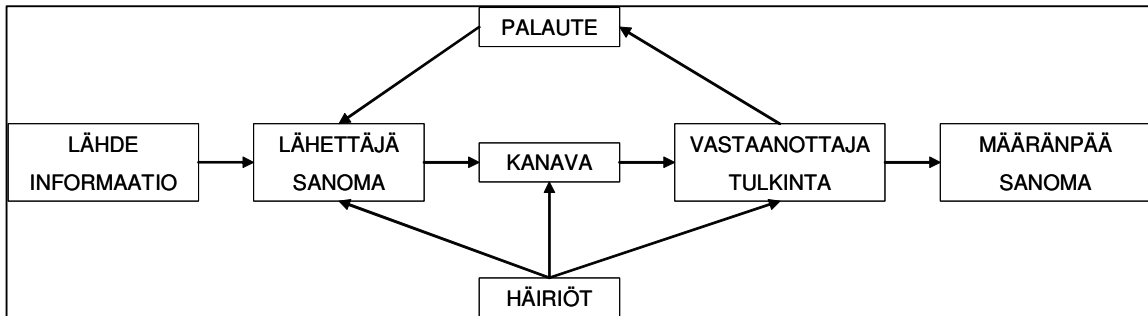


# 1. YLEISTÄ AUDIOJÄRJESTELMISTÄ

## 1.1 Kysymys on viestinnästä

Äänijärjestelmän käytössä on kysymys viestinnästä. Viestintätapahtumaa voidaan kuvata erilaisilla malleilla. Yksinkertaisena, mutta havainnollisena mallina pidetään ns. Shannonin viestintämallia vuodelta 1948.

Kuva 1.1: Shannonin viestintämalli



Viestintä, olkoon kyseessä musiikki-, teatteri-, elokuva-, viihde- tai muu esitys, radio-, televisio-, video- tai muu ohjelma, sisältää aina Shannonin viestintämallin eri osatekijät: Lähettiläjä, jolla on tarve ja kyky viestiä sanomaa, valitsee jonkin viestintätavan ja muokkaa sanoman kanavaan soveltuvaksi. Sanoma välitetään kanavaa pitkin vastaanottajalle, joka muodostaa sanomasta tulkintansa. Sanoman muokkaamiseen ja siirtoon kanavassa tarvitaan aina energiaa ja siirrossa usein teknillisiä apuvälineitä. Ketjun alkupäänä on lähde, informaatio, ja määränpäänä sanoman perillemeno.

Ongelmana ovat häiriöt, jotka estävät informaation kulkua. Häiriöillä tarkoitetaan lähettiläjän ja vastaanottajan sisäisiä häiriöitä sekä kanavassa olevia ulkoisia tekijöitä, jotka muuttavat sanomaa aiheuttaen sen vääristymistä. Sisäisiä häiriöitä ovat esimerkiksi lähettiläjän ja vastaanottajan asenteet ja mielipiteet. Ulkoisia häiriöitä taas ovat esimerkiksi taustamelu, siirtokanavan kohina ja siirtokanavaan muista järjestelmistä kytkeytyvät sähköiset häiriöt.

Palautteen avulla vastaanottaja kommunikoi lähettiläjän kanssa eli kuittaa sanoman vastaanotetuksi tai pyytää toistoa, koska ei ole ymmärtänyt viestiä. Kulttuuriviestinnän puolella palautteella on tärkeä merkitys: vastaanottajien vastakaiku tekee tapahtumasta vuoropuhelun. On aivan erilaista soittaa salin täyteiselle innostuneelle yleisölle kuin vähälukuiselle tylsistyneelle yleisölle tai studion äänitarkkailijalle.

Erään määritelmän mukaan viestinnäksi luetaan vain kaksisuuntainen tapahtuma, jossa vastaanottajalta tulee palaute lähettiläjälle. Saman määritelmän mukaan tiedottaminen on yksisuuntainen tapahtuma.

tuma. Tällöin sanoma välitetään vastaanottajalle, joka ei anna palautetta. Toisen määritelmän mukaan viestintä on aina tiedottamista, jollei tiettyjä vastaanottajia, ns. kohderyhmää, voida osoittaa.

Edellä kuvattu malli saattaa tuntua teknologiselta. Se sopisi esimerkiksi puhelinliikenteen, mutta ei konsertin analysointiin. Kokeiltaanpa kuitenkin mallin luontumista musiikkiesitykseen.

Musiikkiesitys on viestintätapahtuma, jossa lähteenä on musiikki ja sen informaationa musiikin sisältö. Musiikissa on tiedon lisäksi usein hyvin voimakas tunnesisältö. Onkin sanottu, että musiikki on tehokkain tapa viestiä tunteita. Muusikko on lähettäjä, jolla on sanoma: syy soittaa ihmisille, purkaa tunteitaan, ilmaista itseään.

Kanava, jolla musiikkia välitetään, voi yksinkertaisimmillaan olla ilma, jota pitkin ääniaallot välittyvät vastaanottajan eli kuulijan korvaan. Kanava voi olla myös hyvin monimutkainen sisältäen musiikin välitystä varten rakennetun akustisen ympäristön (konserttisali) ja audiolaitteiston. Kuulija vastaanottaa musiikin ja synnyttää siitä oman tulkintansa. Usein säveltäjä saa sanoman määränpäähän: kuulijassa syntyy haluttu vaikutelma tai edes pieni muutos hänen tunnetilassaan.

Kuulija viestii esittäjälle palautteella. Ymmärretyn ja hyväksytyn viestin kuulija saattaa palkita suosionosoituksilla. Hän saattaa myös reagoida viestiin, jota ei ymmärrä tai hyväksy. Hän saattaa liikehtiä levottomasti tai jopa poistua salista. Kuulijat pyytävät usein musiikkiesitysten päätyttyä toistoa (da capo, encore). Mutta he eivät tee sitä siksi, etteivät olisi vastaanottaneet sanomaa, vaan kuullakseen sitä lisää.

Viestin kulkua kanavassa lähettäjältä vastaanottajalle vaikeuttavat monet häiriöt. Tilan liiallinen kaiuntaisuus saattaa pitkittää yksittäisiä ääniä, ja niistä voi muodostua sekava äänimassa. Yleisön liikehdintä, yskintä, äänentoistolaitteiston kohina yms. häiriöt peittävät hyötyääntä eli musiikkia, alleen.

Tässä teoksessa keskitytään audiotekniikkaan eli edellisen mallin mukaan viestintätapahtuman kanavaan. Audiotekniikan avulla voimme usein merkittävästi parantaa kanavan hyötysuhdetta, ts. suhdetta lähetettyjen ja oikealla tavalla vastaanotettujen sanomien kesken.

Audiotekniikan avulla emme voi tehostaa lähettäjän taitoa lähettää sanomaa. Audiotekniikalla emme tarkoita puhujan tai laulajan äänenhallinnan tekniikkaa, jota usein kutsutaan äänitekniikaksi.

Audiotekniikan avulla emme voi tehostaa vastaanottajan kykyä vastaanottaa ja tulkita sanomaa. Korkeintaan voimme neuvoa pesemään korvat ja keskittymään kuunteluun.

Tässä teoksessa audiotekniikalla tarkoitetaan teknistä apuvälinettä äänen tuottamiseen, siirtoon, tallennukseen, muokkaamiseen ja toistoon.

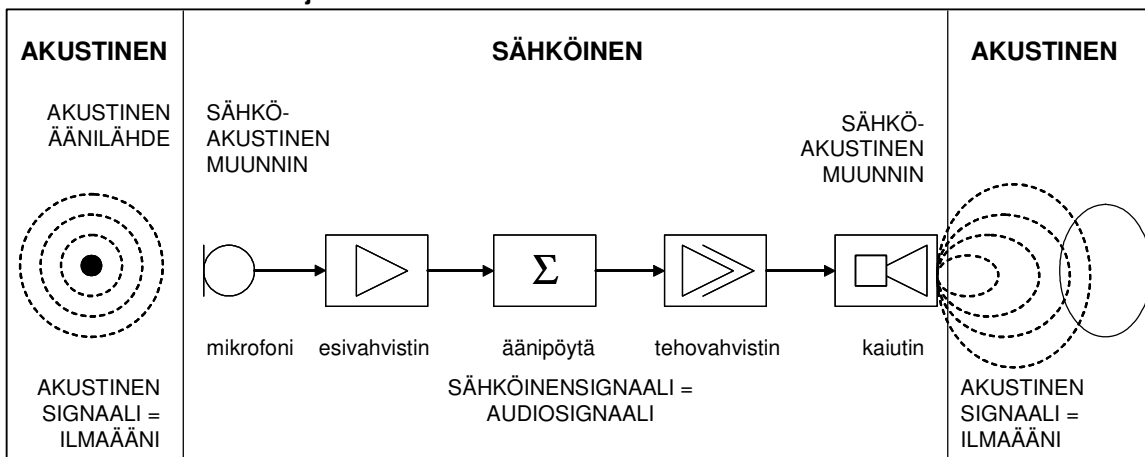
Koska kanavaan kohdistuvat häiriöt ovat keskeinen ongelma audiotekniikassa, niiden poistamiseen tai rajoittamiseen paneudutaan useassa eri kodassa: kohinan vaimennukseen äänentallennuksen yhteydessä luvussa 5., häiriöihin ja häiriösuojaukseen luvussa 7. sekä akustisen kierron rajoittamiseen luvussa 9.3.

## 1.2 Äänensiirtoketju

Audiojärjestelmä on aina äänensiirtoketju, olkoon kyseessä musiikki, teatteri, elokuva, televisio, radio tai mikä tahansa viestinnän tai kulttuurin muoto, jossa audiotekniikkaa hyödynnetään.

Äänensiirtoketju alkaa akustisesta äänilähteestä. Se voi olla ihminen tai akustinen soitin, jonka tuottamat ilmanpaineen vaihtelut eli ilmaääni poimitaan mikrofoniin. Se muuttaa ilmanpaineen vaihtelun vastaaviksi sähköjännitteen vaihteluiksi eli audiosignaaliksi. Audiosignaali voidaan tuottaa myös sähköisellä soittimella, kuten syntetisaattorilla. Niin ikään se saattaa olla peräisin ennalta äänitetystä tallenteesta.

Kuva 1.2: Äänensiirtoketju



Audiosignaali voi olla analogisessa muodossa eli jännitteen vaihteluna tai digitaalisessa muodossa, koodattuna kahden jännitetason vaihteluksi. Äänensiirtoketjussa voidaan audiosignaalia siirtää paikasta toiseen, muokata eri tavoin ja tallentaa eli äänittää. Eri audiosignaaleja voidaan myös yhdistää. Tällöin eri summataan eli miksaataan toisiinsa.

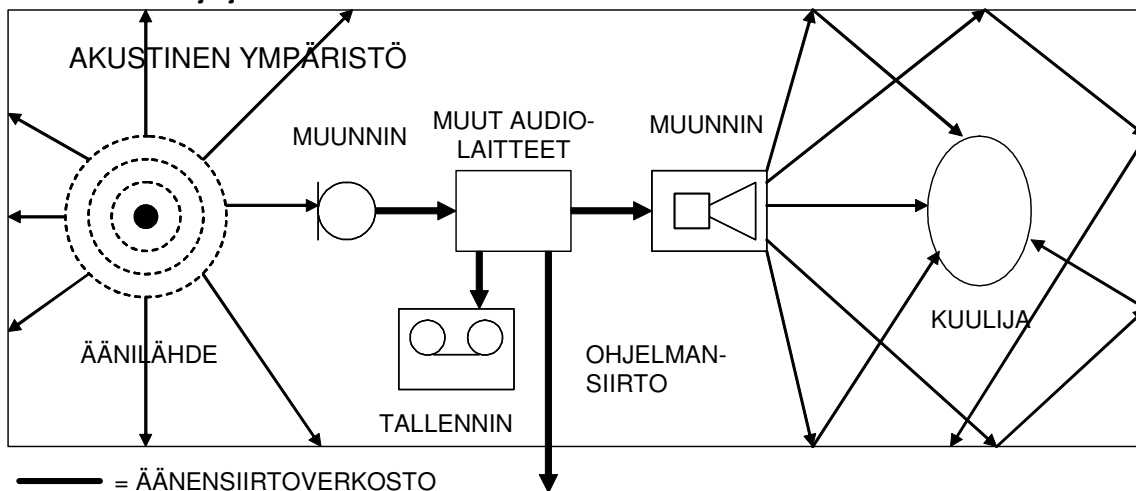
Äänensiirtoketju päättyy kaiuttimiin tai kuulokkeisiin, jotka ovat sähköakustisia muuntimia. Niiden avulla audiosignaali muutetaan takaisin akustiseksi ilmaääneksi korvin kuultavaan muotoon.

## 1.3 Audiojärjestelmän osista

Audiojärjestelmä voidaan tehtäviensä perusteella jakaa eri osiin. Näitä ovat:

- akustinen ympäristö
- kuulija
- äänilähteet
- muuntimet
- tallentimet
- muut audiolaitteet
- äänensiirtoverkosto

Kuva 1.3: Audiojärjestelmän osat



### 1.3.1 Akustinen ympäristö

Usein unohdetaan, että akustinen ympäristö on keskeinen osa audiojärjestelmässä. Ympäristö vaikuttaa ratkaisevasti äänen sointiin sitä tuotettaessa, tallennettaessa ja toistettaessa eli aina, kun ääni on akustisessa muodossa.

Akustiikka tarkoittaa äänioppia, jonka eräs alue on tilan akustisia ominaisuuksia tutkiva huone- tai tila- akustiikka. Puhekielessä akustiikalla useimmiten tarkoitetaan tilan akustisia ominaisuuksia eli tilan sointia. Erään määrittelyn mukaan akustiikassa huonetilaa kuvaavat seuraavat parametrit:

- Impulssivaste, joka on mitattavissa äänisykäyksen eli purskeen avulla. Sen avulla määritellään äänitie: äänen heijastumisen tilaa ympäröivistä pinnoista ja äänen kulun viiveet.
- Jälkikaiunta-aika, joka voidaan tulkita akustisen energian kuo-lemisnopeudeksi (äänen muuttumiseksi energiamuodosta toiseen, akustisesta esim. lämmöksi). Ns. resonassiajattelun mukaan tila voidaan ajatella äänireittien interferenssien (keskinäisten vaikutusten) muodostamaksi resonaattorirykelmäksi,

jossa kaiuttimien ja mikrofonien paikat määräävät resonanssien suhteet.

- Viiveet: tilan akustiikka määrää suunta-aistimuksen ja tilantunnon. Liian pitkään viipynyt energia (kaiut) saatetaan kokea häiriöääneksi.
- Stereovaikutelma: tähän vaikuttaa toisaalta ihmisen suunta-kuulemisen mekanismi ja toisaalta tilantuntu.
- Puheen tajuttavuus: mittausten menetelmiä on mm. RASTI ja konsonanttihäviöiden (ALC) määrä.
- Tilan taajuusvaste: tämä sisältää sekä amplitudivasteen (eri taajuuksien äänikomponenttien toistumisen voimakkuus) että vaihevasteen (ääni-aallon vaihe paikan suhteen).

Äänitapahtumia on myös ulkotiloissa. Tästä syystä jatkossa käytetään termiä akustinen ympäristö korostamaan sitä, että akustinen ympäristö voi olla suljetun tilan lisäksi avoin ulkotila tai puoliaavoin, ulkoilmaan avautuva tila.

Ympäristön akustiikka on audiotekniikan käyttöönoton lähtökohta. Jos ääntä pystytään akustisessa ympäristössä tuottamaan ja välittämään kuulijoille halutulla soinnilla ja kuuluvuudella ilman audiotekniikan apua eli siis akustisesti, ei audiotekniikkaa tarvita. Jos ympäristön akustiikka on käyttötarkoitukseen soveltumaton, voidaan tilannetta yrittää parantaa audioteknisillä laitteilla.

Ympäristön akustiikka on myös sähköakustisen järjestelmän (mikrofonin- ja kaiutinjärjestelmän) suunnittelun lähtökohta, josta kerrotaan lisää 5. ja 8. luvuissa.

Tilan akustiikkaan liittyy tilan soinnin lisäksi myös äänieristys. On hyödytöntä nähdä vaivaa äänitysstudion soinnin virittämiseen, jos jokaisen äänityksen pohjana kuuluu tilaan ulkoa vuotava katumelu. Ääniaallot kulkevat pienienkin rakojen kautta tilasta toiseen. Nyrkissäntönä pidetään sitä, että ääntä vuotaa sieltä, mistä voidaan kuvitella vedenkin vuotavan. Lisäksi ääniaallot johtuvat rakenteita pitkin tilasta toiseen.

Tila-akustiikkaa ei käsitellä tarkemmin tämän teoksen puitteissa. Akustiikan alalta on suomenkielistäkin kirjallisuutta, johon suositellaan perehtymään (esim. Möller: Akustiikan perusteet).

### 1.3.2 Kuulija

Audiojärjestelmän lopputuloksen mittaa viime kädessä aina kuulija. Jo järjestelmän suunnitteluvaiheessa pitää asettua kuulijan asemaan. Viimeinen arvostelu tulee suorittaa korvien eikä mittarien avulla.

Kuulon fysiologialla tarkoitetaan ihmisen kuulomekanismin toimintaa. Tätä mekanismia ja psykoakustiikasta (miten ääniärsyke tajutaan sekä minkälaisia elämyksiä, tunteita, tietoa jne. se saa aikaan) käsitellään tämän teoksen puitteissa vain suppeasti.

### 1.3.3 Äänilähteet

Äänilähteen tehtävänä on äänen tuottaminen. Ihminen on sinänsä eräs kehittynyt mekanismi äänen tuottamiseen. Ihminen on myös kehittänyt valikoiman erilaisia akustisia ja elektronisia soittimia, joilla voidaan tuottaa ääntä. Äänilähteenä voi laajasti ymmärrettynä toimia mikä tahansa ääntä tuottava tapahtuma tai olio, kuten luonnonilmiö (vaikkapa tuuli tai ukkonen), liikenne ja eläimet. Systemaattisen luokittelun äänilähteistä on tehnyt Yleisradion tehostearkisto (Tehosto).

Audiojärjestelmän äänilähteiksi tulkitaan myös audiolaitteet, joista saadaan järjestelmään ääniohjelmaa. Tällöin puhutaankin selvyuden vuoksi ohjelmalähteistä. Ohjelmalähteenä voi olla toistin, joka nimensä mukaisesti toistaa siihen jollekin tietovälineelle (ääninauhalle, -levylle, CD-levylle tms.) tallennettua audiosignaalia. Usein toistin, kuten nauhuri, toimii myös tallentimena. Tavallisimpia ohjelmalähteinä toimivia toistimia audiojärjestelmissä ovat: kasetti- tai kelanauhuri, levysoitin ja CD-soitin.

Radiovastaanotin tai viritin luetaan audiojärjestelmissä ohjelmalähteisiin, sillä saadaanhan siitä kyseessä olevaan järjestelmään audiosignaalia. Yleisradioverkoston kannalta on kyseessä paremminkin radio-ohjelmien toistojärjestelmän osa.

### 1.3.4 Muuntimet

Muuntimista, jotka muuntavat audiosignaalin audiosignaalin akustisesta muodosta sähköiseen muotoon (mikrofonit), tai sähköisestä muodosta takaisin akustiseen muotoon (kaiuttimet ja kuulokkeet), käytetään usein yhteisnimeä sähköakustiset muuntimet.

Tietyt audiolaitteketjun osat, kuten mikrofonetuvahvistimet, päätevahvistimet ja jakosuotimet, esiintyvät lähellä ketjun ääripäitä ja liittyvät käytännöllisesti katsoen aina sähköakustisiin muuntimiin.

### 1.3.5 Äänentallentimet

Äänentallentimet ovat audiolaitteita, joiden avulla audiosignaali tallennetaan jollekin tietovälineelle, kuten ääninauhalle, äänilevylle tai CD-levylle (Compact Disc, CD) myöhempää käyttöä varten. Tallennus ja toisto tapahtuvat yleisimmin magneettisesti (nauhuri - magneettinauha), mekaanisesti (kaiverin - äänilevy) tai mekaanisoptisesti (CD- eli laserlevy). Toistimet luettiin jo edellä äänilähteisiin eli tarkemmin ohjelmalähteisiin.

Kohinanvaimennusjärjestelmiä käsitellään niiden äänittämiseen liittyvän käyttötarkoituksen takia äänentallentimien yhteydessä, vaikka ne toimintansa puolesta kuuluisivatkin äänenmuokkauslaitteisiin.

### 1.3.6 Muut audiolaitteet

Muihin audiolaitteisiin luetaan sähkötekniikan, elektroniikan, mekaniikan ja tietotekniikan avulla toimivat audiolaitteet, joiden avulla ääntä siirretään, ohjataan, yhdistellään ja käsitellään eri tavoin.

Tällaisia audiolaitteita ovat mm seuraavat:

- ohjaimet: äänipöytä eli mikseri, ristikytkentä, valintamatriisi, kauko-ohjain, tietokoneavusteiset ohjausjärjestelmät (työasemat, miksausautomaatit, tehosteiden ulosajojärjestelmät) jne.
- äänenmuokkaimet: *taajuustasossa* taajuuskorjain (equalizer), imusuodin (notch filter), matalien ja korkeiden äänien leikkain (lo/hi cut) jne. *aikatasossa* kaikulaite (echo), kaiuntalaite (reverb), viivelaite (delay) jne. *dynamiikkatasossa* supistin (kompressor), laajennin (expander), rajoitin (limitter), tasoitin (leveller), yliohjain (overdriver), soinninpitkitin (sustainer) jne.
- taajuuden muuntimet: harmonizer, pitch transposer jne
- monitoimiprosessorit, joissa on yhdisteltyä äänen eri ominaisuuksien muokkaustoimintoja
- mittauslaitteet: tasomittarit, ajantasaspektrianalysaattori, goniometri, oskilloskooppi, vaihemittari, TEF- tai SIM- analyysaattori jne.

Tehovahvistimia käsitellään kaiuttimien yhteydessä luvuissa 4, 7 ja 8 sekä äänenmuokkauslaitteita 6. ja 10. luvussa.

### 1.3.7 Äänensiirtoverkosto

Audiosignaalia joudutaan usein siirtämään pitkiäkin matkoja poimimispäikalta (esim. näyttämöltä) äänenkäsittelyyn (esim. tarkkaamoon) ja takaisin toistettavaksi yleisölle kaiuttimilla jne.

Lyhyillä siirtomatoilla käytetyin ratkaisu on audiosignaalin siirtäminen johtoja pitkin, jota varten tarvitaan johtoverkosto. Signaalin siirtämistä johtoverkostossa käsitellään lisää 7. luvussa.

Pitkillä siirtolinjoilla käytetään äänen siirtoon usein radiotekniikkaa. Tällöin useimmiten äänitaajuinen signaali moduloidaan tavalla tai toisella suuritaajuiseen ns. kantoaaltoon. Tieto äänestä kulkee radiotaajuusena sähkömagneettisena säteilynä kantoaallon mukana lähetimestä vastaanottiin.

Radiolähetystä käytetään myös lyhyillä matkoilla äänen siirtoon mikrofonista audiojärjestelmään. Tällöin puhutaan radiomikrofoni- tai langattomasta mikrofonijärjestelmästä. Sen etuna on johdottomuus: esiintyjä voi vapaasti kulkea (kantomatkan sisällä) radiomikrofonin kanssa, mikä on tullut yhä tärkeämmäksi esitysten liikunnallisuuden kasvaessa musiikin, viihteen ja teatterin parissa.

Radiolähetystä käytetään myös henkilökunnan keskinäisessä viestinnässä. Se tapahtuu usein radiopuhelimien avulla, jolloin ollaan riippumattomia johdoista ja lähimmistä liityntäpisteistä.

Langatonta äänensiirtoa käytetään myös huonokuuloisten palvelujärjestelmissä. Tällöin audiotaajuista signaalia syötetään moduloimattomana tehovahvistimen avulla johdinsilmukkaan eli ns. induktiosilmukkaan. Magneettisena säteilynä silmukasta indusoituvaa audiotaajuista signaalia vastaanotetaan huonokuuloisten henkilökohtaisilla kuulokojella tai tapahtumapaikalta lainaksi saatavilla vastaanotimilla.

Huonokuuloisten palvelujärjestelmä tulisi olla kaikissa julkisissa yleisötiloissa. Yleensä kirkot ja teatterit ovatkin varustettuja induktiosilmukalla, mutta toiston laatua voisi usein parantaa huolellisemmalla järjestelmäsuunnittelulla. Suunnitteluohjeita saa mm. Kuulonhuoltoliitosta.

Johdotonta äänensiirtoa käytetään lisäksi joko infrapunataajuisena (IR) tai radiotaajuisena (RF) mm. simultaanitulkkausjärjestelmissä ja musiikkikirjastoissa. Jopa taidenäyttelyissä on kokeiltu kuhunkin tilaan liittyvän äänitaustan toistoa infrapunälähettimillä kävijän IR-vastaanottimeen ja edelleen kuulokkeisiin. Tällöin tavoitteena on ollut, että kuhunkin tilaan liittyvä äänitausta ei sotkeutuisi muiden tilojen äänitaustaan. Äänieristys on nimittäin usein vaikeaa aikaan saada, joten ratkaisuna saattaa olla juuri monikanavainen IR-järjestelmä.

Radiotaajuista johdotonta äänensiirtoa on teknologian halventuessa ja tullessa käyttövarmemmaksi alettu hyödyntää yhä enemmän. Esim. näyttämöllä olevaan esineeseen on voitu kätkeä akkukäyttöinen vastaanotin-vahvistin-kaiutin-yhdistelmä, johon äänitehosteet on syötetty radiolähetyksenä. Näin on saatu aikaan liikkuva äänilähde.

Langatonta äänensiirtoa käytetään myös monitoroinnissa. Tällöin henkilökohtaiset kuulokemonitorit vapauttavat esiintyjään liikkumaan vapaasti, kun monitorikauttimien kuuntelu ei rajoita sijoittumista lavalla.