

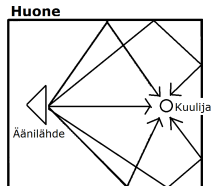
Huonevasteen digitaalinen korjaus säätötekniikan näkökulmasta

Miikka Eloranta

Automaatio- ja systeemitekniikka
Sähkötekniikan korkeakoulu

10. toukokuuta 2012

Huoneakustiikan ongelmat



- ▶ Heijastumat eli äänisignaalien vääristymiset
 - ▶ Äänen eri komponentit korostuvat tai vaimenevat
 - ▶ Myös jälkikaiut eli uudelleenheijastuneet heijastumat
 - ▶ Huoneen eri pisteissä ääni kuulostaa erilaiselta riippuen heijastumien ja alkuperäisen signaalin vaiheesta
- ▶ Seisovat aallot
 - ▶ Syntyy, kun aallonpituus on puolet tai moninkerta vastakkaisten rakenteiden välisestä etäisyydestä
 - ▶ Käytännössä resonansseja

Säätötekniinen lähestymistapa

- ▶ Huone = digitaalinen järjestelmä
- ▶ Äänilähteelle syötettävä signaali = syöte
- ▶ Äänisignaalissa tapahtuvat muutokset = huonesiirtofunktio
= huoneen pulssinsiirtofunktio
- ▶ Kuulijalle saapuva äänisignaali = huonevaste

Säätötekniinen lähestymistapa

- ▶ Syötteitä on järjestelmässä yhtä monta kuin äänilähteitä
- ▶ Vasteita on järjestelmässä yhtä monta kuin “kuulijoita”
 - ▶ Käytännössä kuulijoita vastaavat mittauspisteet
- ▶ Korjaus takaisinkytkennän avulla
- ▶ Jokaiselle vasteelle erilainen korjaus ei mahdollinen
 - ▶ Järjestelmälle luotava mahdollisimman paljon eri vasteiden muutoksia kuvaava kokonaishuonesiirtofunktio

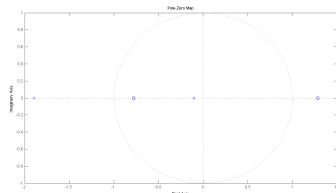
Psykoakustiikka

- ▶ Kuvaa äänen aiheuttamaa vastetta ihmiskorvassa
- ▶ Keskittyy siis korjaamaan ihmiskuulon kannalta tärkeimpiä ominaisuuksia äänestä

Keskittyminen mataliin taajuuksiin

- ▶ Äänisignaalin aallonpituus on suuri, joten ihmiskorva ei havaitse sen tulosuuntaa
 - ▶ Suunnan määrittäminen perustuu ihmiskorvassa eri korviin tulevien äänten väliseen vaihe- ja voimakkuuseroon

Napa-nolla-kuvaus



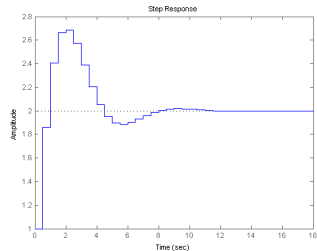
Navat

- ▶ Huonesiirtofunktion nimittäjän nollakohdat
- ▶ Määrittävät järjestelmän stabiiliuden
- ▶ Kuvaavat järjestelmän resonansseja
 - ▶ Resonanssit huoneen ominaisuuksia, jotka eivät riipu esineiden ja ihmisten sijainneista

Napa-nolla-kuvaus

Nollat

- ▶ Huonesiirtofunktion osoittajan nollakohdat
- ▶ Määrittävät järjestelmän inverssin stabiiliuden
- ▶ Kuvaavat järjestelmän vastaresonansseja tai viiveitä
- ▶ Käytännössä pulssinsiirtofunktion “pykäliä”



Huonevasteen korjaus

Huonesiirtofunktion käänteismuunnos

- ▶ Käytetään yleisiä akustisia napaestimaatteja
- ▶ Stabiilisuuden säilyttämiseksi oltava stabiili inverssi
- ▶ Takaisinkytkennän avulla huonevasteen vääristymät kumotaan suodattamalla käänteismuunnoksen läpi

Taajuustaso

- ▶ Aikatazon impulssivasteen Fourier-muunnos
- ▶ Signaalin vaihetta ei tarvitse huomioida

Korjausmenetelmät

- ▶ Huonesiirtofunktion käänteismuunnos
 - ▶ Yleensä joudutaan käyttämään approksimaatioita
- ▶ Mukautuvat suotimet
 - ▶ Toimii adaptiivisesti ihmisten liikkuesssa huoneistossa
 - ▶ Laskentavaatimukset kasvavat helposti erittäin suuriksi
- ▶ Napa-nolla-kuvaukset
 - ▶ Napoina voidaan käyttää yleisiä akustisia napoja kaikille vastaanottajille käytettävissä huonevasteissa
 - ▶ Nollien korjaaminen saattaa aiheuttaa ylimääräistä laskentaa
- ▶ Sumea logiikka
 - ▶ Ihmisläheisempi ajattelutapa korjaukselle
 - ▶ Jäsenfunktioilla saadaan pehmeämpi korjaus
 - ▶ Suunnittelu on työlästä