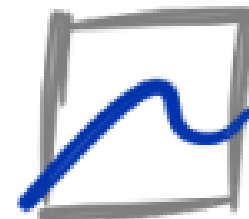


STATISZTIKAI PROBLÉMÁK A HULLÁMTÉR REPRODUKCIÓ TERÜLETÉN

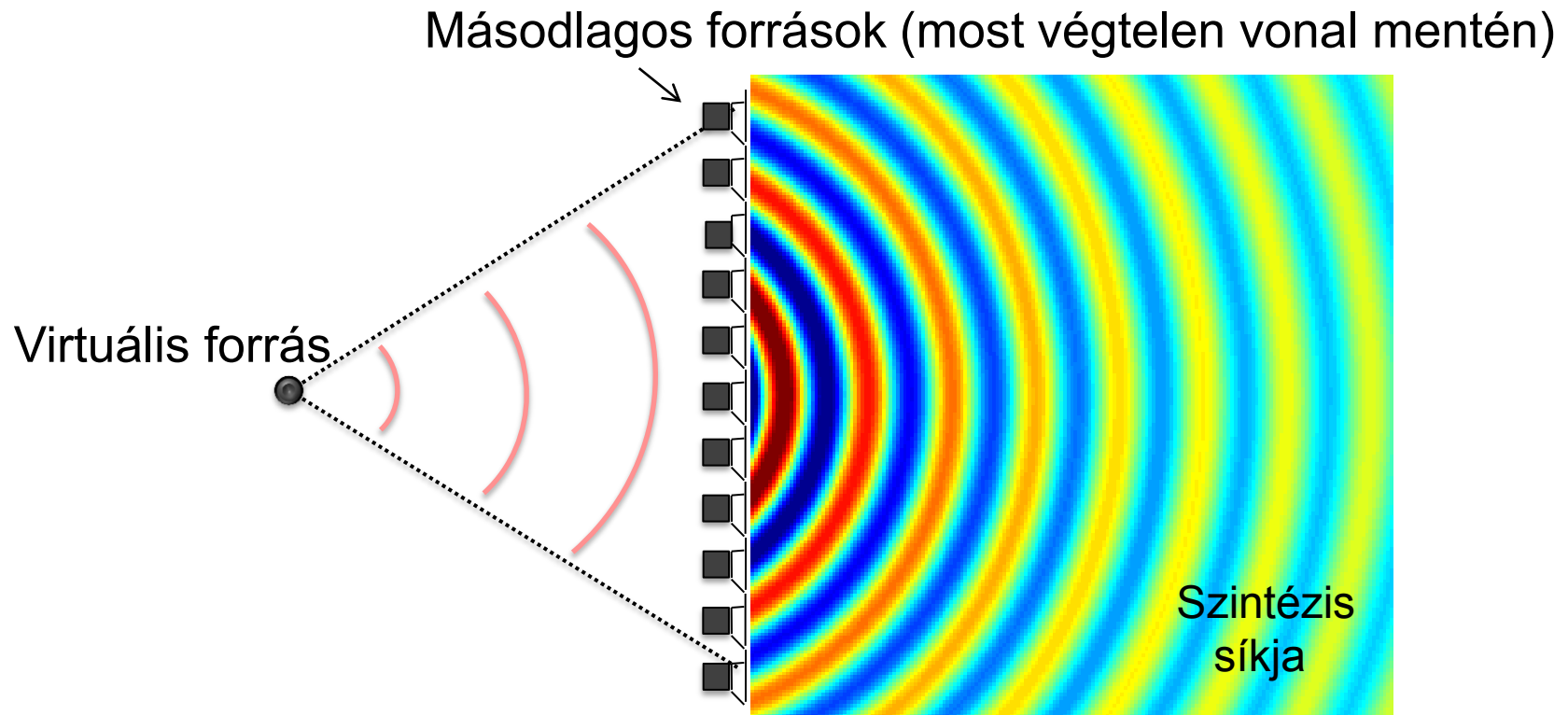
Firtha Gergely
PhD hallgató, Akusztikai Laboratórium
BME Híradástechnikai Tanszék
firtha@hit.bme.hu



- A hangtér reprodukció célja
- Két alapvető hangtér reprodukciós módszer ismertetése:
 - Wave Field Synthesis alapjai
 - Spectral Division Method alapjai
 - Itt be nem mutatott módszerek is léteznek(MIMO, Ambisonics)
- A forrás iránykarakterisztikák meghatározása
- A reprodukció során felmerülő statisztikai problémák bemutatása (2 felvetett, de még nem kidolgozott megoldással)

Hangtér reprodukció feladata

- Célunk: a megfigyelési síkban az alkalmazott források eredő hangtere legyen egy előírt hangtérrel megegyező
- Ez általában egy virtuális forrás, vagy forráseloszlás hangtere, amelyet a szintézis síkjában reprodukálunk.



Wave Field Synthesis

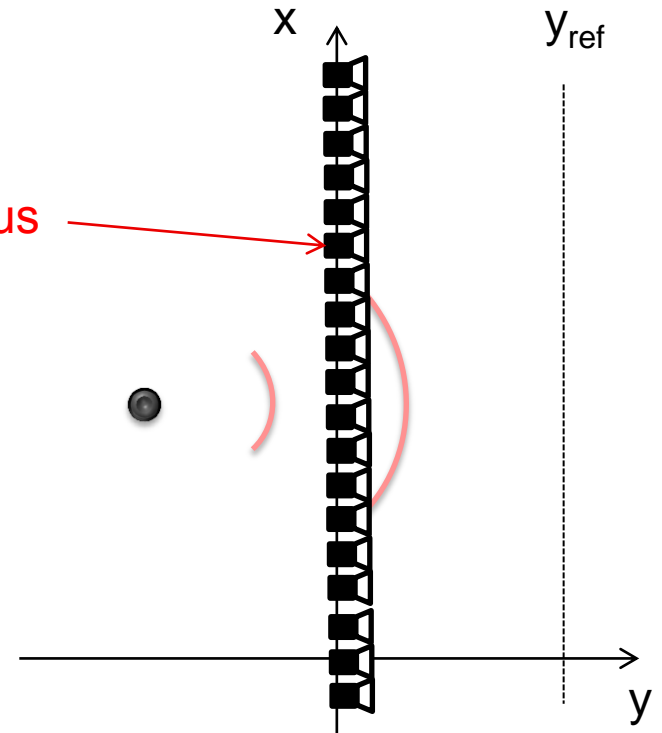
- Hangtér előállítása a Huygens-elv alapján, a Rayleigh-integrál közvetlen alkalmazásával
- Analitikus megoldás alapja:

$$P_{virtuális}(\omega, r) = \int_{-\infty}^{\infty} Q(\omega, r) \frac{e^{-jkr}}{r} dx,$$

Monopólus tere

$$Q_{monopólus}(\omega, r) = \cos \varphi \sqrt{\frac{jk}{2\pi}} \sqrt{\frac{y_{ref}}{y_{ref} + \Delta y}} \frac{e^{-jk\Delta r}}{\sqrt{\Delta r}}$$

- Az ún. dimenziószámbeli egyeztetetlenség miatt a szintézis egy megfigyelői vonal mentén, a referenciavonalon lesz csak amplitúdópontos \longrightarrow Erre optimalizálunk



- Nem külön technika, inkább a probléma más megfogalmazása

$$P(x, y_{ref}) = \int_{-\infty}^{\infty} Q(x_0) G(x - x_0, y_{ref}) dx_0 = Q(x) \otimes G(x, y_{ref})$$

$$\tilde{P}(k_x, y_{ref}) = \tilde{Q}(k_x) \tilde{G}(k_x, y_{ref}) \quad \longrightarrow \quad Q(x) = \mathfrak{F}^{-1} \left\{ \frac{\tilde{P}(k_x, y_{ref})}{\tilde{G}(k_x, y_{ref})} \right\}$$

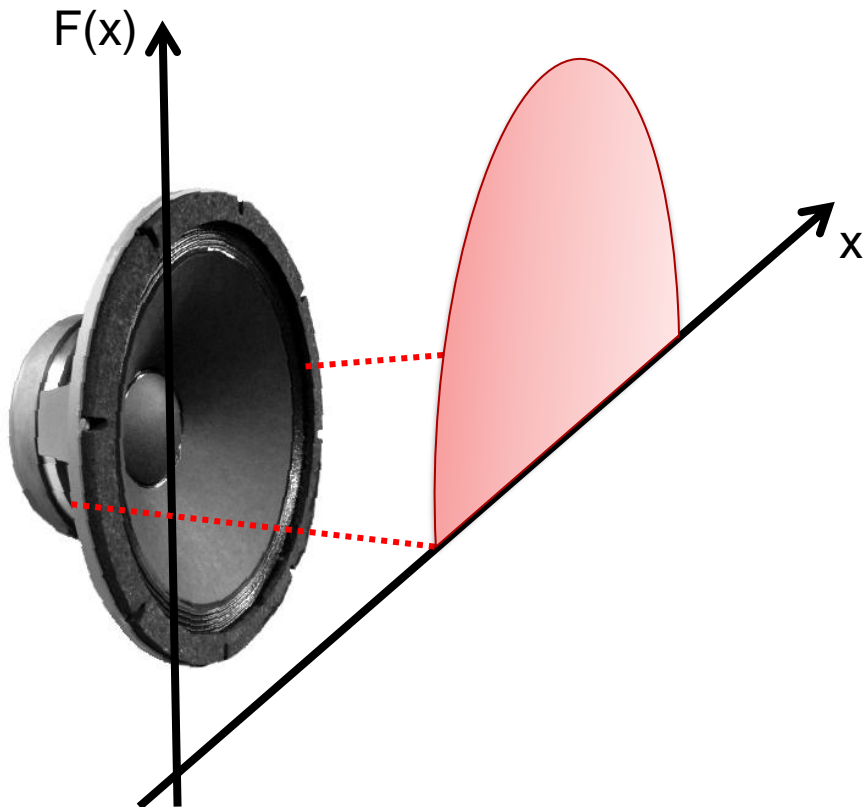
- Ritkán számítható analitikusan, numerikusan számítva referencia megoldás lehet WFS-hez
- WFS-el ellentétben nem tartalmaz távoltéri közelítéseket
- Bizonyítható, hogy a távoltérben a WFS-el azonos eredményre vezet



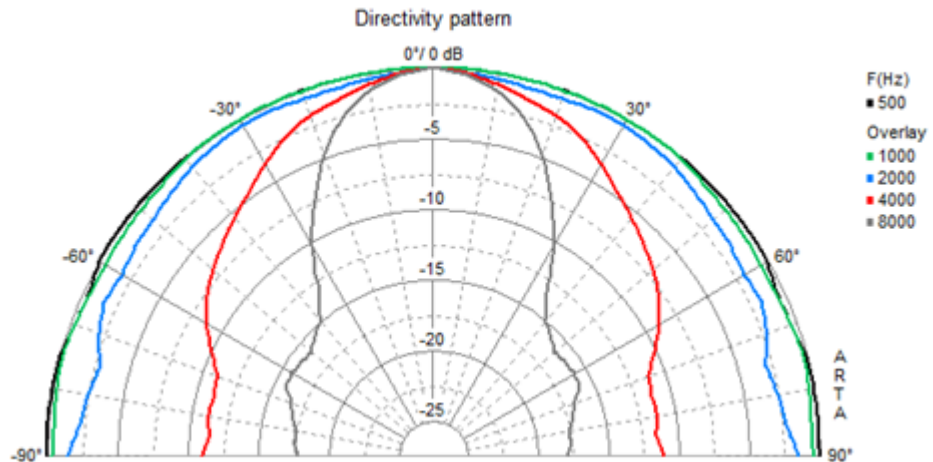
Ötvözhető/keverhető a két technika

Sugárzási iránykarakterisztika

- Egy kiterjedt sugárzó sugárzási karakterisztikáját a vízszintes síkban a sugárzó vonalmenti erőeloszlás-függvénye határozza meg: Fourier-transzformáltja közvetlenül meghatározza az iránykarakterisztikát



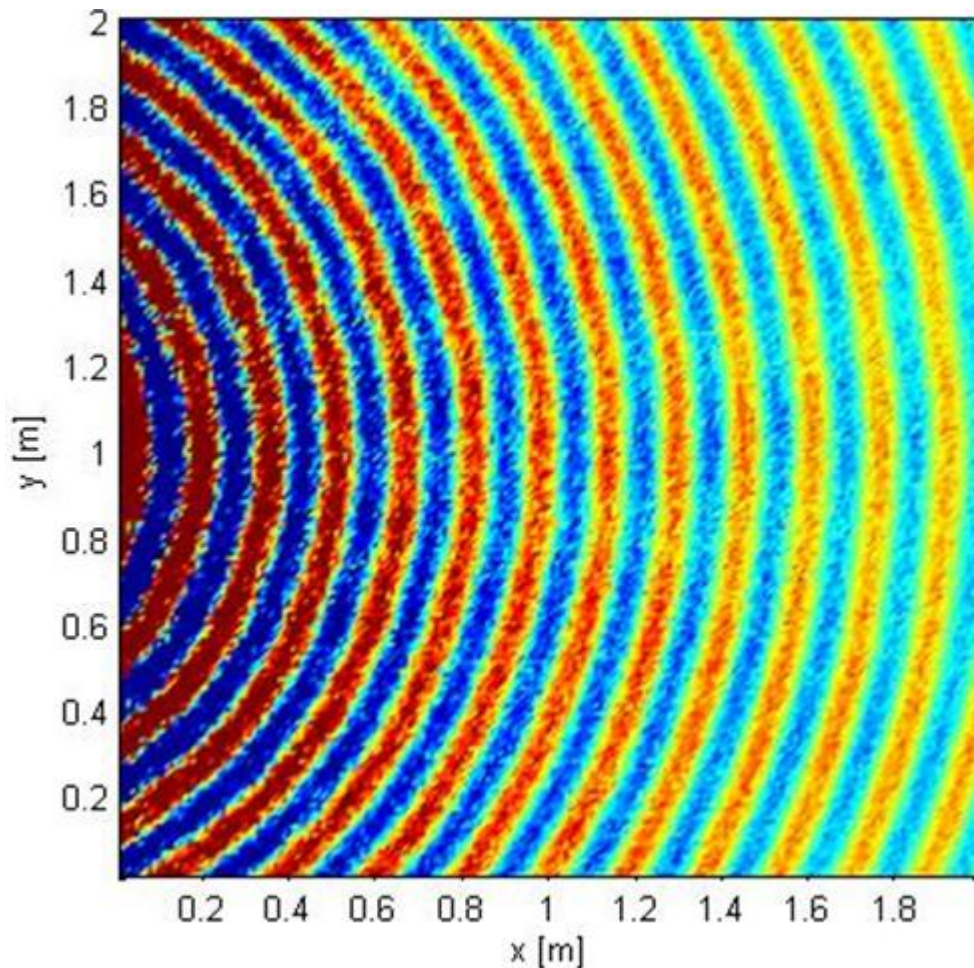
PI. Dinamikus hangszóró:
Távoltérben Bessel-függvény ka-
rakterisztikájú irányított monopólus
Bessel-fv.: az ábrán látható eloszlás-
függvény Fourier--transzformáltja



A gyakorlati megvalósítás problémái

- A leíró egyenletekből látható, hogy a vezérlőfüggvények származtatásánál monopólus másodlagos forráselemeket feltételeztünk
 - Megmutatható, hogy a másodlagos és virtuális forrás iránykarakterisztikák felcserélhetőek \longrightarrow dinamikus hangszórókkal ugyanilyen virtuális forrás terét szintetizálnánk (ez még nem lenne baj, korrigálható)
- Probléma: Hangszórók paramétereit még azonos típusok esetén is jelentősen eltérnek egymástól
 - Érzékenység szórása
 - Iránykarakterisztika szórása

- Érzékenység leírása: egyszerűbb
 - Modell: érzékenység az adatlapon megadott várható értékű, ismeretlen szórású normális eloszlású val. változó
 - ↓
 - Paraméter becslés segítségével becsülhető a szórás (pl. empirikus szórásnégyzet alapján), ezt a szimulációs környezetbe belevéve az erősítésbeli eltérések hatása objektíven vizsgálható
 - Egyedi mérésekkel az erősítés változtatásával korrigálható is
- Iránykarakterisztikák: nehezebben leírhatók, nagyfrekvencián jellemzően jóval nagyobb szórású valószínűségi vektor-változóval lehetne leírni, ráadásul a szintézis során is jelentősebb problémát okoz



Statisztikai problémák

- Cél: az összes hangszóró (néha többszáz) kimérése nélkül megfelelő statisztikai leíró mennyiséget találni a kérdésre: Egy adott hangszórótípus esetén mennyire hasonlóak az iránykarakterisztikák
- Ezután szimulációkon keresztül lehet vizsgálni az egyes szórások hatását, vagy szubjektív, meghallgatási tesztek alapján vizsgálhatjuk, mekkora paraméter szórás okoz hallható hibát, mekkora forráskülönbözőséget tud az emberi fül tolerálni
- Több hangszóró típusra ezután az eredmények kiértékelésével optimálisan dönthetünk, egy bizonyos reprodukciós minőség biztosításához milyen hangszóró típus választása szükséges
- Ha korigálni akarjuk a monopólustól eltérő iránykarakterisztikát, érdemes meghatározni a tényleges iránykarakterisztikának a várható értékét pont-, vagy intervallumbecsléssel

Felvetett megoldás a problémára 1.

- Egyik felvetett megoldás:
 - az alkalmazott forráselemekből vett minta iránykarakterisztikáját megmérni x° szögfelbontással, N-szer (pl. forgódobon N fordulat)
→ x-enként N adat
 - Homogenitásvizsgálattal meghatározhatjuk, hogy adott konfidenciaszinten N adat azonos eloszlásból származik-e, minden egyes mérési pozícióra, így egy irányfüggő homogenitásvizsgálatot elvégezve



Kolmogorov-Szmirnov próba → Szögfüggő próbastatisztika

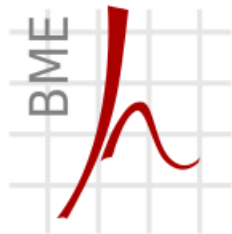
- A megoldással esetleg vizsgálható az is, mely térszögben való torzulás okoz „kisebb”, illetve „nagyobb” hibát
- Meghatározható minden szögre átlag próbastatisztika, amely a kritikus érték alatt jellemezné a hasonlóságot.
- Probléma: jól csak hangszórópárok kapcsolatát írná le, az esetleges átlagolás már jelentősen torzíthat

Felvetett megoldás a problémára 2.

- Felvetett megoldás egy mérésre elemenként:
 - Tételezzük fel, hogy két hangszóró iránykarakterisztikái hasonlóak, lineáris kapcsolat van köztük: $D_1(\varphi) = aD_2(\varphi) + b$
 - Ha valóban van lineáris kapcsolat köztük, akkor hasonlóak, az amplitúdó különbség (a) korrigálható
 - Legyen a nullhipotézisünk $H_0 : a = 0$
 - Míg az ellenhipotézisünk $H_1 : a \neq 0$
 - Az F-próba alkalmazható annak ellenőrzésére, hogy egy regressziós modell mennyire helytálló, azaz van-e lineáris kapcsolat \longrightarrow a nullhipotézis tesztelhető F-próbával
 - Gond van, ha teljesül a nullhipotézis, a hangszórók iránykarakterisztikái függetlenek

Kérdések?

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!



Híradástechnikai Tanszék