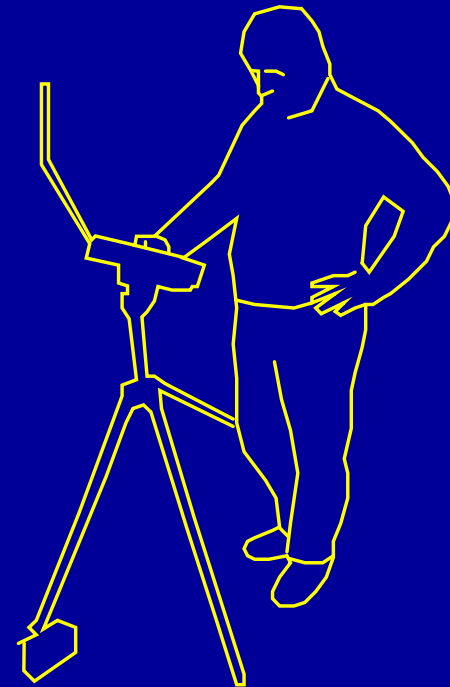




Teremakusztikai mérés technika

Tantermek akusztikája

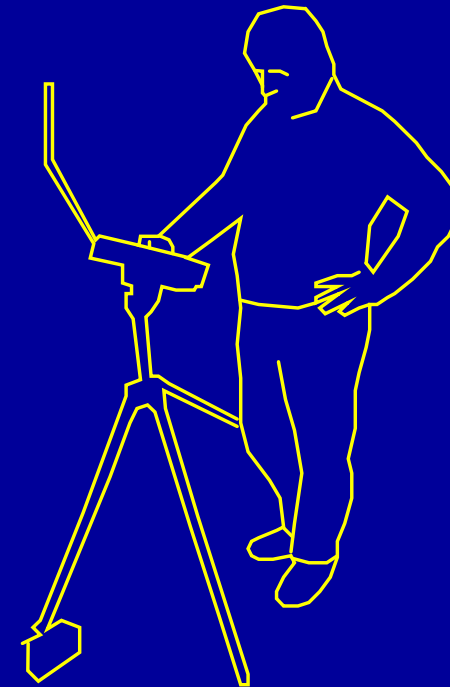
Fürjes Andor Tamás





Tartalomjegyzék

1. A teremakusztikai mérések célja
2. Teremakusztikai paraméterek
3. Mérési módszerek
4. ISO 3382 szabvány
5. Méréstechnika a gyakorlatban
6. A teremakusztikai mérés technika jövője

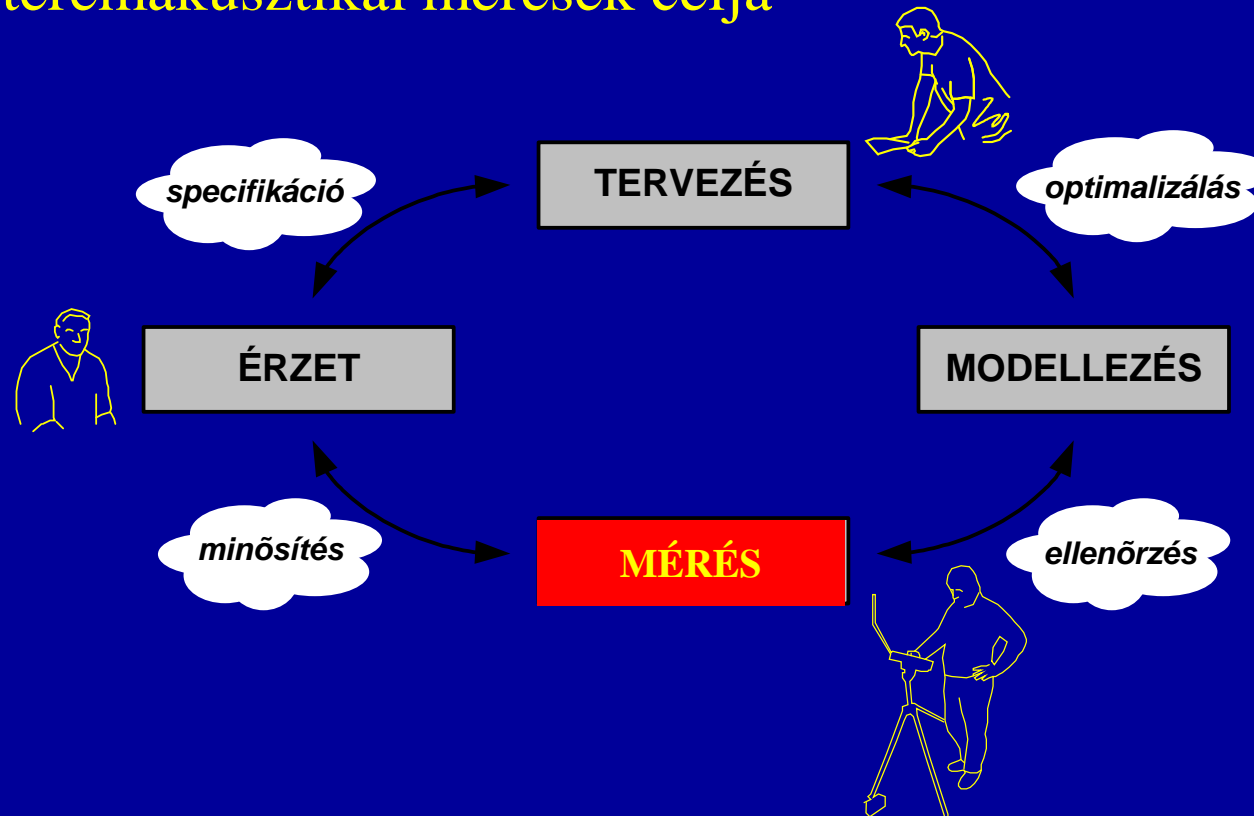




A teremakusztikai mérések célja - kiindulási probléma



A teremakusztikai mérések célja





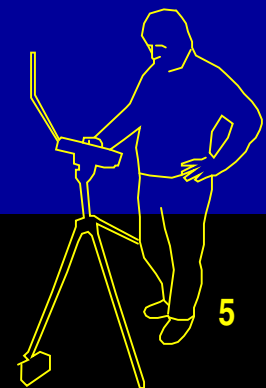
Teremakusztikai paraméterek - a szubjektív oldal

A megítélést befolyásoló „külső” tényezők:

- helyiség funkciója
- helyiség elrendezése (hangforrás és hallgató pozíciója)

Szubjektív jelzők:

- utózenge,
- hangszín,
- térérzet,
- hangtisztaság,
- beszédérthetőség,
- stb.





Teremakusztikai paraméterek - az objektív oldal

A megfigyelt összefüggéseket nagyszámú kísérlet támasztja alá.

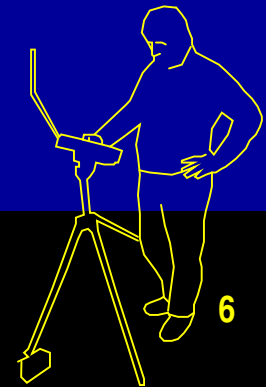
Szubjektív jelzők:

- utószegés,
- hangszín,
- hangosság,
- térérzet,
- hangtisztaság,
- beszédérthetőség,
- stb.

Objektív (fizikai) jelenségek:

- lecsengési folyamat hossza,
- frekvenciafüggés,
- zengő energia nagysága,
- oldalirányú visszaverődések,
- lecsengési folyamat jellege,
- lecsengési folyamat jellege,
- stb.

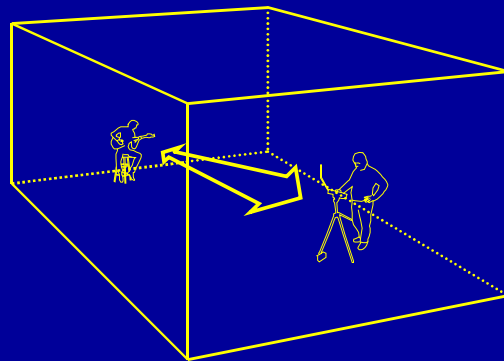
A kiértékelés mélységét a mérési technika lehetőségei korlátozzák...





Teremakusztikai paraméterek - az objektív oldal

Teremakusztikai minőség = hangforrás és hallgató közötti akusztikai kapcsolat.



=

hangforrás
akusztikai jele



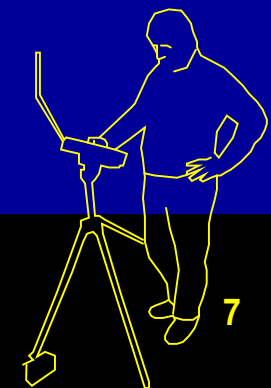
„fekete”
doboz



akusztikai jel a
hallgatónál

a tér két pontja
közötti kapcsolat

A tér egészének minőségét több hangforrás-hallgató pozíció között mért jellemzők átlagával és ingadozásával lehet jellemezni.





Mérési módszerek - alapelvek

Mérnökileg: A hangteret „lineárisnak” tekintjük, ezért...

...két pontja közötti kapcsolat leírható az „impulzusválasszal”.



Budapest, Szt. István Bazilika



Szegedi Dóm



Budapest, Zeneakadémia Kisterem



Budapest, Ganz Mill. Stúdió E



rossz kasszínház (próza)



tompa kasszínház (próza)



BME HIT laboratórium, technikai



HiFi bolt szoba



közvetlen hang





Mérési módszerek - impulzusválasz mérése

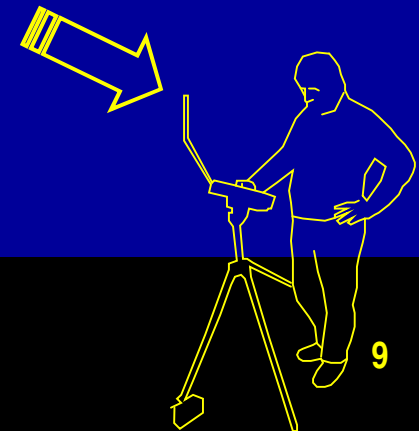
Ismert elvek impulzusválasz mérésére:

- taps, pisztolylövés: pontatlan/ismeretlen gerjesztés (hozzávetőleges)
- MLS módszer - „álvéletlen zaj”: pontos, de érzékeny a torzításokra 
- szinuszos sweep: pontos, a harmonikus torzítás is mérhető 
- tetszőleges (pl. zenei) jellel, FFT: csak rövid impulzusválaszok mérésére alkalmas

Problémák:

- torzítások a rendszerben
- háttérzaj és hasznos mérőjel aránya: jel-zaj viszony.

A jel-zaj viszonyt a mérő jel szintjének emelésével és átlagolással lehet növelni.





Mérési módszerek - mérési eszközök

Hangforrások:

- hagyományos hangsugárzó: irányfüggő viselkedés
- gömbszimmetrikus hangsugárzó: közel irányfüggetlen viselkedés

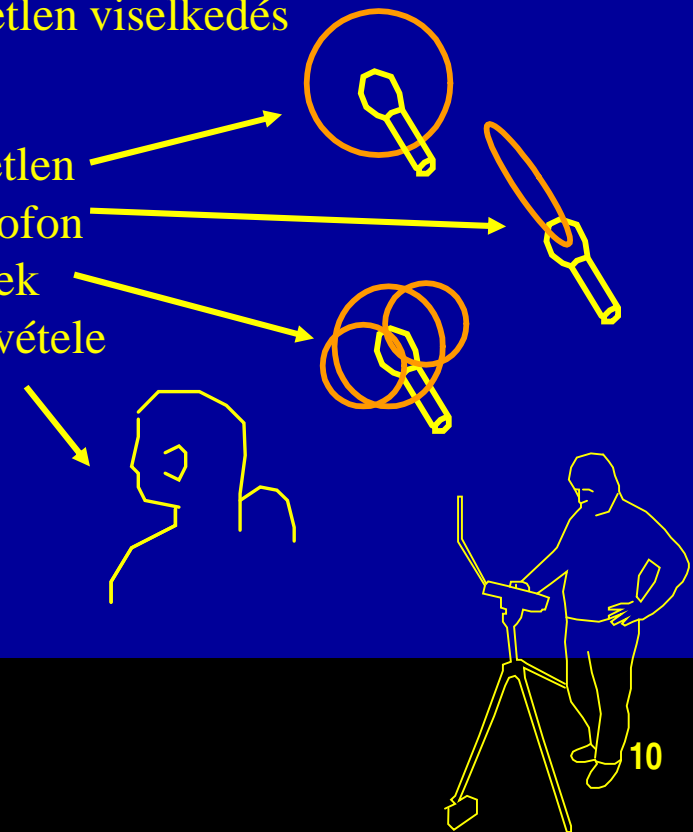
Mikrofonok:

- gömbkarakterisztikájú mikrofon: közel irányfüggetlen
- irányított mikrofon: puskamikrofon, parabolamikrofon
- irányfüggő mikrofonrendszer: sokcsatornás mérések
- műfej: emberi fül és vállak hatásának figyelembe vétele

Mérőjel forrása:

- PC hangkártyával,
- egyéb bejátszó eszköz: magnó, CD, stb.

Eredmények feldolgozása: PC





Mérési módszerek - kiértékelés (EDC)

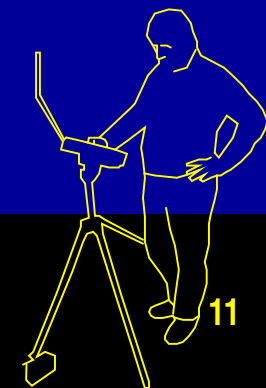
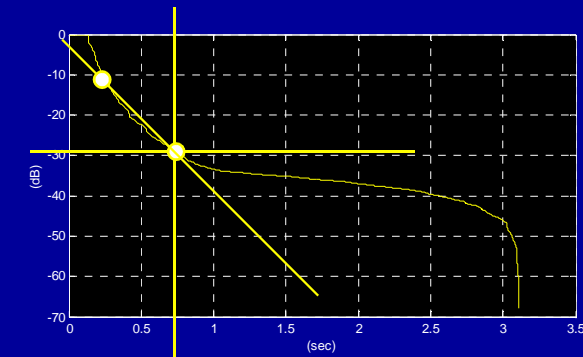
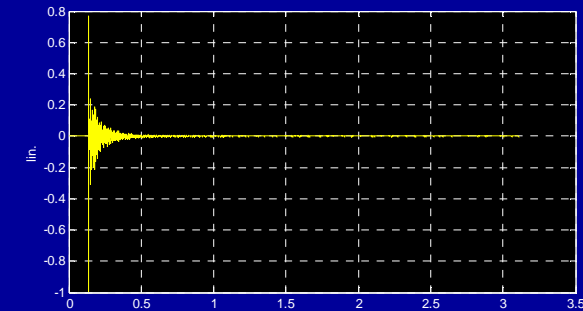
Az impulzusválaszból szűrés után ún. lecsengési görbe (EDC) segítségével számítható paraméterek...

A lecsengési görbe 1-1 pontjával kifejezhető teremakusztikai paraméterek:

- ! - korai-késői energiaarányok (C_x, D_x)
- lecsengési idő (közvetlenül számítva) (T_{60})
- zengő energia aránya (G)

A lecsengési görbe 2-2 pontjával kifejezhető teremakusztikai paraméterek:

- ! - utózengési idő („extrapolált”) ($T_{5-25}, T_{5-35}, EDT_{10}$)
- energiaarány-különbség ($M_{5-20} = C_5 - C_{20}$)





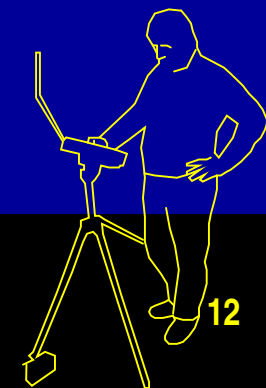
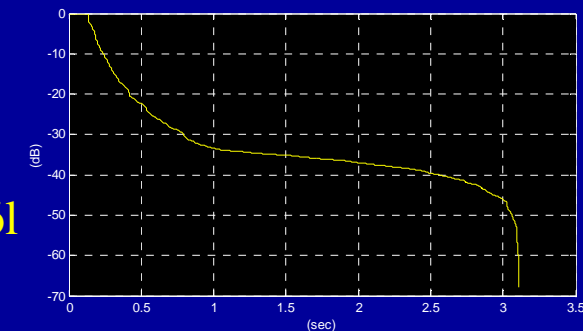
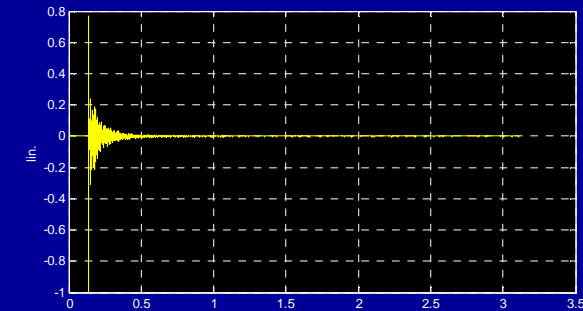
Mérési módszerek - kiértékelés (impulzusválasz)

Egyetlen irányfüggetlen mikrofonnal felvett impulzusválaszból számítható paraméterek...

- közép-idő (t_c) - frekvenciafüggő
- első visszaverődésig tartó idő (ITDG) - szélessáv
- ! - beszédérthetőség (STI, RaSTI, AI_{cons}) - szélessáv

Több, irányfüggő mikrofonnal felvett impulzusválaszból közvetlenül számítható paraméterek...

- oldalirányú energiák aránya (LEF/LF_x , LFC_x) - frekv.
- fülekbe jutó jelek közötti eltérés ($IACC_E$) - szélessáv

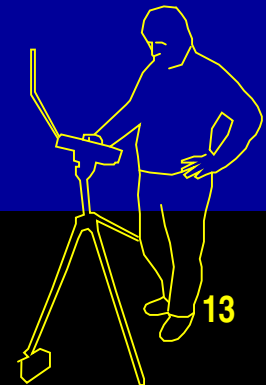




Mérési szabvány - MSZ-EN-ISO 3382

Nemzetközileg elfogadott mérés technikai szabvány teremakusztikai mérésekhez:

- mérési állapot (üres, stúdió, foglalt >80%)
- hangforrás (lehetőleg gömbi)
- mikrofon (gömbi)
- alkalmazott szűrő (szelekció, feldolgozás pontossága)
- mérési technika (rögzítő és mérő jelek)
- mérési pozíciók (mikrofonok és hangforrás, falak, stb. távolsága)
- mérési pontok száma (padló szint felett 1,2m, minimum 2 vagy kb. 1db/125 fő)
- minimális jel-zaj viszony
- paraméterek számítása



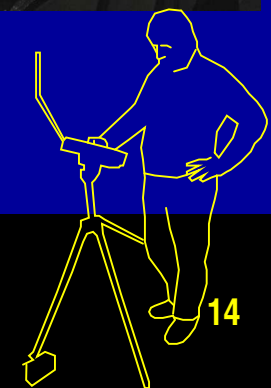
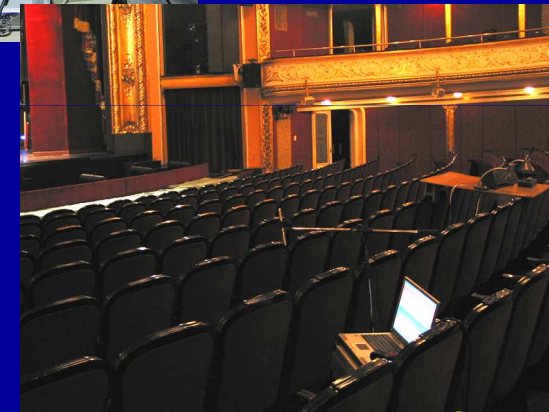
Mérés technika a gyakorlatban

Mérés körülményeinek biztosítása

- háttérzajok csökkentése
- üzemi állapotok biztosítása
- tápellátás

Méréshez szükséges időtartam:

- a mérés elvégzése: kb. 2...6 óra (terem mérettől függ)
- kiértékelés: kb. 1...3 nap (mérések számától függ)
- dokumentáció: kb. 1...2 nap (mérés céljától függ)





A mérés technika jövője

Fejlődési irányok:

- nagyobb felbontás alkalmazása
- irányfüggőség vizsgálata sokcsatornás mérésekkel
- mérés és analízis összekapcsolása (inverz módszerek)
- szabványosítás korszerűsítése (új technikák befogadása)
- hordozhatóbb rendszerek...

