tarpeista ja sen estetiikasta riippuen mikrofonit saatetaan piilottaa niin hyvin kuin mahdollista, etteivät ne näy yleisölle. Tämä tarkoittaa, että mikrofonin sijainnista saatetaan joutua tekemään kompromissi optimaalisen äänenlaadullisen sijainnin suhteen. Eri ääniteknikoilla ja äänisuunitelijoilla on eri preferenssejä optimaalisen soundin suhteen ja omia hyviksi todettuja ratkaisuja parhaimman mikrofonin sijoittelun löytämiseksi, joten etukäteen on vaikeata päätellä, mikä sijainti on mikrofonille paras tietyssä näytelmässä tai tilanteessa. Hyvä sijoittelu takaa halutun äänilähteen laadun, mutta saattaa myös lisätä luotettavuutta käytössä. Jokaisen näyttelijän mikrofonin asennus, niin sanottu mikitys, pitää kuitenkin ottaa omanaan, ja löytää sen hetkisten puitteiden varasta paras mahdollinen ratkaisu. Tyylejä ja tapoja löytyy monta. Mikrofonin voi olla joko teipattuna kiinni ihoon näyttelijän kasvoihin, tai esimerkiksi kiinnitetty pinnillä tai vastaavalla hiuksiin tai vaatteisiin. Eri kiinnitystavat ja sijoitukset antavat eri etuja, mutta niillä saattaa myös olla omat haittansa. Esimerkiksi näyttämön monitorointi

saattaa aiheuttaa äänen akustista kiertoa. Tämä on yleensä ei-toivottu ilmiö, jossa mikrofoniin ajettua signaalia lähetetään kaiuttimeen, jonka mikrofoni taas poimii ja lähettää uudelleen kaiuttimeen yleensä aiheuttaen vinkuvaa ääntä. Kierto syntyy, kun ääni palaa kaiuttimesta mikrofoniin, ja vahvistus kasvaa kasvamistaan laitteiden dynamiikan ylärajalle asti (Wikipedia, 2015). Muuttamalla mikrofoniin sijoitusta lähemmäksi äänenlähdeä, suuta, voisi mahdollisesti minimoida kyseistä häiriötä. Tämä vuorostaan aiheuttaa mikrofoniin laajempaa näkyvyyttä, minkä takia luonnollinen maskeeraus on liki mahdotonta. Osittain mikrofoniin näkyvyyttä, tai enemmänkin teippien näkyvyyttä, voi vähentää käyttämällä sankamikrofonia (engl. Headset). Toisaalta jos mikrofoniin sijoittaa liian lähelle suuta, voi ilmetä muitakin ongelmia. Esimerkiksi hengitys voi aiheuttaa poksahduksia, liiallinen sisään tulevan signaalin vahvuus josta vuorostaan saattaa aiheutua säröä, tai mikrofoniin sisään tulevassa signaalissa on liikaa proximity effectiä ja äänite kuulostaa kummalliselta. Proximity effect on matalien taajuuksien vahvistus, joka ilmenee, kun suunnatulla taajuuskuviolla varustettu mikrofoni sijoitetaan lähelle äänilähdeä, mikä joskus myös saattaa olla haluttu vaikutus. Syitä sille, miksi halutaan vahva lähtösignaali, on monta, mutta suurin niistä on kiertoherkkyyden minimointi ja taustahälinän poisto. Monitoroinnin negatiivinen vaikutus tulee esille varsinkin puheen ja laulun vahvistuksessa monitoroinnissa, jolloin kiertoherkkyys on korkea. Jos teoksen estetiikka ei anna periksi mikrofoniin näkyvyyttä, on löydettävä muita ratkaisuja tilanteeseen, jossa kiertää akustisesti. Esimerkiksi voidaan laskea monitoroinnin volyyymiä, poistaa taiteilijan äänen syöttö monitoreihin tai tehdä jokin muu kompromissi tai muutos, joka poistaa ongelman.

Joka tilanteesta on äänityöskentelijälle tärkeää saada mahdollisimman tarkoituksenmukaista sisään tulevaa ääntä. Äänittäessä on hyvä päästä tarpeeksi lähelle äänilähdeä halutun äänen vahvistamiseksi ja taustahälinän minimoimiseksi. Toisin sanoen on hyvä olla niin lähellä suuta kuin mahdollista ilman, että se vaikuttaa negatiivisesti äänen laatuun tai asetettuun näytöksen estetiikkaan. Myös vaihevirheet mikrofoniin kesken saatavat koitua ongelmallisiksi, jos useampi mikrofoni on käytössä ja auki samaan aikaan lähellä toisiaan näyttämöllä. Esimerkiksi kahdella näyttelijällä on päällään heille molemmille soundcheckissä optimaalisesti säädetyt mikrofoniin asetukset. Kuitenkin kun kaksi samaista näyttelijää seisoo kasvokkain ja laulaa tai puhuu, nämä samat mikrofoniit kuulostavat oudoilta. Tämä ilmiö johtuu siitä, että näyttelijöistä tulevat äänet kantautuvat molempiin mikrofoneihin, jotka ovat tarpeeksi lähellä toisiaan luodakseen vaihevirheen.

Esimerkki 1: Mitä kauempana mikrofoni on äänenlähteestä, sen herkemmin se kiertää monitoreihin syötetystä samaisesta signaalista. Tästä syystä musikaalissa Kristina från

Duvemåla (2012-2014) Svenska Teaternissa ei ollut lainkaan laulusignaalia monitorissa, koska lavalla liikkui 44 langatonta radiomikrofonia, jotka keskenään laulumonitoroinnin kanssa taatusti olisivat aiheuttaneet akustista kiertoa. Svenska Teaternissa hyväksi havaittu laulu- ja puhesoundi on keskelle otsaa hiusrajaan sijoitetuilla mikrofoneilla, jotka sen lisäksi on usein naamioitu näyttelijöitten peruukkeihin ja maskeihin. Tämä etäisyys akustisesta äänilähteestä, suusta, vuorostaan aiheuttaa korkeaa kiertoherkkyyttä lavalla.

Esimerkki 2: Esityksessä Djungelboken (2015) Svenska Teaternissa Shere Khanin roolia näyttelevä näyttelijä varustettiin kahdella hyvin eri tavalla sijoitetulla mikrofoniolla, joilla oli täysin eri käyttötarkoitukset. Toinen oli sijoitettu puhetta ja laulua varten hiusrajaan keskelle otsaa, ja toinen tehostemikrofonina suunpieleen. Tehostemikrofonia käytettiin vain karjumistehosteeseen luomiseen, jolloin oli toivottavaa saada todella kuuma ja särkevä signaali jo mikrofoniin sisään mennessä, mikä yleisesti olisi ei-toivottu vaikutus. Tässä tapauksessa se loi puitteet halutulle tehosteelle. Tämä on esimerkkinä erilaisista käyttötarkoituksista ja siitä, kuinka pitää löytää joka tilanteessa se tarkoituksenmukaisin sijainti, joka ei välttämättä aina ole se konventionaalisin.

3.2 Langaton monitorointi / Pistetehosteet

Yleisin tapa siirtää äänisignaalia lavamonitoriin on kaapelilla, mutta joskus tilanne vaatii langattomia ratkaisuja. Syy saattaa olla fyysinen este kaapelivedolle, esim. seinä tai monttu, josta ei pysty vetämään kaapelia, tai itse kaiutin saattaa olla liikkuva, minkä seurauksena piuhallinen malli olisi epäkäytännöllinen. Yleisin syy käyttää Radiomonitoria on kuitenkin artistien korvamonitorit, ns. IEM, yhdistelmä langattomasta vastaanottimesta ja nappikuulokkeesta, johon miksataan artistin henkilökohtainen kuuntelu.

Esimerkki 3: Esityksessä Tove (2017) Svenska teaternissa käytettiin Sennheiser G3 -radiomonitorin ja Minirig-kaiuttimen (akullinen aktiivikaiutin) yhdistelmää tulen äänen uunissa lokalisoimiseksi pyörönäyttämön pyöriessä. Tämä olisi muutoin ollut mahdotonta, koska itse uunikulissia liikuteltiin ympäri näyttämöä samanaikaisesti kuin pyörönäyttämö pyöri. Siihen ei olisi voinut mitenkään liittää kaiutinkaapelia, koska se olisi ollut näyttelijöiden jaloissa kompastumisriskinä. Tämä yhdistelmä Sennheiser G3 -radiomonitorista ja Minirig-kaiuttimesta mahdollisti tulen äänen lokalisoinnin itse kulissiin, uuniin, vaikka kulissi liikkui ympäri lavaa.

4 Tapaustutkimus ”Stockmann Stockmann”

Tämä tapaustutkimus on tehty näyttämöääniteknikon, eli ns. mikkikallen näkökulmasta, ja keskittyy langattomien radiomikrofonien ja radiomonitorien käytön tekniseen suunnitteluun, käsittelyyn ja toteutukseen tuotannossa ”Stockmann Stockmann” Svenska Teaternin suurella näyttämöllä keväällä 2018. Laajat taiteelliset suuntauksat mikrofonityypeistä, niiden pääsääntöisistä sijoittelusta ja käytöstä ovat ensisijaisesti tulleet äänisuunnittelijalta ja ohjaajalta. Toki päätökset on tehty yhteisymmärryksessä teknisen henkilökunnan kanssa ja huomioon on otettu teknisen henkilökunnan kokemuksista esitystilasta ja toimiviksi todetuista menetelmistä kyseisellä näyttämöllä.

Prosessin aluksi tehdään tekninen suunnittelu, jossa kartoitetaan tarpeet tulevalle tuotannolle. Siinä laaditaan paras mahdollinen, ja mahdollisimman realistinen, suunnitelma itse toteutusvaiheelle. Hyvin harvoin ennalta tehty tekninen suunnitelma kuitenkaan täsmää täysin tuotannon toteutusvaiheen tarpeisiin, mutta toivottavasti se antaa tarpeeksi tukea, jotta muutokset tuotannossa pystytään ottamaan vastaan ongelmitta. Varsinkin teatteritaide on usein hakevaa prosessia, jossa muunnellaan eri osia tuotannosta jatkuvasti ensi-iltaan saakka. Teknisessä suunnittelussa mietitään myös harjoitusprosessin kulkua. Onko erillisiä kalustotarpeita tänä aikana verrattuna esityskauteen? Tarvitaanko esimerkiksi langatonta laitteistoa harjoitussalissa? Ja miten tämä vaikuttaa muuhun talon tuotantoon ja langattomien toimintaan? Varsinkin toteutusvaiheessa on olennaista työskennellä eri osastojen kanssa parhaimpaan mahdolliseen lopputulokseen pääsemiseksi, mutta jo suunnitteluvaiheessa on oleellista tietää, mitä muut osastot tekevät ja suunnittelevat, jotta voi ennakoida omaan työhön vaikuttavia tilanteita.

4.1 Tekninen suunnittelu

Näytöksessä ”Stockmann Stockmann” mikkikallen työprosessi alkoi teknisellä suunnittelulla ja yleisellä kartoituksella teatterin olemassa olevasta laitteistosta, ja siitä, mitä tulevaan tuotantoon tarvitaan ja kuinka paljon. Onko tarpeita lisähankinnoille? Lukemalla käsikirjoitusta sain selville suurin piirtein tulevat kanavatarpeet ja sen, minkälaisesta näytöksestä on kyse. Näytelmää ei teatterin puolesta luokiteltu musiikaaliksi, vaikka siinä oli 19 laulu- ja musiikkinumeroa elävän orkesterin kera. Teatterin päätös oli luokitella tuotanto musiikkiteatteriksi. Koin kuitenkin tarpeen valmistautua teknisesti musiikaalin luomiin haasteellisiin erikoishaasteisiin, joita ovat esimerkiksi hieltä suojaaminen, mikrofonien sijoittelun tarkkuuden tarpeet ja tanssikoreografioiden luomat rasitukset liittimille ja

muille komponenteille, mutta myöskin yksinkertaiset asiat kuten kanavamäärät ja konkreettisesti minkälaisia mikrofoneja käytetään, esim. sanko- vai kapulamikrofoneja.

Käsikirjoituksen mukaan artisteja oli neljätoista. Yksitoista näyttelijää (11) ja kolme muusikkoa (3). Tästä päätelin alkuperäisen langattomien tarpeen olevan kaksikymmentäneljä (24) kappaletta. Neljätoista (14) mikrofonia artisteille, kolmen (3) päänäyttelijän mikrofoni tuplaus, yksi (1) kontrabassoon, jota tuli liikutella ympäri näyttämöä, yksi (1) banjoon, jonka myös kuului olla mobiili, kaksi (2) varalähetintä ja yksi (1) kapulamikrofoni ohjaajalle artisteille ja tekniikalle kommunikoimista varten näyttämöllä harjoitusten aikana. Radiomonitorille varasin kaksi (2) kanavaa, mikkikallen mobiilikuuntelulaite ja varavastanotin. En kuitenkaan laskelmissani vielä ollut lähelläkään Svenska teaternin langattoman radiomikrofonijärjestelmän rajoja, joten en ollut lainkaan huolestunut, että olisin aliarvioinut radiomikrofonien määrän tarvetta tässä vaiheessa.

Taajuuslaskelma on olennainen osa prosessia. Ensin on tehtävä mittaus radiotaajuus(RF)-spektristä, jotta tiedetään, mitä liikennettä on omalla toiminta-alueella, ja sen mukaisesti sijoitellaan omia kanavia tyhjiin tiloihin RF-spektrissä. Myös muut tuotannot omassa talossa tulee ottaa huomioon, koska ne toimivat hyvin läheisissä tiloissa ja häirintäherkkyys on yleisesti niiden kanssa korkea. Tähän löytyy työtä olennaisesti auttavia työkaluja ja ohjelmistoja, kuten esimerkiksi Shuren Wireless Workbench, Sennheiser WSM ja Professional Wireless IAS. Skannauksen tärkeys kasvaa koko ajan, kun kaista radioliikenteessä supistuu eri käyttäjien lisääntymisen takia. Svenska Teaternin langattoman mikrofoni-järjestelmän antennisijoitukset ja taajuuslaskelmat on toisaalta niin hyvin suunniteltu ja toteutettu kattavan remontin yhteydessä vuosina 2010-2012, että harvoin enää ilmenee häiritseviä elementtejä RF-spektrissä. Täysin häiriötöntä järjestelmää ei kuitenkaan ole olemassa. Skannauksia kannattaa tehdä säännöllisesti havaitakseen muutoksia oman tilan RF-spektrissä.

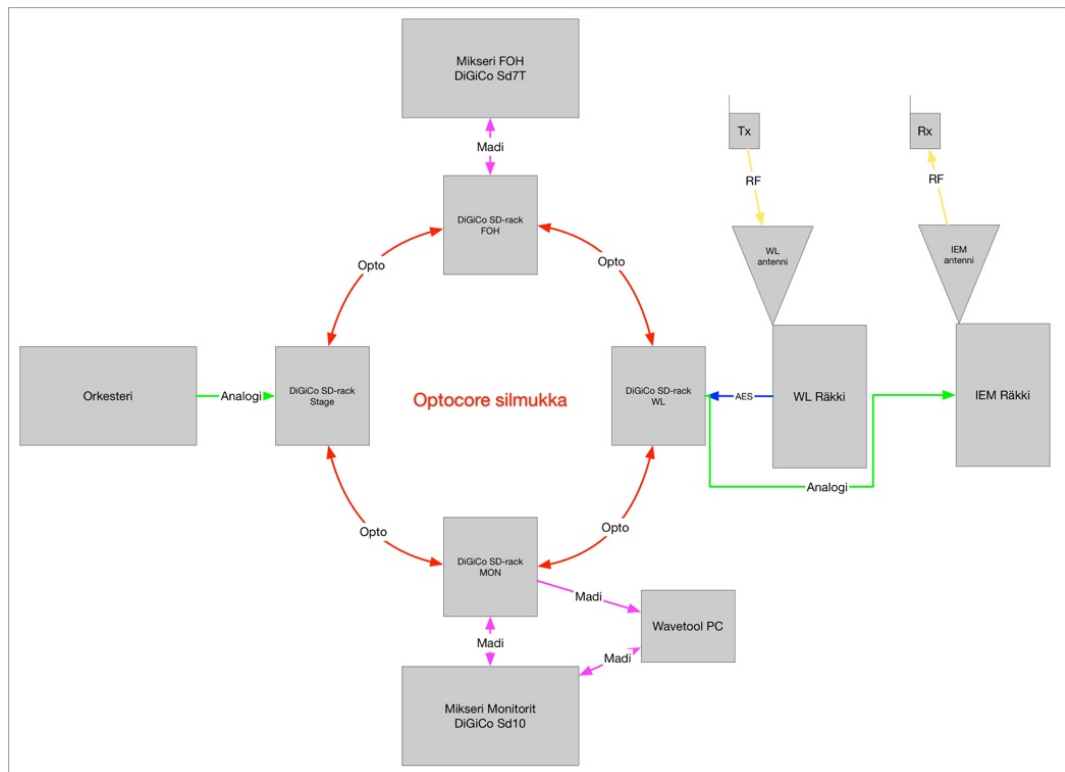
Maskeerauskuvien pohjalta suunnittelin alustavia mikrofonisijoituksia. Oli otettava huomioon hiukset ja peruukit, tai varsinkin niiden poissaolot. Toisin sanoen, voiko hiuksiin piilottaa mikrofonia tarvittaessa, ja jos näyttelijä olisi esimerkiksi kalju tai todella lyhyt-hiuksinen, niin minne sitten haluaa sijoittaa ja piilottaa mikrofoniin ja kaapelin. Pääpiirteistä on vastuussa äänisuunnittelija, maskeeraussuunnittelija ja ohjaaja, ja heidän asettamiensa raamien sisällä liikutaan ja sijoitetaan mikrofonia parhaimman mahdollisen äänisignaalin saavuttamiseksi.



Kuvio 12. Samalla näyttelijällä oli näytöksessä kaksi hyvin erilaista maskeerausta, jotka vaativat erilaisia mikrofonisijoituksia. Kuvassa molempien maskeerauksien koekuvat, joiden perusteella mikkikalle suunnittelee mikrofonisijoituksia. Koska itse näyttelijällä on ohuet hiukset, ei ole mahdollista asettaa mikrofonia hiusrajaan otsaan, vaan hänelle asennettiin ear-rig-mikrofoni. Kun hänellä oli toisessa näytöksessä peruukki päässä, siirrettiin mikrofoni sen alle piiloon.

4.2 Svenska Teaternin järjestelmä suunnitteluvaiheessa

Svenska Teaternin langaton äänijärjestelmä uusittiin kokonaan teatterin peruskorjauksen yhteydessä 2010-2012. Silloin päädyttiin Wisycom-radiomikrofonijärjestelmään ja Sennheiser-radiomonitorijärjestelmään. Wisycom-järjestelmillä oli päätöstä tehdessä laajin mahdollinen taajuusvaste annettujen parametrit täyttävistä järjestelmistä, ja ne olivat saatavissa microdot-liittimillä, jotka myös olivat asennettuina suurimmassa osassa talon jo olemassa olevista sanko- ja nappimikrofoneissa. Radiomikrofonikanavia on 44 kpl ja radiomonitorikanavia 8. ”Stockmann Stockmann”-näytelmän teknisessä suunnittelussa laskettu tarve oli kahdellekymmenelleneljälle (24) langattomalle radiomikrofonikanavalle, joten lisäämisavaraa radiomikrofonien määrään oli vielä tarpeen tullen paljon. Äänijärjestelmän sisäinen signaalinsiirto tapahtuu Optocore:n ja MADI:n (Multichannel Audio Digital Interface) välityksellä, joka on digitaalisia data- ja äänistandardeja. Järjestelmä on kytketty niin sanottuun Opto-silmukkaan eli Opto-looppiin, jossa kaikki silmukkaan kytkeytyneet laitteet voivat poimia siihen syötettyjä signaaleja. Se antaa järjestelmälle myös lisää toimintavarmuutta. Jos yksi linkki silmukassa hajoaa, pystyy signaali vielä kulkemaan vastakkaisen suunnan kautta ongelmitta.



Kuvio 13. Yllä kaavio Svenska Teaternin langattomasta äänijärjestelmästä ja siihen kytketyistä laitteista näytelmässä "Stockmann Stockmann". Radiomikrofoneista signaali kulkee antennin kautta vastaanottiin, WL-räkki. Sieltä signaali siirtyy digitaalisena, AES, lavaräkkiin. Lavaräkit ovat kytkettyinä Opto-looppiin, josta kaikki sisään tulevat kanavat voi poimia haluttuun laitteeseen, joka siihen on kytketty.

Svenska Teaternin langattoman järjestelmän laitteet:

Radiomikrofonin vastaanottimet: Wisycom MRK950 -räkkivastaanotin

Radiomikrofonin lähettimet: Wisycom MTP40 -vyölähetin kahdella eri taajuusalueella, MTH400 -kapulälähetin, Sennheiser SKP2000 -tulppälähetin

Radiomonitorin lähettimet: Sennheiser EW 300 G3 -räkkilähetin

Radiomonitorin vastaanottimet: Sennheiser EK 300 IEM G3 -vyövastaanotin

Radiomikrofonin antennit: Wisycom LBN1 UHF suunnattu laajakaista antenni, Wisycomin neljäsosaantennit lähettimissä.

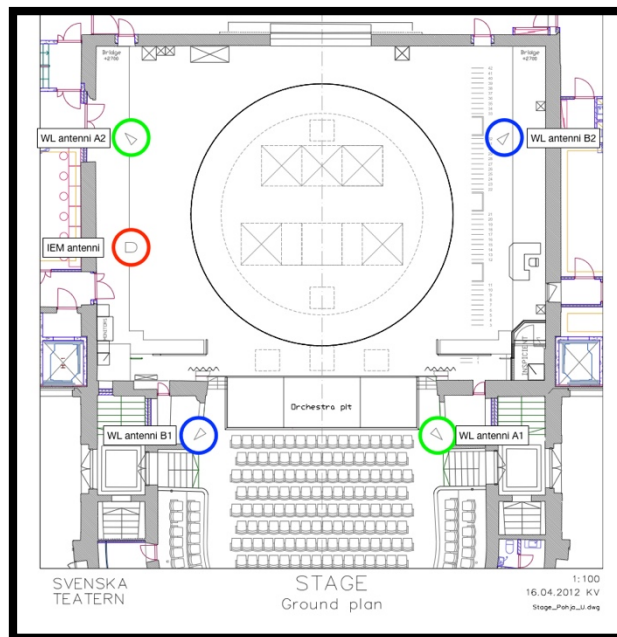
Radiomonitorin antennit: Sennheiser A 5000-CP helix-antenni, vastaanottimissa neljäsosaantennit

Radiomikrofonin antennidistributio: Wisycom SPL 222A Antenna combiner/splitter, Wisycom SPL 218AW Antenna Splitter, RG-213/U koaksiaalikaapeli.

Radiomonitorin antennidistributio: Sennheiser AC 3200-II active transmitter combiner, RG-213/U koaksiaalikaapeli.

Äänilähteet: DPA 4061 -nappimikrofoni, DPA 4066 -sankamikrofoni, DPA 4166 -sankamikrofoni, DiGiCo Sd7T -mikseripöytä FOH, DiGiCo Sd10 -monitorimikseripöytä

Wisycomin vastaanottimet käyttävät neljä kappaletta Wisycomin logperiodista LBN1 UHF -laajakaista-antennia jotka yhdistyvät Wisycomin antennijakajaan (engl. combiner/splitter). Antennijakaja sijaitsee WL-räkissä monitorimiksauspöydän vieressä. Tästä johtuen kaikilla antenneilla on eripituiset kaapelireitit jakajaan, ja ne tarvitsevat siten yksilölliset vahvistinsäädöt. Signaalireitit kulkevat RG-213/U-koaksiaalikaapelia pitkin, mutta toisella puolella näyttämöä olevat antennit käyttävät myös talon sisäistä koaksiaalikaapeli-infrastruktuuria hyväkseen. Yleisesti kahden kanavan yhdistäminen samaan antennivirittimeen ei ole suositeltavaa, koska vaihevirheen ja signaalien kumoutumisen riski on suuri. Wisycomin ja muidenkin valmistajien sofistikoituneilla antennijakelukeskuksilla tämä kuitenkin onnistuu. Vastaanottimien vastaanotettua radiosignaali ne prosessoidaan digitaaliseksi äänisignaalksi (AES) ja lähetetään edelleen DiGiCon SD-räkkiin, josta se ohjataan Opto-silmukkaan ja loppuun äänijärjestelmään. Opto-silmukasta signaalin voi poimia minne sitä tarvitsee, esimerkiksi etupään (FOH) DigiCo Sd7T-mikseripöytään, sekä DigiCo:n Sd10-monitorimikseripöytään tai Wavetooliin. IEM-signaali lähetetään monitorimikseripöydästä ensin Sennheiser:in G3 räkkilähettämiin. Sieltä signaali kulkeutuu Sennheiser:in AC 3200-II-antennivahvistimeen, josta se siirretään RG-213/U-koaksiaalikaapelia pitkin Sennheiserin A 5000-CP-antenniin. Antennista signaali jakautuu radioaaltoina näyttämölle vastaanotettavaksi taiteilijoiden ja mikkikallen radiomonitoriin.



Kuvio 14. Lohkokuva Svenska Teaternin suuresta näyttämöstä ja sen antennisijoituksista.

Svenska Teaternissa näyttelijöiden langattomat lähettimet ovat yleisesti varustettuina DPA 4061 -nappimikrofoneilla tai DPA 4066- ja DPA 4166 -sankamikrofoneilla. Kaikki edellä mainitut mallit ovat pallokuvioisia. Joskus tilanteen vaatiessa saatetaan käyttää muita mikrofoni vaihtoehtoja, esimerkiksi DPA:n herttakuvioista d: fine 4088 -sankamikrofonia. Tai Point Source Audion ja Countrymanin nappimikrofoneja. Yleisesti esityksessä yritetään pysyä yhdessä ja samassa kapselimallissa esityksessä mikrofoni soundien yhteissoinnun helpottamiseksi, mutta aina siihen ei ole mahdollisuutta. Langattomat Wisycomin kapulamikrofonit ovat varustettuja DPA:n superherttasuuntakuvioisilla kapseleilla.

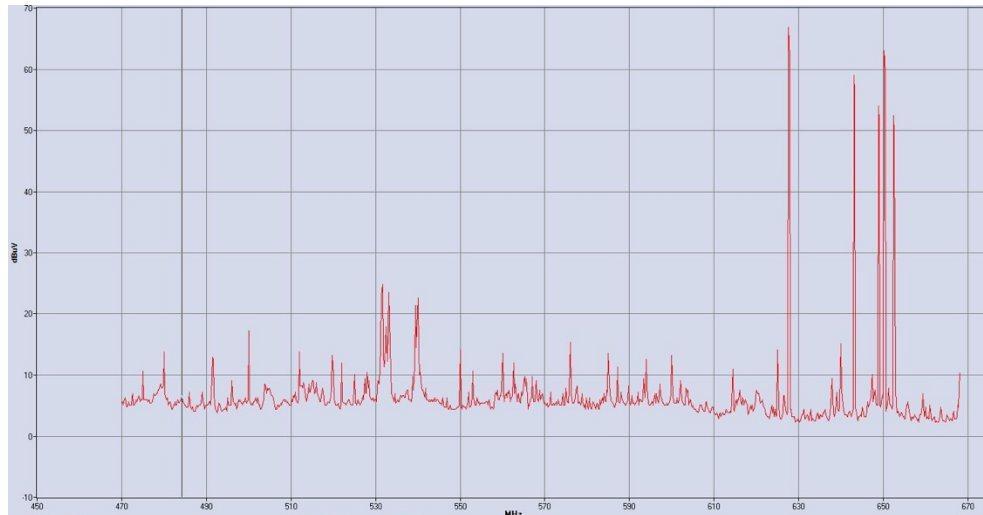
4.3 Mittaukset

Eri mittauksia tehdään eri vikojen havainnollistamiseksi ja ennaltaehkäisevään toimintaan. Mittausten tärkeys kasvaa koko ajan, koska radiotaajuusspektri täytyy alati enemmän. Toisaalta, kuten jo aikaisemmin on todettu, radiomikrofoni ja –monitorien käyttö on Viestintäviraston määräysten mukaan toissijaista, joten niiden käyttö ei saa häiritä muuta ensisijaista toimintaa. Langattomien äänilaitteiden lähetystehot, ovat yleisesti niin pienet, etteivät ne häiritse televisiokanavien toimintaa, mutta teoreettisesti näin voi käydä, ja sitä pitää välttää. Tämän takia on hyvä varmistaa, etteivät omat kanavat häiritse toimintaa ensisijaisten käyttäjien taajuuksilla.

4.3.1 RF mittaus

Radiotaajuus (RF) mittaus tehdään käyttäen oman järjestelmän vastaanottimia, kaapelointia ja antennia. Tähän löytyy useita apuvälineitä ja ohjelmistoja, ja suurimmalla osalla vastaanottimia pystyy tekemään skannauksen niiden omilla ohjausohjelmistoilla. Skannauksessa käy ilmi, mitä omalla toiminta-alueella tapahtuu radioliikenteessä RF-spektrissä. Digitaaliset televisiolähetykset näkyvät suurina palikoina ja muu langaton liikenne piikkeinä tietyillä taajuuksilla. Mittaustuloksen perusteella voi määrittää, millä taajuuksilla omat lähettimet pystyvät operoimaan. Esimerkiksi Shuren Wireless Workbench (WWB) -ohjelmistossa pystyy määrittämään, mitkä alueet (esimerkiksi televisiokanavat) on rajattu pois käytöstä, minkä jälkeen ohjelmisto laskee keskeismodulaation aiheuttamat häiriöt ja sirottaa kanavat annettujen speksien mukaisesti. WWB ei ainoastaan laske Shuren tuotteille taajuuslaskelman, vaan siihen pystyy lisäämään oman järjestelmänsä parametrit, ja ohjelmisto ottaa ne myös huomioon laskelmissa. Svenska Teaternissa

skannaus tehdään Wisycom Manager -ohjelmistolla, joka on teatterin langattomien radiomikrofonien oma ohjausohjelmisto. Järjestelmän asennusvaiheessa langattoman järjestelmän valmistaja laski valmiiksi parhaimman mahdollisen teoreettisen signaalin saavuttamiseksi neljä eri taajuuslaskelmaa, jotka on asennettu vastaanottiin. Mittauksen perusteella pystyin käyttämään kaikkia valmiin taajuuslaskelman taajuuksista.



Kuvio 15. RF-skannaus Svenska Teaternin suurelta näyttämöltä radiomikrofonit pois kytkettynä. Noin 530-540 MHz:n alueella näkyy ulkopuolinen signaali. Tämä häiriö on niin pieni, ettei se vaikuttanut langattomien järjestelmien toimintaan "Stockmann Stockmann" -näytöksessä. Skannauksen loppuosassa näkyvät taajuudet ovat näytöksen omat radiomonitorit.

4.3.2 Kävelytesti

Vaikka kaiken pitäisi olla kunnossa ja signaali kulkee normaalisti testattaessa lähettimen tai vastaanottimen ollessa paikoillaan, saattaa ilmetä tiettyjä sijainteja näyttämöllä, joissa syystä tai toisesta signaalin kulku on heikkoa, niin sanottuja katvealueita. Esimerkiksi iso lavaste, jossa on paljon metallia, saattaa häiritä tai estää kokonaan radioaaltojen kulun. Tässä tapauksessa kannattaa tehdä kävelytesti (engl. walk-test) ja määrittää, missä kyseiset paikat ovat. Wisycom-järjestelmä mahdollistaa kävelytestin aikaista signaalin nauhoittamista ja seuranta. Tällä toiminnolla voi havainnoida esitystilan katvekohdat tiettyjen taajuuksien kohdalla järjestelmän radiokommunikaatiossa. Yleensä vasta ongelman ilmetessä tietyssä taajuudessa tietyssä paikassa esitystilaa otetaan toimintoon. Ratkaisu katvealueen ongelmaan saattaisi olla joko näyttelijän sijainnin vaihtaminen näyttämöllä tai kiinteiden antennien sijainnin siirtäminen siten, ettei metallirakennelma estä radiosignaalin suoraa kulkua langattoman laitteen antennista.

4.4 Toteutus

Vaikka kuinka suunnittelee etukäteen valmiiksi tulevaa produktiota, niin vääjäämättä aina tulee muutoksia matkan varrella. Osittain siksi, ettei itse ole osannut ottaa huomioon kaikkia eri muuttujia ja tekijöitä, mutta myös yksinkertaisesti teatteriprosessin luonteesta johtuen, produktio ottaa muotonsa harjoituskauden aikana. Jotkut asiat saattavat jopa muuttua täysin, ääripäästä toiseen.

4.4.1 Muutokset suunniteltuun langattomaan äänijärjestelmään

Koska Svenska Teaternin tekniikka on pitkälti kiinteä asennus, sen muokkaaminen saattaa olla haastavaa. Toisaalta koko äänijärjestelmän suunnitteluvaiheessa, remontin yhteydessä, on pyritty ottamaan huomioon tulevat tuotantotarpeet ja toteutettu uusi järjestelmä sen mukaisesti. Kaikkia seikkoja ei ole voitu huomioida, ja joskus halutaan kehittää uusia menetelmiä tai kokeilla uusia laitteita ja tekniikoita, mikä vaatii muutoksia olemassa olevaan järjestelmään. ”Stockmann Stockmann” -näytelmässä emme tehneet mitenkään radikaaleja muutoksia langattomaan järjestelmään. Meidän ei tarvinnut siirtää yhtenkään antennin sijaintia, eikä asentaa lisälaitteita millekään erikoistarpeelle.



Kuvio 16. Sennheiserin plug-on-lähetin kytkettynä AKG:n kondensaattorimikrofoniin, joka on sisäänrakennettu lavasteeseen.

Näytelmässä lavastaja halusi yhden lavastemikrofonin täysin toimivaksi mikrofoniksi, jota käytettäisiin näytelmässä. Koska lavaste-elementti oli liikkuva, ratkaisun piti olla langaton. Kyseinen lavasteeseen kiinnitetty mikrofoni oli AKG:n kondensaattorimikrofoniin, joten se vaati phantom-jännitettä toimiakseen. Tämä ei onnistu Wisycomin vyölähettimiltä, joten mikrofoniin kiinnitettiin Sennheiserin SKP 300 plug-on-lähetin, jossa on phantom-jännitteen syötön mahdollisuus. Teknisen suunnittelun kanavamäärään tuli lisättyä Wisycomin kapulamikrofoni, jonka avulla mikkikalle pystyi kommunikoimaan orkesterin kanssa. Loppujen lopuksi liikkuvat soittimet, basso ja banjo, eivät tulleet käyttöön, joten niille alustavasti varatut kanavat vapautuivat. Toisin kuin alkuperäisessä suunnitelmassa, muusikoille varattiin myös kolme radiomonitorikanavaa.

4.4.2 Mikrofonien sijoittelu, piilottelu ja maskeeraus

Esitys-/teatterikäytössä ilmenee usein tilanteita, joissa mikrofonin piilottelu on tarpeellista. Tämä saattaa olla joko ohjaajan toivomus, meikkitaiteilijan tai pukusuunnittelijan näkemys tai ylipäättänsä yleinen linjaus tiettyssä teatterissa tai esitystilassa. Äänen kanssa työskenteleville on joka tapauksessa äärimmäisen tärkeää saavuttaa paras mahdollinen äänenlaatu joka tilanteessa. Usein tämä tarkoittaa, että mikrofoneja joudutaan piilottamaan lavasteisiin, vaatteisiin, soittimiin tai naamioimaan hiuksiin tai muualle taiteilijan keholle. Näitä sovelluksia on niin paljon kuin mielikuvitusta ja eri tekijöitä riittää. Eikä ole väärää tapaa tehdä, mutta eri tavoilla ja toiminnoilla saattaa olla hyvinkin eroavia vaikutuksia. Jos on asiantuntevia henkilöitä, jotka voivat auttaa muilla osa-alueilla jotka eivät ole ominta osaamista, niin kannattaa aina käyttää ammattilaisten tieto ja osaaminen hyväkseen. Svenska Teaternissa ääni-, maskeeraus- ja pukuosasto työskentelevät hyvin läheisesti yhdessä ennen ensi-iltaa, eikä ”Stockmann Stockmann” -näytelmä ollut mikään poikkeus. Jo kuukausia ennen ensi-iltaa olivat näyttelijöiden alustavat meikkisuunnittelut tiedossa, ja näistä kuvista pystyin aloittamaan oman mikrofonisijoittelusuunnitelmani. Ohjaajan toiveesta päädyttiin piilottamaan mikrofoneja niin paljon kuin mahdollista, mikä tarkoitti, että esimerkiksi mikrofonit poskeen teipattuna eivät olleet vaihtoehto. Päädyimme laittamaan suurimmalle osalle näyttelijöistä mikrofonit hiusrajaan keskelle otsaa piilotettuina hiuksiin tai peruukkiin. Tämä on Svenska Teaternissa jo aikaisemmin todettu toimivaksi sijoitukseksi monesta eri syystä. Ensinnäkin näin saadaan mikrofoni ja sen kaapeli helposti piilotettua, kuten ohjaaja toivoi, mutta myös talon omat ääniteknikot ja äänisuunnittelijat ovat olleet erittäin tyytyväisiä luonnolliseen ja tasapai-

noiseen ”soundiin”, jonka tältä sijainnilta voi äänittää. Olen myös vuosien saatossa huomannut, että kun mikroфонia ei teipata kiinni ihoon, se minimoi riskin hien valumiselta suoraan mikrofonin kapseliin. Hien vaikutus mikrofonin äänenlaatuun ja toimivuuteen on erittäin huomattava, joten sitä yritetään välttää esityksen aikana niin paljon kuin mahdollista. Jotkut mikrofonivalmistajat ovat panostaneet paljon hikeä, vettä ja likaa hylkiviin tuotteisiin. Teatteriympäristössä nämä olisivat suunnattuja esimerkiksi asennettavaksi artisteille jotka hikoilevat paljon tai tekevät suurta maskeerausvaihtoa kulisseissa, ja tästä syystä ovat riskialttiimpia kärsimään ongelmista, jotka johtuvat hiestä tai muustaliasta mikrofonikapselista. Esimerkiksi Point Source Audio:n CO8-WL -nappimikrofonit ovat osoittautuneet hyvin hikeä ja likaa hylkiviksi.

Viiden näyttelijän kohdalla maskeeraus tai hiustyyli esti mikrofonin keskelle otsaa sijoittamisen. Heille sijoitimme mikrofonin ohimolle korvan ja silmän välimaastoon. Minulla on tapana käyttää näissä tapauksissa niin sanottua korva-asennusta (ear-rig). Se on tavanomainen nappimikrofoni (DPA4061), jonka päähän on kiedottu metallilankaa noin 7 cm mitalta. Tämä mahdollistaa mikrofonin ankkuroimisen korvan taakse teipillä, ja kiitos jäykän metallilangan mikrofonikapselin voi suunnata haluamaansa positioon, jossa se pysyy tukevasti. Ideana tässä on päästä mahdollisimman otolliseen sijaintiin niin huomattomasti kuin mahdollista ja pitää mikrofoni irti ihosta. Kokemuksenani on myös, että poskeen teipattuna mikrofoni joskus resonoi poskipästä ikävästi. Lisäksi teippaamalla mikrofonin poskeen itse teipinpalat näkyvät todella paljon, ja hien valumisriski mikrofonikapseliin on taas suhteellisen korkea.

Pukuosaston kanssa keskustellaan jo suunnitteluvaiheessa materiaaleista, joita käytetään radiolähettimien läheisyydessä, etteivät ne häiritsisi ratkaisevasti lähetystä. Tai siitä, onko puvuissa ääniteleviä elementtejä, joita ei haluta vahvistaa ja kuinka kyseiset osat saataisi hiljaisiksi. Toteutusvaiheessa olemme enemmän yhteydessä pukijoihin ja pohdimme, minne ommella ja asentaa radiomikrofonit, jotta eivät esimerkiksi tupla mikrotettyjen näyttelijöiden antennit häiritsisi toisiaan. Osittain myös suunnitellaan yhdessä tiettyjä pukuvaihtoja joissa saattaa tapahtua esimerkiksi maskeerausta, vaatevaihtoja ja ääniteknillisiä muutoksia. Suunnitellaan valmiiksi myös mahdolliset hätätilanteitten ratkaisut, jos ja kun mikrofoni tai lähetin täytyy korjata. Tässä muiden kokemuksista ja tietämyksestä taiteilijoiden aikatauluista ja vaatevaihtojen laajuudesta, on todella paljon apua.



Kuvio 17. Vasemmassa kuvassa DPA4061 -mikrofoni piilotettuna hiusrajassa. Oikealla näyttelijä varustettuna ear-rig-mikrofonilla.

Kuten aikaisemmin on jo todettu, yhteen liikuteltavaan lavaste-elementtiin asennettiin mikrofoni, joka piti saada toimimaan langattomasti. Kyseinen mikrofoni oli AKG:n kondensaattorimikrofoni, ja se vaati täten 48 voltin phantom-jännitteensyötön toimiakseen. Käyttämämme Wisycomin lähettimet eivät pysty syöttämään phantom-jännitettä. Ratkaisuna tähän oli asentaa XLR-liitin mikrofoniin, joka kiinnitettiin Sennheiserin SKP2000 -plug-on-lähettimeen. Wisycom:in vastaanottimissa on monta eri compander-vaihtoehtoa, jotka ovat yhteensopiva useimpien Sennheiser-tuotteiden kanssa. Myös mikkikallalla oli oma langaton mikrofoni, Wisycomin MTH300-kapulamikrofoni. Mikrofonilla pystyi kommunikoimaan orkesterin kanssa tarpeen tullen ns. talkback-mikrofonina. Orkesteri oli täysin riippuvainen heidän korvamonitoreihin syötetystä äänestä pystyäkseen seurata näyttöksen kulkua, koska korvamonitorit sulkivat tehokkaasti pois kaiken muun äänen näyttämöllä. Joten kommunikaatio mikkikallen ja orkesterin välillä oli kriittinen.

Mikrofonien suojaaminen meikiltä ja varsinkin hiuslakalta maskeerausvaiheessa tai näyttelijöiden ollessa jossain näyttämön ulkopuolella laittautumassa on hyvin tärkeitä mutta samalla hyvinkin helppoa. Tarkoitukseen löytyy kaupallisia tuotteita tälle, mutta melkein mikä tahansa ontto esine, joka mahtuu niukasti mikrofoni-kapselin päälle, kelpaa, esimerkiksi pilli tai pala kutistussukkaa. Haastavinta suojaamisessa on ensin saada kaikki mikrofonien ilmeisessä lähistössä työskentelevät ihmiset ymmärtämään suojaamisen tär-

keyden ja myös käytännössä toimimaan sen mukaisesti. Joskus saattaa olla haasteellista saada taiteilijat ymmärtämään ja muistamaan, että suojus pitää myös ottaa pois ennen näyttämölle menoa, jotta mikrofonin signaali kuuluu niin kuin pitää.

Svenska Teaternissa saattaa olla kaksi ääniteknikkoa per näytös, etupään miksaaja ja näyttämöääniteknikko jota kutsutaan mikkikaliksi. Kahden teknikon tarve määräytyy yleensä langattomien kanavien tai monitorimiksauksen tarpeiden mukaan. Esimerkiksi liveorkesterin ollessa mukana näytöksessä, tai kun langattomien äänilaitteiden määrä on vähintään kymmenen, on meillä tapana käyttää kahta ääniteknikkoa. Miksaajan ensisijainen tehtävä on miksata yleisöön kuuluvaa ääntä, ja mikkikallen päätehtäviin kuuluu radiomikrofonien valvonta ja monitoroinnin miksaus. Svenska Teaternissa mikkikalille on näytöksen aikana omien ääniteknillisten tehtäviensä lisäksi myös vastuussa äänijärjestelmän teknisestä huollosta ja ylläpidosta. Tämä tarkoittaa, että vian ilmetessä äänijärjestelmässä näytöksen aikana on mikkikallen tehtävä tunnistaa ja korjauttaa vika, jos mahdollista, jotta näytöstä miksaava äänimies voi keskittyä olennaiseen, näytöksen miksaamiseen. Yleisimmät viat eivät ole esitystä pysäyttäviä, niin sanottuja show stoppeireita. Toisaalta joskus saattaa sattua isompiakin vikoja, jotka vaikuttavat esityksen kulkuun. En kuitenkaan sen tarkemmin uppoudu muihin mikkikallen tehtäviin tässä tapaus- tutkimuksessa. Näytöksen aikana ilmenevät tavanomaisimmat viat ovat langattomien mikrofoneihin liittyvät ongelmat, kuten hien, lian tai hiusten päätyminen kapseliin, joka täytyy silloin puhdistaa. Myös rikkinäiset liittimet ovat suhteellisen yleisiä. Varsinkin artisteille fyysisesti vaativissa näytelmissä, joissa artistit tanssivat, painivat tai vaikka voimistelevat paljon, on liittimen hajontariski korkeampi, koska todennäköisyys, että liitin joutuu puristuksiin huonoon kulmaan ja katkeaa, on suurempi. Silloin ei pysty oletta- maan, että näyttelijöillä olisi aikaa tulla mikkikallen luo hoitamaan vika, koska he saatta- vat jopa olla tietämättömiä vian olemassaolosta kokonaan. Mikkikallen pitää pystyä rien- tämään näyttelijän luo hoitamaan vika ennen kuin kyseinen näyttelijä ehtii taas astua näyttämölle. Tämän takia mikkikallen tulee olla niin mobiili työssään kuin mahdollista. Suurin osa näytelmän aikaisesta työkuvasta on ennaltaehkäisemistä. Täytyy yrittää huo- mata mahdolliset viat ennen kuin näyttelijä tai muusikko astuu lavalle, jotta vian pystyy korjaamaan pois yleisön nähtäviltä. Toki joskus tilanne vaati sen, että mikkikalle joutuu korjaamaan viallisen mikrofonin lavalla, tai astua näyttämölle varalähetin kourassa, oi- kaisemaan ongelman kaikkien nähden. Muussa tapauksessa jouduttaisiin esitys kes- keyttämään vian oikaisemiseksi. Näin toimitaan esimerkiksi silloin, jos kyseessä on pää- roolia esittävä taiteilija tai vastaava näyttelijä, joka ei poistu näyttämöltä lainkaan. Tätä varten yleensä varaudutaan tuplamikrofoneilla kaikille päänäyttelijöille, jotka yleensä

ovat pitkiä aikoja näyttämöllä poistumatta. Käytännössä monitoroidaan äänijärjestelmää yleisesti kuuntelemalla näytöksen ääntä ja seuraamalla poikkeavuuksia. Langattomia signaaleja seurataan audiovisuaalisesti Wavetool-ohjelmiston kautta, ja jos tämä ilmoittaa potentiaalisesta viasta, aletaan kuuntelemaan kyseistä kanavaa ja päättelemään onko kyseessä oikeasti häiriö vai esimerkiksi pelkästään ilmavirtaus tai vaatekappale, joka hiersi mikrofonia ja laukaisi algoritmien hälyttimet, mutta ei vaikuta mitenkään mikrofoniin tai lähettimen toimivuuteen. Vikojen tunnistamisprosessin jälkeen päätetään jatkotoimenpiteistä.



Kuvio 18. Kuvassa Svenska Teaternin Monitorland ja WL-räkki jossa mikkikalle majoilee suurimman osan esityksestä, monitoroiden äänijärjestelmää ”Stockmann Stockmann” -esityksessä.

4.4.3 IEM bändille ja mikkikallelle

Näytelmässä kaikki kolme muusikkoa olivat koko näytöksen ajan näyttämöllä. Heidän estradinsa oli oleellinen osa lavastusta, ja näin ollen lavastajan pyynnöstä pyrittiin minimoimaan heidän välittömässä ympäristössään suuria esineitä, kuten suuria kaiuttimia monitorointia varten. Muusikoiden sijoitus oli keskellä pyörönäyttämöä, ja näin ollen melkein koko ajan näyttelijöiden takana. Tämä aiheutti sen, että muusikoilla oli vaikeuksia kuulla replikointia, koska aiemmin produktiossa oli jo päätetty, ettei näyttämömonitoroinnissa ole puhetta tai laulua liiallisen akustisen kierron riskin takia. Muusikoiden täytyi kuitenkin kuulla näyttelijöiden replikointia ja laulua seuratakseen näytelmän kulkua ja kuulakseen heille oleellisia iskuja. Tämän takia päädyimme korvamonitorointiratkaisuun

muusikoille. Koska joissain koreografioissa muusikot olivat näyttelijöiden kanssa tanssimassa pitkin näyttämöä, heidän liikkeitään ei voitu rajata kuulokekaapelilla. Näin ollen päädyimme langattomaan vyövastaanotin ratkaisuun orkesterille.

Hoitaakseen työtehtävänsä kunnolla tulee mikkikallen olla mobiili. Hänen pitää pystyä kuuntelemaan radiomikrofoneja, orkesterin äänilinjoja ja miksattavia radiomonitorien lähtöjä kaikkialla esitystilassa. Havaittuaan vian hänen pitää pystyä jatkamaan kyseisen vian monitorointia ja siirtyä pikimmiten paikkaan missä vika on ilmennyt, ja korjata vika. Kyseessä on yleensä näyttelijään asennettu radiomikrofoni, joka syystä tai toisesta oikkuilee. Tästä syystä on oleellisen tärkeää, että mikkikalle ja kaikki hänen varustuksensa pysyvät hänen kanssaan mukana langattomina. Svenska Teaternissa olemme ratkaisseet tilanteen varustamalla mikkikallen omalla Sennheiserin G3-radiomonitorilla, jolla hän pystyy kuuntelemaan haluamaansa kanavaa monitorimiksauspöydästä. Kanavan valintaa varten hän käyttää etäohjainta. Etäohjain on Apple iTouch, jossa on asennettuna DiGiCon etäohjaussovellus, joka kommunikoi oman wifiverkkonsa välityksellä monitorimiksauspöytään. Samalle iTouch-laitteelle on asennettu Wavetool ohjelmiston etäohjaus, jotka ovat rinnakkain käytössä. ”Stockmann Stockmann” -näytelmässä suurin tarve langattomalle monitoroinnille oli radiomikrofoneissa ja orkesterin kuuntelussa. Säädöt olivat seuraavat: kun mikään kanava ei ollut soolotettu (ns. no solo) monitorimiksauspöytä lähetti Wavetool-ohjelmiston lähtöä mikkikallen IEM-kuunteluun. Soolottamalla orkesterimonitoroinnin kanavaa, tämä lähetettiin mikkikallen IEM-kuunteluun. Joten lähdöt miksattiin täysin samanlaisilla laitteilla kuin orkesterilla oli käytössä, ja näin ollen mikkikalle sai realistisen kuvan lopputuloksesta.

4.4.4 Apuvälineet ja ohjelmistot

On monia eri työkaluja ja ohjelmistoja jotka auttavat mikkikallea työssään. Koska hänen pitää valmistautua niin moneen eri vikatilanteeseen, on hänen arsenaalinsa taisteluvyössä ja tietokoneessa yleensä hyvinkin mittava. Tämä johtuu osittain siitä, että suuri osa käytetyistä työkaluista, ovat tarkoitettu hyvin spesifioituun tehtävään, joten saadakseen kokonaiskattavan työkalupakin, joutuu tarvittavat apuvälineet kokoamaan monelta eri taholta. Tässä osiossa kerron itse käyttämästäni työkaluista ja ohjelmistoista.

Wavetool

Viime vuosina Wavetool on osoittautunut elintärkeäksi apuvälineeksi joka helpottaa, tehostaa ja nopeuttaa ääniteknikkoja työssään. Wavetool on äänen monitorointi ohjel-

misto, joka valvoo sille syötettyjä äänisignaaleja. Yleensä signaalina toimivat langattomat radiomikrofonit, mutta ohjelmistoon voi syöttää mitä tahansa äänisignaalia, jota haluaa monitoroida. Ei ole käytännöllistä kuunnella kaikkia kanavia samanaikaisesti vikoja etsittäessä, koska vikaäänien kuullessa on vaikeata määrittää, mistä kanavasta kyseinen häiriö on peräisin. Wavetool auttaa haravoinnissa tehokkaasti visualisuuksensa takia. Kaikki valvotut kanavat välittävät reaaliaikaista kuvaa sisään tulevasta äänentasosta, antennien voimakkuudesta ja akkujen tilasta. Kun Wavetoolin oma SCP-algoritmi havaitsee poikkeavan äänen, se ilmoittaa mistä kanavasta on kyse. Näin ollen voi helposti päätellä, mistä lähteestä vika saattaa löytyä ja aloittaa tarvittavat toimenpiteet pelkästään tätä kyseistä kanavaa valvoen. Koska Wavetool pystyy monitoroimaan kaikkia sille syötettyjä kanavia yhtäaikaaisesti, todennäköisyys löytää viallinen lähetin tai mikrofoni ennen artistin nousemista estradille ja yleisölle kuultavaksi on huomattavan suuri. Koska ohjelmisto on suunniteltu juuri ääniteknikkojen työskentelyyn, siihen on lisätty ominaisuuksia, jotka todennäköisesti avittavat käytännön työssä. Ohjelma toimii OSX- ja iOS-ympäristössä. Tarkoittaen että Wavetool tukiasemaan voi kytkeytyä käyttäen iOS laitetta etänä Wavetool Remote-aplikaatiolla. Mobiililaitteella pystyy myös valvomaan sisään tulevien signaalien kulkua, kommunikoimaan sisäänrakennetulla chatilla muihin työpisteisiin, joihin Wavetool on asennettu, ja kuuntelemaan wifi-verkon välityksellä valittua äänilähteen lähetystä. Tämä mahdollistaa teknikon liikkuvuuden ja signaalin monitoroinnin vikatilanteissa ja harventaa edestakaisin juoksemista työpisteiden välissä, säästäten kallisarvoista aikaa korjatessa vikaa.

Wisycom Manager

Kuten aikaisemmin jo on todettu, radiotaajuuksien skannauksen tärkeys kasvaa koko ajan, koska radiotaajuus-spektri ruuhkautuu enemmän koko ajan. Skannausta varten tarvitsee vastaanottimen, antennin ja itse skannauksen tekevän ohjelmiston, esimerkiksi Shuren Wireless Workbench. Svenska Teaternissa käytän Wisycom Manager -ohjelmaa, jolla myös ohjelmoimme lähettimien ja vastaanottimien asetukset, nimet, gainin ym. Samalla ohjelmistolla teen myös walk-test-skannaukset tarpeen tullen.

iTouch

Etäohjausohjelmistot ovat osoittautuneet minulle suureksi avuksi mikkikallen tehtävissä liikkuvana pysymisessä. Laukaisen ohjelmistot Applen iTouchilla. Pääsääntöisesti minulla on Wavetoolin etäohjaus käytössä, mutta "Stockmann Stockmann" -esitys asetti laajempaa tarvetta SD10-monitorimikseripöydän, lähtöjen valvomiseen, minkä takia käytin myös iTouchia sen etäohjaamiseen. Koska DiGiCo:n oma ohjelmisto on suhteellisen

kömpelö käyttää niin pienellä kosketusnäytöllä, ohjelmoimme itse TouchOSC Editorilla tarvittavat etäohjauskomennot AUX kanavien soloamiseen.

Multitool

Hyvä monitoimityökalu, niin sanottu multitool, on aina hyvä olla matkassa mukana. Koskaan ei oikein tiedä, mitä työkalua tarvitsee ongelman ratkomiseen, mutta multitool hoitaa kohtalaisesti useimmat tilanteet, kaapelin kuorimisesta ruuvin kiristämiseen.

Teipit ja Skin-prep

Yleensä pyrimme pitämään mikrofonin kapselin irti ihosta, kun se kiinnitetään näyttelijään. Jotta mikrofonikaapelin saa huomaamatta mutta kiinteästi kiinnitettyä, joutuu yleisimmin käyttää jonkinlaista teippiratkaisua. Ihoteipit ovat siis hyvin oleellisia mikrofonia kiinnitettäessä näyttelijään. Pitää varautua moneen eri ihotyyppiin, ihonväriin ja hikeen. Toisilla on herkempi ja helposti ärsyntyvä iho, kun toisille taas voi laittaa kovinta liimaa omaavaa teippiä esitys esityksen jälkeen huomaamatta mitään jälkeä ihossa. Itse olen suosinut kolmea eri teippiä, jotka ovat toimineet yleisiin tarpeisiin: Leukoplast, Leukoflex ja Micropore. Leukoplast on tehokas beige kangasteippi, joka on kolmesta mainitusta tehokkain. Sen koostumuksen takia sitä pystyy jossain määrin peittämään meikillä tarvittaessa, mutta se on yleensä hyvin näkyvä. Leukoflex on läpinäkyvä muoviteippi ja hieman hellempi iholle kuin Leukoplast. Sen läpinäkyvyyden takia sen on huomaamattomin kolmesta teipistä, mutta sitä ei muovin takia pysty maskeeraamaan. Micropore on vaaleanruskea paperipohjainen teippi, joka sopeutuu herkälle iholle. Toisaalta sen liimautumiskyky on muita huomattavasti huonompi, minkä takia käytän sitä vain harvoin. Paperipintansa ansioista sitä pystyy jossain määrin maskeeraamaan meikillä. Skin-prep, on tuote, joka muodostaa ohuen, suojaavan kalvon käyttäjän ihon ja kiinnitettävän tuotteen välille. Se edesauttaa, ettei iho ärsyynny kiinnitettävistä tuotteista, ja että niiden poistaminen herkältä iholta on helpompaa. Se myös estää jossain määrin hien vaikutusta teippien irtoiluun, kunhan sen asettaa ennen hikoilua.

Puhdistustyökalut

Koska yleisimmät jokapäiväiset mikkikallelle ilmenevät ongelmat liittyvät mikrofonikapseliin tarttuvaan likaan, hikeen ja muihin aerosoleihin, täytyy repertoaarissa olla paljon eri puhdistustyökaluja. Alkuun kannattaa taiteilijoille ja maskeerausosaston henkilökunnalle jakaa mikrofonisuoja jo ennen esityksen alkua vahinkojen sattumisen minimoimiseksi. Mukanani mikrofonin puhdistusta varten kulkee yleensä paperi, vanupuikot sekä paineilma- ja kontaktipuhdistajaspray. Näillä pystyy tekemään ensiavun mikrofonin

puhdistamiseen ja hiestä tyhjentämiseen. Paineilmaa kannattaa kuitenkin käyttää vaaroen, ettei vahingoita mikrofonia puhaltaessa pois likaa tai vastaavaa. Esityksen jälkeiseen huoltoon käytän akkuvettä puhdistakseni likaiset tai hiekeen hukkuneet mikrofonit, koska siinä ei ole H₂O:n lisäksi muita mineraaleja tai hivenaineita, jotka saattavat jäädä kapseliin veden haihduttua ja näin olleen haitata mikrofonia.

Seuraavat esineet löytyvät minun asevyöstäni mikkiälän roolissa esityksen aikana:

- Varamikrofonit. Nappimikrofoni + ear-rig + sankamikrofoni
- Teippi, metritavara ja valmiiksi leikattuna
- Skinprep
- Paperi/nenäliina
- Vanupuikot
- Multitool
- iTouch, OSC + Wavetool
- Sennheiser G3 IEM + nappikuulokkeet
- Paineilma
- PRF IPA Kontaktipuhdistajaspary
- Deoxit Gold spray

4.5 Ongelmaratkonnän esimerkit prosessissa "Stockmann Stockmann"

Seuraavassa käyn läpi langattoman järjestelmän kanssa ilmenneitä ongelmia "Stockmann Stockmann" -esityksen harjoituskaudella. Yleensä koetan vikoja indusoidakseni rasittaa järjestelmää ja langattomia laitteita enemmän kuin mitä ne joutuisivat sietämään esityksen aikana. Näin varmistan, että mahdolliset kulumisesta johtuvat pienet viat keskittyvät harjoituskaudelle, jolloin oikeasti on aikaa korjata viat, eivätkä tapahdu esityksen aikana.

RF-Mittaus/Walktest

Varmistaakseni järjestelmän toimivuuden tein eri mittauksia ja testejä radiotaajuuksista. RF-testissä ilmeni, ettei meidän toiminta-alueellamme ei ole varsinaisia piikkejä tai muuten häiritsevää toimintaa. Walktest-toiminnon suoritin kaikille orkesterin IEM vastaanotimille kartoittaakseni, löytykö katvealueita orkesterin operoimilla paikoilla näyttämöllä.

Lähetys näkyy antennissa, mutta ei kuulu ääntä

Lähtökohtaisesti oletin vian olevan lähteessä, mikrofonissa. Tarkastettuani näyttelijään kiinnitetyn mikrofonin en huomannut mitään ulkoista vikaa, kuten esimerkiksi vekkiiä kaa-pelissa tai lytyssä olevaa kapselia. Seuraavaksi koetin ravistella liitintä tarkistaakseen, oliko se huonosti kiristetty tai vaihtoehtoisesti olisiko sen sisällä jokin hajonnut. Kun en pystynyt huomaamaan ulkoista vikaa, päätin vaihtaa lähteen toiseen mikrofoniin. Kun tässäkin mikrofonissa ilmeni sama vika, päätin ettei se todennäköisesti ole lähteestä johtuva. Vastaanottimen päässä kokeillessani eri säätöjä asetuksissa, ilmeni että vaihtamalla companderin asetukset hetkellisesti toisiksi, ja sitten takaisin oikeiksi, palautui äänisignaali. Tämä on ilmeisesti jonkin näköinen vika Wisycomin vastaanottimissa, joka johtuu useista eri compander vaihtoehdoista.

Lähetyksessä paukkuu/rutisee/rätisee

Näitä tapauksia oli useita, ja kuten edellisessä esimerkissä, oletin yleensä virheen johtuvan lähteestä. Eri syyt häiriöääniin olivat muun muassa löysä liitinruuvi, katkennut liitin ja hiuksia mikrofonikapselissa. Katkenneen liittimen kohdalla ei ollut muuta vaihtoehtoa kuin vaihtaa koko mikrofoni, mutta muissa tapauksissa vian sai korjattua nopeasti poistamalla häiriötekijät tai kiristämällä liitinruuvia.

Mikrofoni kuulostaa vaimentuneelta

Lähtökohtaisesti tällaisessa tilanteessa oletin, että kyseessä oli hiki mikrofonissa, mutta jokaisessa tapauksessa kyse oli päälle unohdetusta mikrofonisuojusta, joka oli asennettu mikrofonin suojaamiseksi hiuslakan levityksen aikana.

Häiriöääniä kanavalla, taustakohinaa

Lähettimien ollessa pois päältä huomasin, että eräissä vastaanottimissa puskee läpi signaalia. Kuunnellessani kanavia totesin sen olevan taustakohinaa, niin sanottua white noisea. Nostamalla squelch-tasoa sain kanavat hiljaisiksi.

Drop out:eja, radiosignaali pätkee

Koska kaikki muut kanavat järjestelmässä toimivat samanaikaisesti moitteettomasti, tuumailin, että kyseisen lähtimen antennissa on vikaa. Vaihtamalla antennia vika poistui, vaikka jälkikäteen en pystynyt havaitsemaan vanhassa antennissa ulkoista vikaa.

Ei ole tilaa RF spektrissä / Muu RF-liikenne

Nämä eivät varsinaisesti olleet esiintyviä ongelmia, koska radiokanavia oli käytössä rajattu määrä. RF-skannauksesta kuitenkin ilmeni, ettei radiotaajuuksissa ollut tapahtunut muutoksia, jotka olisivat hälyttäviä langattomien toiminnon suhteen.

Intermodulaatio

Päänäyttelijöiden kaksinkertaisen lähetinmäärän takia ilmeni jonkin verran intermodulaatio tuotteita. Aluksi heidän radiomikrofoneille tarkoitetuissa yöissä taskut lähettimille olivat vierekkäin, mikä saattoi aiheuttaa ongelman. En halunnut tässä vaiheessa vaihtaa lähettimessä taajuutta, koska se saattaisi aiheuttaa muita ongelmia radiotaajuuskoordinaoinnissa, joten minimoidakseni ilmiötä asetin lähettimet niin kauas toisistaan kuin käytännöllisesti mahdollista, molemmin puolin selkää antennit käännettynä poispäin toisistaan. Tämän jälkeen sovimme pukuosaston kanssa uusista mikrofoniövöistä, joissa taskut oli optimaalisemmin sijoitettu intermodulaation välttämiseksi lähettimien kesken.

5 Lopuksi

Teatteritaide saattaa olla tietyssä mielessä ristiriitaista, kun se samalla saattaa olla konservatiivinen ja kehityksellinen. Usein tavoitellaan ylläpitää vanhoja perinteitä, mutta samalla yritetään löytää uusia tapoja, kuinka esittää taidettaan. Sähköisesti vahvistettu ääni on tekniikka-alana teatterissa suhteellisen uusi ja langaton ääni on siihen nähden vasta lähtökuopissaan. Tästä johtuen langaton äänitekniikka kehittyi hurjaa vauhtia ja uusia sovelluksia ja kalustoa tulee koko ajan lisää, jotka auttavat työnteossa, mutta vaativat että käyttäjät pysyvät mukana ajan hermolla kehityksessä, koska nämä työssä auttavat tekniset sovellukset eivät aina ole nimenomaan räätälöity teatteritoimintaan tai langattomien mikrofoniin operointiin. Langattoman äänitekniikan ja radiotekniikan perusosaamisen myötä pystyy oikomaan suurimman osan niissä vastaan tulevista ongelmista, ja tavoitteena on, että opinnäytetyöni antaa tarvittavat työkalut ja tiedon näiden kyseisten ongelmien kanssa kamppaileville henkilöille.

Liitteeseen on kiteytetty oman kokemukseni mukaan tärkeimmät ja oleellisemmat asiat langattomien äänijärjestelmien vianetsinnässä. Alkuun on koottu yleisimmät langattomien äänijärjestelmien oireet, syyt niihin ja mahdolliset ratkaisut ongelmiin. Lopuksi luetellaan kahdessa eri osiossa, sekä osastoittain, että signaaliketjun mukaisesti lähteestä vastaanottimen ulostuloon, missä vikoja saattaa olla.

Lähteet

- 1 Aro, Eero 2006. Tilaääni. Helsinki: Idemco
- 2 Brown, Jim 2005. Wireless microphones and the audio professional. Audio Systems Group. <http://audiosystemsgroup.com/wireless.pdf>
- 3 Laaksonen, Jukka 2013. Äänityön kivijalka. Helsinki: Idemco
- 4 Laukkanen, Petteri 2013. Teatterin äänijärjestelmä. Pro gradu- tutkielma. Metropolian Ammattikorkeakoulu. <http://www.theseus.fi/handle/10024/62005>
- 5 Räisänen, Antti & Lehto, Arto 2011. Radiotekniikan perusteet. Helsinki: Otatieto
- 6 Sigismondi Gino & Tapia Crispin 2016. Wireless system guide. Shure publications.
- 7 Vear, Tim 2017. Selection and operation - wireless microphone systems. Shure publications.
- 8 Wikipedia 2016, Koaksiaalikaapeli, <https://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Koaksiaalikaapeli&oldid=16110643>
- 9 Wikipedia 2015, Akustinen kierto, https://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Akustinen_kierto&oldid=15167180

Langattomien äänijärjestelmien vianetsintäopas

Oire	Syy	Mahdollinen ratkaisu ongelmaan
Ei audio- tai radiosignaalia	Lähetin ilman virtaa	Vaihda paristo, varmista virransyöttö
	Lähetin ja vastaanotin eri taajuuksilla	Vaihda haluttu järjestelmä samalle taajuudelle
	Moitteesta/helastuksesta johtuva radiosignaalin nolaus	Muuta vastaanottimen antennien sijaintia
	Suurilla etäisyyksillä voi lähetin olla kantamansa ulkopuolella	Vähennä lähetimen ja vastaanottimen antennien välistä etäisyyttä
Lähetimen tai vastaanottimen antenni tai kaapeli välillinen	Lähetimen tai vastaanottimen antenni tai kaapeli välillinen	Vaihda välillinen komponentti
	Mahdollinen vika lähteessä	Tarkista lähde. Mikrofonin tai muu
Ei audiosignaalia, normaali radiosignaali	Mahdollinen vika adapterissa	Tarkista/vaihda adapteri
Normaali audio- ja radiosignaali, audio ei kuulu	Vastaanotin väärässä compander asetuksessa	Vaihda compander asetus oikeaksi
Audio ei kuulu normaalisti	Mikrofonin sijainti, liian kauas tai lähellä äänilähdettä	Siirrä mikrofonia
	Mikrofonin peitossa	Poista/siirrä esine joka peittää
	Mikrofonin kapseli hiessä tai muu lika	Poista hihi/lika tai vaihda mikrofonia
Audiosignaali pitkeä, normaali radiosignaali	Hajallinen lähde, liian tai adapteri	Löydä häiriö ja vaihda komponentti
	Hius tai muu esine raapii mikrofonin kapselia	Poista häiritsevä esine
Säiröä ilman audiosignaali pitkeä	Virta loppunassa paristosta/akuista	Vaihda paristot/akut
	Useampi lähetin samalla kanavalla	Vaihda toisesta lähetimestä kanava
Säiröä audiosignaali pitkeillä	Lähettimien välistä intermodulaatiota	Vaihda toisesta lähetimestä kanava tai lisää läitteiden välistä matkaa jos lyhyt
	Lähetin ja vastaanottimen välistä intermodulaatiota	Lisää läitteiden välimatkaa jos lyhyt
Säiröä audiosignaali pitkeillä	Ullallinen lähteen sisään tuleva signaali lähettimeen	Laske lähteen lähettimeen sisään tuleva signaali
Säiröä audiosignaali pitkeillä vastaanottimen jälkeisessä äänijärjestelmässä	Ullallinen vastaanottimen ulostulo audiosignaali	Laske vastaanottimen ulostulo audiosignaali
Kohina, matala audiosignaali mutta normaali radiosignaali vastaanotto	Ullan vähäinen lähteen sisään tuleva signaali lähettimeen	Nosta lähteen lähettimeen sisään tuleva signaali
	Häiriötä radioaajuuksissa	Löydä häiriön lähde ja poista se tai vaihda taajuutta radiojärjestelmässä
	Häiriötä radioaajuuksissa	Lisää squelchin säätöä kunnes vastaanottimessa hiljenee
Kohina, normaali audio- ja radiosignaali	Häiriötä radioaajuuksissa	Löydä häiriön lähde ja poista se tai vaihda taajuutta radiojärjestelmässä
Heikentyvät audiosignaali ja matala radiosignaali	Kantaman ulkopuolella	Vähennä lähetimen ja vastaanottimen antennien välistä etäisyyttä
Heikentyvät audio- ja radiosignaali	Ullan epäherkkä antenni	Vaihda herkempään antenniin
	Ullallinen kaapelihäviö	Käytä korkealaatuisempaa kaapelia, vähemmän kaapelia tai lisää signaalinvahvistusta
	Moitteesta/helastuksesta johtuva radiosignaalin heikentyminen	Muuta vastaanottimen antennien sijaintia hieman
	Esteitä radiosignaalle, esteettömyys	Poista este tai siirrä lähetintä/vastaanottimen antennia
	Ullainen squelch säätö	Vähennä squelch säätöä

Eri laitteet/osastot:**Sähkö(suora/akut/paristot)**

- Lähetin
 - o Tarkista paristot/akut ja että laite on kytketty päälle
- Vastaanotin
 - o Tarkista suora virran syöttö. Mahdolliset transformaattorit saattavat olla viallisia.
- Antennivahvistin
 - o Varmista virransyöttö ja tarkista mahdollinen transformaattori.
- Antennijakaja
 - o Varmista virransyöttö ja tarkista mahdollinen transformaattori.

Antennijakelu

- Antennit
 - o Tarkista sijainnit ja esteettömyys
 - o Suuntakuviointien ja suuntauksien sopivuus
 - o Heijastukset, antennien etäisyydet toisistaan
- Kaapelihäviö
 - o Laatu/pituus (häviö/metri)
 - o Signaalin vahvistuksen tarve
 - o Antennijako mahdollinen syy (-3dB/välikappale)
- Ulkoiset viat
 - o Liittimet kaapeleissa ja kytketyissä laitteissa saattaa olla syy.
 - o Varmista että antennikaapelit eivät ole taittuneet tai vioittuneet.
 - o Varmista antennien kunto.

RF liikenne

- Tee RF-mittaus varmistaaksesi, ettei ole häiritsevää liikennettä omilla kanavilla.
 - o TV kanavien häiriö, tai muut langattomat äänijärjestelmät.
 - o Intermodulaatio
 - o Taustameteli, nosta squelch tasoa

Lähde

- Varmista mikrofonin:
 - o Sijoitus, ettei lähde ole liian kaukana tai peitettynä.
 - o Kaapeli, ulkoiset ja sisäiset viat.
 - o Liitin, ulkoiset ja sisäiset viat.
 - o Adapteri, ulkoiset ja sisäiset viat.
- Muu soitin tai mikseri
 - o Varmista signaalin lähtö
 - o Välikaapelin toimivuus. Varmista ulkoisilta vioilta.
 - o Liitin. Sekä kytketyn kaapelin että laitteen liittimet.

Signaaliketju:

Äänilähde

- Mikrofoni/muu lähde:
 - o *Sijoitus. Ei liian kaukana lähteestä tai suora ääni estetty.*
 - o *Tarkista ettei mikrofoni ole peitetty.*
 - o *Tarkista ettei mikrofonilla ole ulkoisia vaurioita.*
 - o *Hiki tai muu lika mikrofonikapselissa.*
 - o *Jos mikrofoni vaatii phantom-jännitteen, käytä plug-on-lähetintä.*
 - o *Varmista että lähteestä tulee signaali.*
- Kaapelit:
 - o *Tarkista kaapelien ulkoinen kunto.*
- Äänilähdeliitin:
 - o *Liittimien ulkoinen kunto.*
 - o *Kaapelin ja liittimen liitos.*

Lähetin

- Lähetinliitin
 - o *Tarkista ulkoinen kunto.*
 - o *Lika tai korroosio.*
- Virta
 - o *Onko laite kytketty päälle?*
 - o *Tarkista paristojen/akkujen toimivuus.*
 - o *Tarkista että pistokkeesta tulee virtaa.*
 - o *Tarkista muuntajan toimivuus.*
- Antenniliitin
 - o *Tarkista ulkoinen kunto.*
 - o *Onko likaa/korroosiota lähettimen antenniliittimessä?*
- Taajuus
 - o *Onko samalla taajuudella kuin vastaanotin?*

RF / signaalin jako

- Antennit
 - o *Tarkista antennien ulkoinen kunto.*
 - o *Antennien liittimet kunnossa?*

Kaapelointi

- o *Tarkista kaapelin ulkoinen kunto.*
- o *Ovatko kaapelin liittimet ulkoisesti kunnossa?*
- o *Onko kaapelia liikaa suhteessa laatuun/hävikkiin?*
- o *Antennijaot (-3 dB/jako)*

Vahvistimet

- o *Ovatko laitteet kytketty päälle?*
- o *Saavatko laitteet virtaa?*
- o *Tarkista mahdolliset muuntajat.*
- o *Tarkista mahdolliset paristot/akut.*
- o *Tarkista liittimien ulkoinen kunto.*

Jakelukeskus

- o *Onko laite kytketty päälle?*
- o *Saako laite virtaa?*
- o *Tarkista mahdollinen muuntaja.*
- o *Tarkista liittimien ulkoinen kunto.*

Vastaanotin

- Virta
 - o *Onko laite kytketty päälle?*
 - o *Saako laite virtaa?*
 - o *Tarkista virransyöttö.*
 - o *Tarkista mahdollinen muuntaja.*
 - o *Tarkista paristot/akut.*
- Antenniliitin
 - o *Tarkista ulkoinen kunto.*
 - o *Lika tai korroosio.*
- Compander
 - o *Jos eri compander vaihtoehtoja, onko oikea käytössä?*
- Taajuus
 - o *Onko samalla taajuudella kuin lähetin?*
 - o *Heijastuksista aiheutuvaa häiriötä?*
 - o *Intermodulaatio häiriö?*
- Ulostuloliitin
 - o *Tarkista liittimen ulkoinen kunto.*
 - o *Lika tai korroosio.*