

MONIKAVANATARKKAAMOIDEN HUONEAKUSTIIKKA FINNVOX STUDIOILLA

Paul Sainio ja Tapio Lokki

Akustiikan laboratorio, Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulu
Informaatio ja tietoliikennetekniikan laitos
Otakaari 5, 02150 Espoo
paul.m.sainio@aalto.fi

Tiivistelmä

Finnvox on Suomen varhaisimpia ja maineikkaimpia äänitetuotantoon rakennettuja studioita. Nykypäivänä levyäänitysten lisäksi tiloissa tehdään muassa elokuva- ja surround-miksauksia. Tätä varten Finnvoxilla on kolme monikanavaäänentoistolla varustettua tarkkaamo: A-, F- ja I-studiot. Tätä tutkimusta varten kunkin monikanavatarokkaamon jokaisesta kaiuttimesta on mitattu tilaimpulssivaste miksaajan työpisteeltä tarkkailtuna. Tuloksista näkee, millaisissa oloissa kotimaiset huippuluokan monikanavamiksaukset toteutetaan. Liitteenä on tilaimpulssivasteista lasketut taajuusvasteet ajan funktiona sekä tila-aikavasteet, joista näkee millainen äänikenttä tilassa on. Mittaukset tehtiin mikrofonihilalla, jossa on kuusi pallomikrofonia ja analyysit on tehty SDM-menetelmällä.

1 JOHDANTO

Finnvox Studiot on vuonna 1965 perustettu suomalainen äänitysstudio Helsingin Pitäjämäessä. Tiloissa on kolme monikanavaäänentoistolla varustettua tarkkaamo, joita käytetään esimerkiksi Dolby Atmos- ja 5.1-miksausten tekemiseen.

A-studiossa on perinteisen stereoparin lisäksi etualalla vasen, oikea ja keskikaiutin, subwoofer, sivukaiuttimet, takakaiuttimet ja neljä yläkaiutinta (kaksi edempänä ja kaksi taaempana). I-studiossa on vastaava järjestelmä ilman erillistä stereoparia edessä. F-studiossa on edellä mainittujen lisäksi yläpuolella suoraan vasemmalta ja oikealta suunnattu stereopari.

Tämän artikkelin tarkoituksena on tutkia näiden kolmen studion huoneakustiikkaa moderneilla mittausten menetelmillä. Motivaationa oli myös dokumentoida näiden studioiden huoneakustiset ominaisuudet ja analysoida huoneakustiikkaa.

2 MENETELMÄT

Studioiden tilaimpulssivasteet mitattiin GRAS 50VI-1-mikrofonilla 192 kHz:n näytteenottotaajuudella siten, että mikrofoni asetettiin karkeasti miksaajan pään korkeudelle, ja

Copyright ©2025 Paul Sainio ja Tapio Lokki. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Kansainvälinen –lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannaisteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

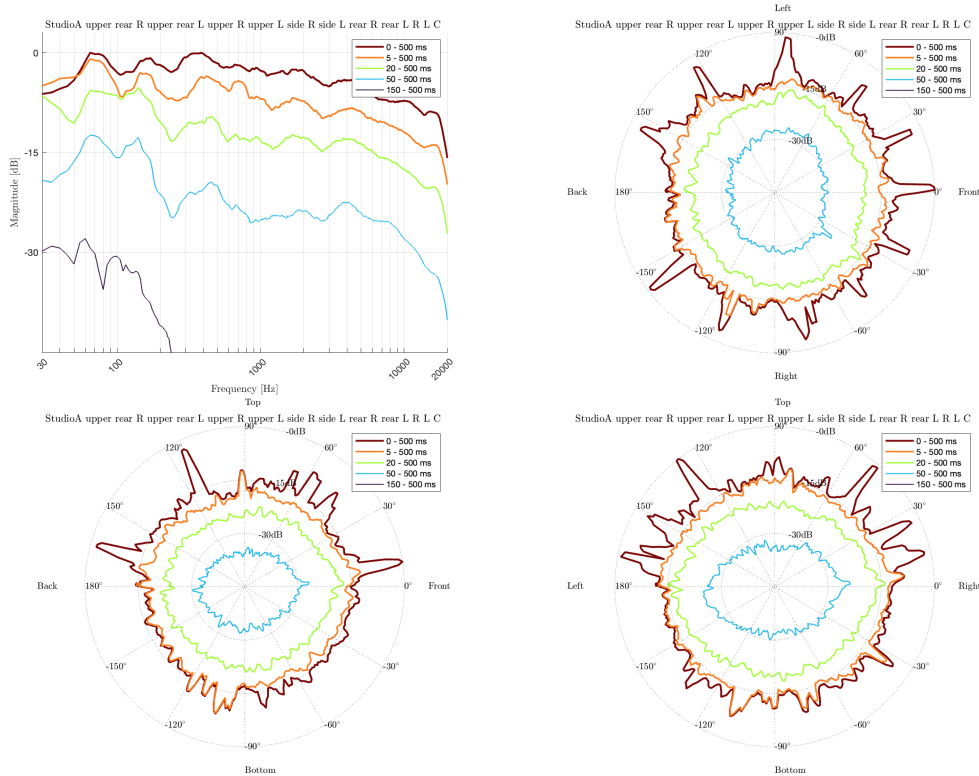
jokaisen kaiuttimen tilaimpulssivaste mitattiin erikseen. Mittaus tehtiin viiden sekunnin mittaisella logaritmisella taajuuspyyhkäisyllä (sweep) [1], jonka taajuusalue oli 5 - 22 000 Hz. Jokaisessa kaiuttimessa mittaussignaalin lähetystaso pidettiin studiokohtaisesti vakiona.

Mikrofoni on 3D-intensiteettimittauksia varten kehitetty hila, mutta tässä työssä sitä käytettiin tallentamaan impulssivasteet kuudella pallomikrofonilla. Hilassa on kuusi pallokuvioista mikrofontia, kaksi kutakin $[x, y, x]$ -koordinaatiston akselia kohden siten, että mikrofonien etäisyys kaikkien keskipisteestä on 25 mm. Tilaimpulssivasteiden analyysi perustuu kuvalähdehajotelma-menetelmään (spatial decomposition method, SDM) [2, 3], jota on laajasti käytetty niin Aalto-yliopistossa kuin maailmallaakin huoneakustiikan mittauksiin ja auralisointeihin [4, 5, 6, 7]. Menetelmä perustuu äänen kulkuaikaeroihin mikrofonien välillä, ja nämä aikaerot lasketaan ristikorrelaation avulla. Kun hilan geometria tunnetaan, niin SDM-menetelmällä saadaan jokaiselle impulssivasteen näytteelle suunta, joka mahdollistaa tila-aika-analyysin [8] sekä tarkan monikanava-auralisoinnin.

3 TULOKSET

Mittaukset tehtiin Finnvox-studioilla heinäkuussa 2025. Kukin studio mitattiin siten, että mittaaja oli läsnä huoneessa, mutta sijoittuneena siten, ettei hän ollut yhdenkään kaiuttimen suoran äänen reitillä eikä ensimmäisten heijastusten esteenä. Tämän artikkelin kuvissa on kustakin studiosta esitetty aika-taajuusvaste sekä tila-aikavasteet kolmesta eri katselusuunnasta. Jokaiseen kuvaan on yhdistetty kaikki kussakin studiossa olevien kaiuttimien mitatut vasteet, eli kuvat vastaavat tilannetta, jossa jokaisesta kaiuttimesta tulee sama signaali. Tämä on yleinen visualisointitapa ja kuvaa hyvin kaiuttimien ja huoneen yhteistä kokonaisvastetta ja äänienergian jakaumaa tilassa.

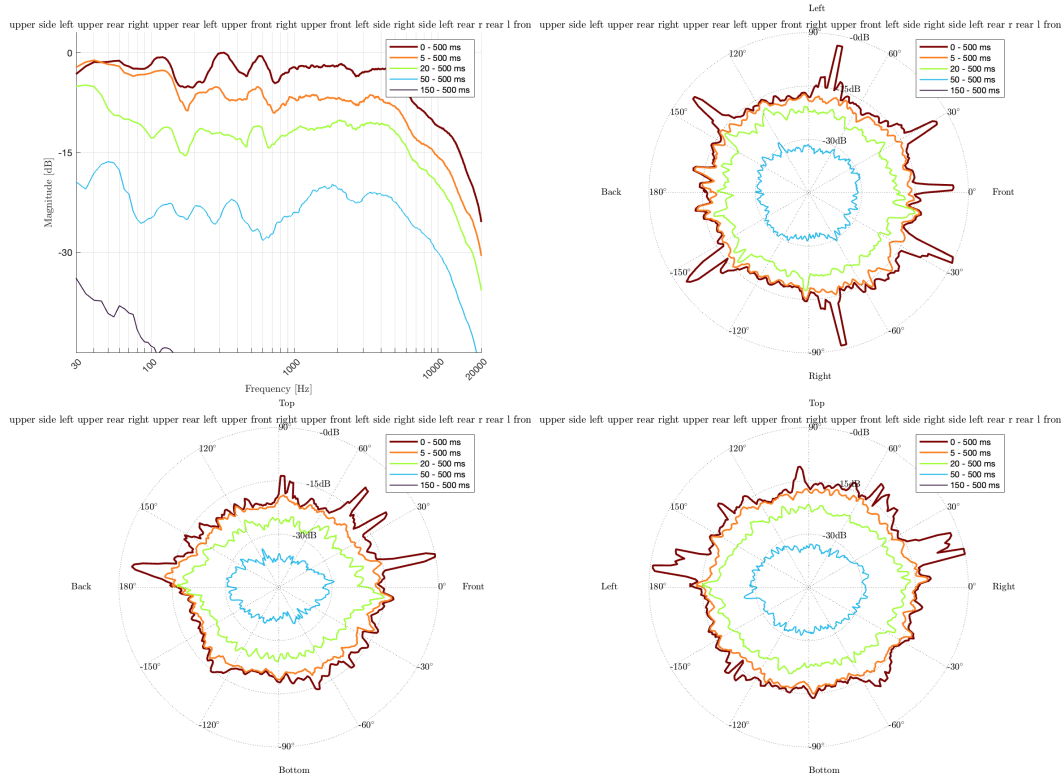
3.1 A-studio



Kuva 1: Ylärivissä A-studion taajuusvaste sekä tila-aikavaste ylhäältä katsottaessa. Alarivissä tila-aikavasteet sivusta ja takaa katsottaessa.

A-studiossa on Dolby Atmos -järjestelmä ja kaiutinasetelma on 7.1.4. A-studion taajuusvaste on yleisesti ottaen tasainen. Alle 300 Hz taajuuksilla on muutamien desibelien aaltoilua kaikkien kaiuttimien summataajuusvasteessa ja äänikenttä vaimenee melko nopeasti, ja 50 ms jälkeen taajuusvasteen taso on pudonnut n. 20 dB (pienillä taajuuksilla runsaat 10 dB). Tarkkaamon jälkikaiunta-aika on keski- ja korkeilla taajuuksilla n. 100 ms ja luonnollisesti bassot soivat pidempään. Tila-aikavasteista nähdään, että voimakkaimmat heijastukset tulevat etukaiuttimista katon välityksellä (Kuvan 1 alarivissä vasemmalla, elevaatio 45°) ja studiotilan ovesta (Kuvan 1 ylärivissä oikealla, atsimuutti $[-100^\circ, -120^\circ]$). Mittauksissa esiintyy myös heijastuksia lattiasta, mutta miksaajan istuessa tuolilla mikrofoniin paikalla näiden voidaan olettaa vaimenevan. Jälkikaiunnan tilallinen jakauma on hyvä, ylhäältäpäin katsottaessa 20 ms ajanhetkestä eteepäin äänienergian jakauma on lähes pyöreä ja aivan loppuvasteessa jopa hieman enemmän sivuillepäin (Kuvan 1 oikean puolesten kuvien vihreä ja sininen käyrä).

3.2 F-studio



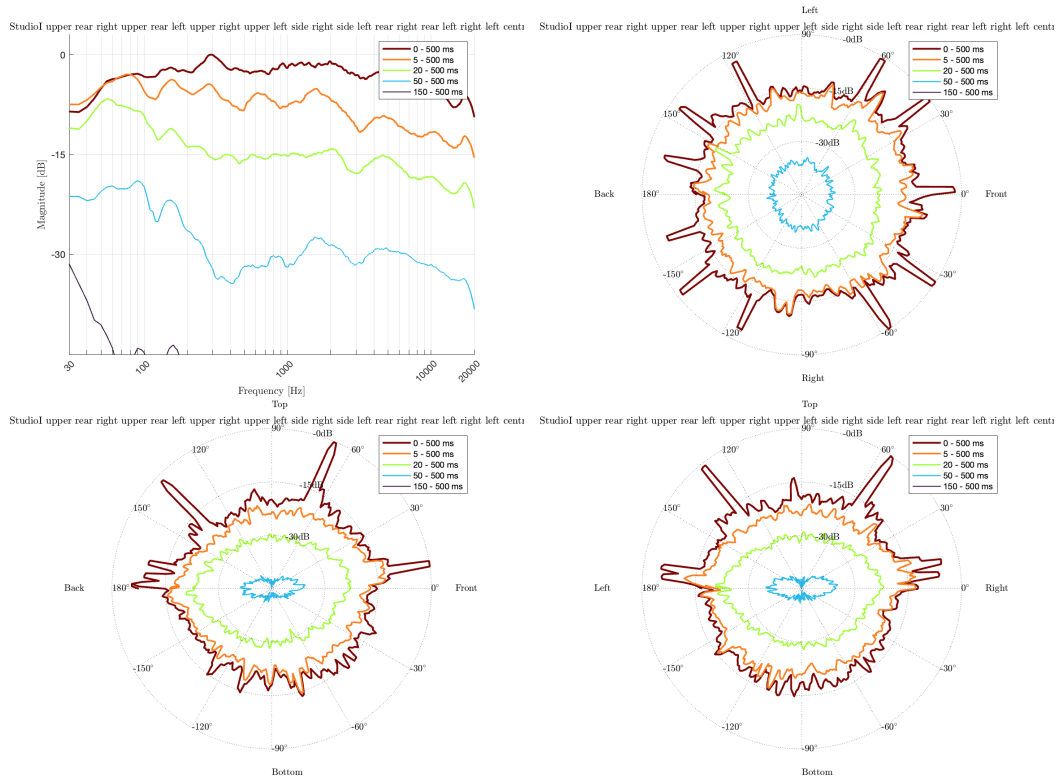
Kuva 2: Ylärivissä F-studion taajuusvaste sekä tila-aikavaste ylhäältä katsottaessa. Alarivissä tila-aikavasteet sivusta ja takaa katsottaessa.

F-studio on suurempi kuin A-studio ja on varustettu Dolby Atmos 7.1.6 -järjestelmällä. F-studion kaikkien kaiuttimien summataajuusvasteessa on aaltoilua jopa 1000 Hz asti. Korkeilla taajuuksilla taajuusvaste on tasaisempi ja vaimenee tasaisemmin. A-studiossa korkeimmat taajuudet vaimenevat nopeammin. Ilmeisesti F-studion seinien materiaalit vaimentavat hieman vähemmän korkeita taajuuksia. Jälkikaiunta-aika on samaa luokkaa A-studion kanssa, mutta yhtä selkeää kallistusta bassotaajuuksiin ei ole.

F-studiossa kattokaiuttimet eivät juurikaan näy Kuvan 2 tila-aika-analyyseissä. Valokuvien 1 perusteella kattokaiuttimet on upotettu hyvin vaimennettuun kattoon. Ylhäältä päin katsottaessa tila-aikavasteista nähdään, että jokainen seitsemästä korvan tason kaiuttimesta erottuu selkeästi ja kaiuttimia vastapäätä ei ole selkeää heijastusta. Tähän auttaa hieman suuremman tila sekä hyvin vaimennetut seinät. A-studion tapaan myös F-studiossa etukaiutinten ensimmäinen heijastus katosta mahtuu 5 ms ikkunaan, kuten Kuvan 2 alarivistä vasemmalta nähdään, elevaatio n. 30°. Etukaiutinten heijastusta lattiasta ei juuri näy (Kuva 2 alarivin kuvat). Yleisesti ottaen selkeitä heijastuksia ei mittausten perusteella näy, ehkä hieman enemmän ääni heijastelee etu-taka-akselilla, minkä selittää tilan suuri syvyys suhteessa korkeuteen. Lopuksi voidaan todeta, että huoneen kaiuntakenttä on hyvin kontrollissa, ehkä hieman etu-takasuuntainen, kun A-studio oli pikemminkin enemmän lateraalinen.

¹<https://www.finnvox.fi/studiotilat>

3.3 I-studio



Kuva 3: Ylärivissä I-studion taajuusvaste sekä tila-aikavaste ylhäältä katsottaessa. Alarivissä tila-aikavasteet sivusta ja takaa katsottaessa.

I-studio on suunniteltu myös Dolby Atmos for Music -standardiin (7.1.4), mutta on selkeästi pienempi tila kuin A- ja F-studiot. Tämä näkyy hyvin summataajuusvasteessa ja sen vaimenemisessa; jälkikaiunta on lyhyempi kuin muissa studioissa ja taajuusvaste on tasaisempi, koska suora ääni kaiuttimista dominoi vahvasti äänikuvaa.

Kuvan 3 ylärivissä oikealla on äänikenttä ylhäältä katsottuna ja siitä näkee selkeästi kaikki 11 kaiutinta. Pienessä tilassa tulee myös jonkin verran heijastuksia kaiuttimista vastapäisistä pinnoista vielä 20 ms ikkunan jälkeen (vastaa matkassa 6,8 m suoran äänen jälkeen). Nämä näkyvät korostumina vihreissä käyrissä. Kuvan 3 alarivissä vasemmalla oleva kuva osoittaa, että katto on hyvin vaimennettu, koska ylhäältä tulee suhteessa hyvin vähän jälkikaiuntaa. Lyhyt jälkikaiunta-aika näkyy myös näissä kuvissa hyvin, koska sinisen käyrän (50 - 500 ms) rajaama alue on hyvin pieni ja taajuusvasteesta nähdään, että yli 200 Hz taajuuksilla ääni on vaimentunut jo 30 dB 50 ms suoran äänen jälkeen.

4 YHTEENVETO

Tässä artikkelissa esiteltiin mittaustulokset kolmesta Finnvoxin Dolby Atmos -standardin mukaisesta studiosta. Analyysi on tehty hieman perinteisistä menetelmistä poikkeavalla tavalla tutkimalla taajuus-aika- sekä tila-aikavasteita kaikkien kaiuttimien summana. Näin nähdään hyvin kerralla kokonaisuus sekä miten huoneakustiikka vaikuttaa kokonaisääni-

kenttään, joka miksaajan pään kohdalla kussakin tilassa vallitsee. Analyysien perusteella voidaan todeta, että nämä huoneet ovat ensiluokkaisia tarkkaan äänityöskentelyyn.

VIITTEET

- [1] A. Farina. Simultaneous measurement of impulse response and distortion with a swept-sine technique. In *the 108th Audio Engineering Society (AES) Convention*, Paris, France, Feb. 19-22 2000. preprint no. 5093.
- [2] S. Tervo, J. Pätynen, A. Kuusinen, and T. Lokki. Spatial decomposition method for room impulse responses. *Journal of the Audio Engineering Society*, 61(1/2):16–27, January/February 2013.
- [3] N. Meyer-Kahlen, S. Amengual Garí, and T. Lokki. What the spatial decomposition method can and cannot do. In *the 24th International Congress on Acoustics (ICA'2022)*, Gyeongju, Korea, October 24-28 2022.
- [4] S. Tervo, P. Laukkanen, J. Pätynen, and T. Lokki. Preference of critical listening environment among sound engineers. *Journal of the Audio Engineering Society*, 62(5):300–314, Jun. 2014.
- [5] T. Lokki, J. Pätynen, A. Kuusinen, and S. Tervo. Concert hall acoustics: Repertoire, listening position and individual taste of the listeners influence the qualitative attributes and preferences. *Journal of the Acoustical Society of America*, 140(1):551–562, July 2016.
- [6] N. Kaplanis, S. Bech, T. Lokki, T. van Waterschoot, and S. Holdt Jensen. Perception and preference of reverberation in small listening rooms for multi-loudspeaker reproduction. *Journal of the Acoustical Society of America*, 146(5):3562–3576, November 2019.
- [7] W. Lachenmayr, N. Meyer-Kahlen, O.C. Gomez, A. Kuusinen, and T. Lokki. Chamber music hall acoustics: Measurements and perceptual differences. *Journal of the Acoustical Society of America*, 154(1):388–400, July 2023.
- [8] J. Pätynen, S. Tervo, and T. Lokki. Analysis of concert hall acoustics via visualizations of time-frequency and spatiotemporal responses. *Journal of the Acoustical Society of America*, 133(2):842–857, February 2013.