

Akusztikus lokalizáció mikrofontömb segítségével

Gera Nándor
Konzulens: dr. Orosz György



Méréstechnika és
Információs Rendszerek
Tanszék

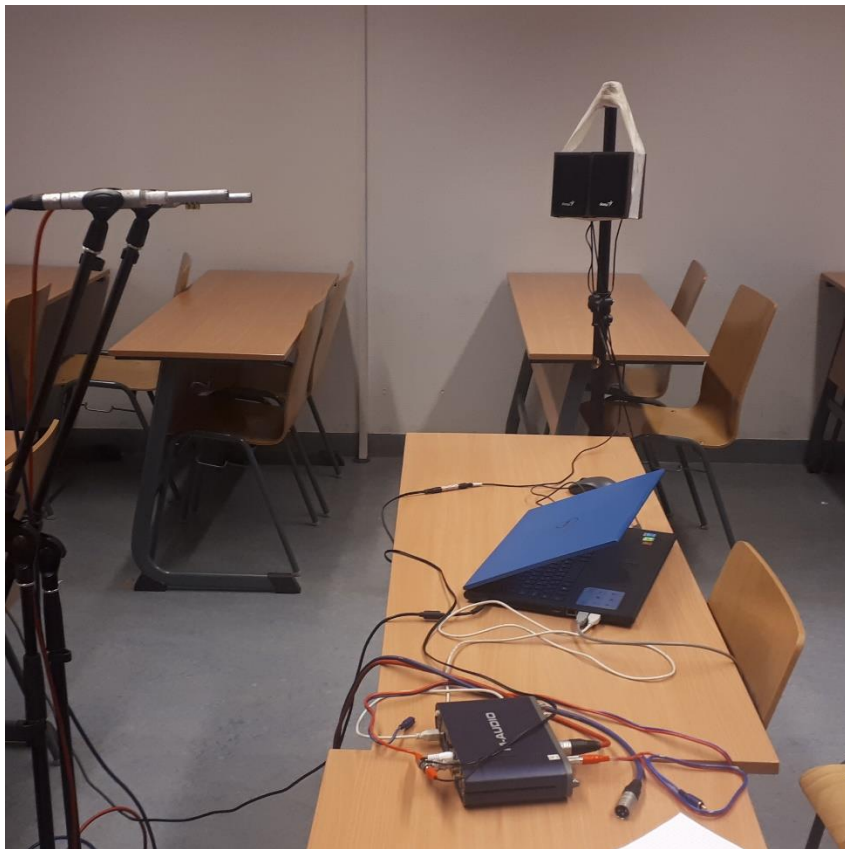
Célok, problémák

- Beszélő ember pozíciójának meghatározása beltérben
- 2 csatornás mikrofontömb használata
- Iránymeghatározás, passzív működés
- Külső zavarások, zajok hatásának minimalizálása, reflexiók elnyomása

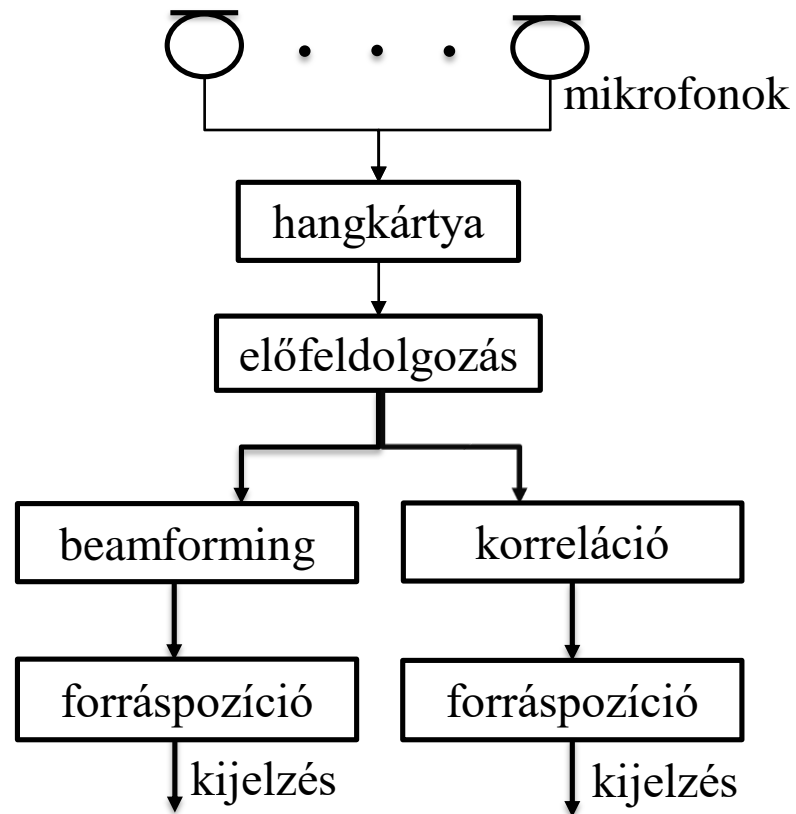


Algoritmus blokkdiagramja

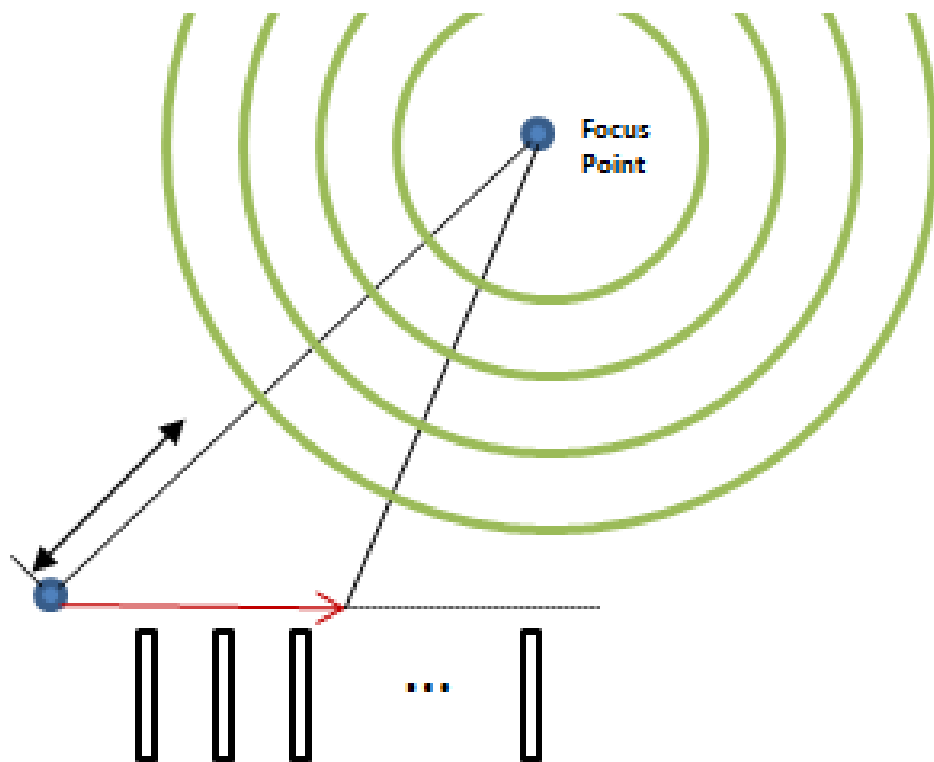
- Hangkártya – jel mintavételezése
- Előfeldolgozás – inverz szűrés
- Algoritmusok – beamforming és keresztkorrelációs algoritmusok



○ hangforrás



Akusztikus lokalizáció



$$d_0 = P - P_{origó}$$

$$\Delta d = d_0 - d_i$$

,ahol:

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2}$$

$$\Delta t = \Delta d / c$$

c – hangsebesség

- Gömbhullám terjedése távotérben síkhullámmá egyszerűsíthető
- Feladat: az egyes mikrofonokhoz érkező hanghullámok jelútjainak közti különbség meghatározása

Lokalizációs algoritmusok

Beamforming:

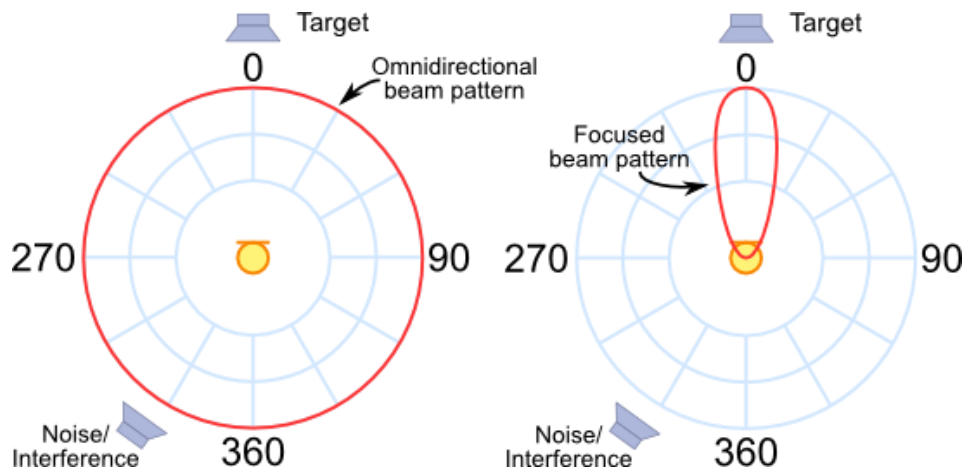
Az algoritmus egyenletei két bemenő jelre:

$$X_1[k] = \text{fft}(x_1(t))$$

$$X_{2,n}[k] = \text{fft}(x_2(t)) \cdot e^{j \cdot n \cdot 2\pi \cdot \frac{k-1}{N}}$$

$$P_n = \sum_{k=1}^N |X_1[k] + X_{2,n}[k]|^2$$

- N – szegmens hossza
- n – késleltetés időtartományban



Korreláció:

- Eltolás mintánként időtartományban
- A jelek összegzése helyett összeszorozást alkalmazunk
- Kvantált felbontás

Keresztkorreláció:

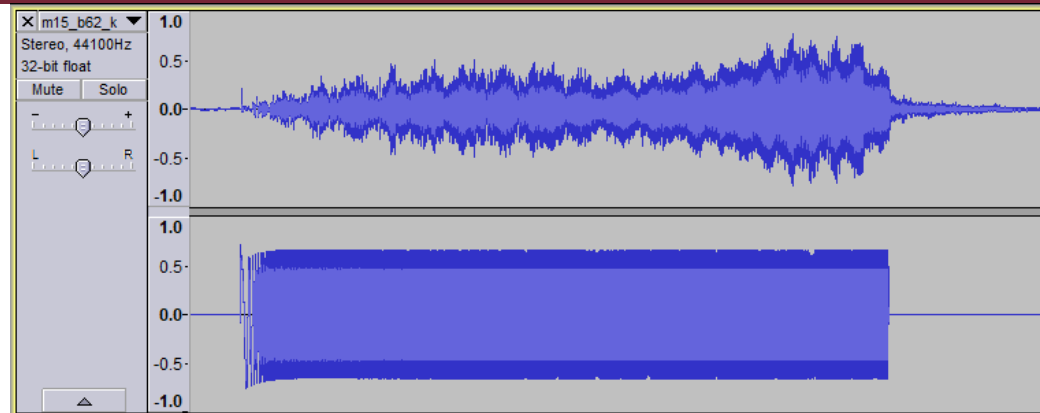
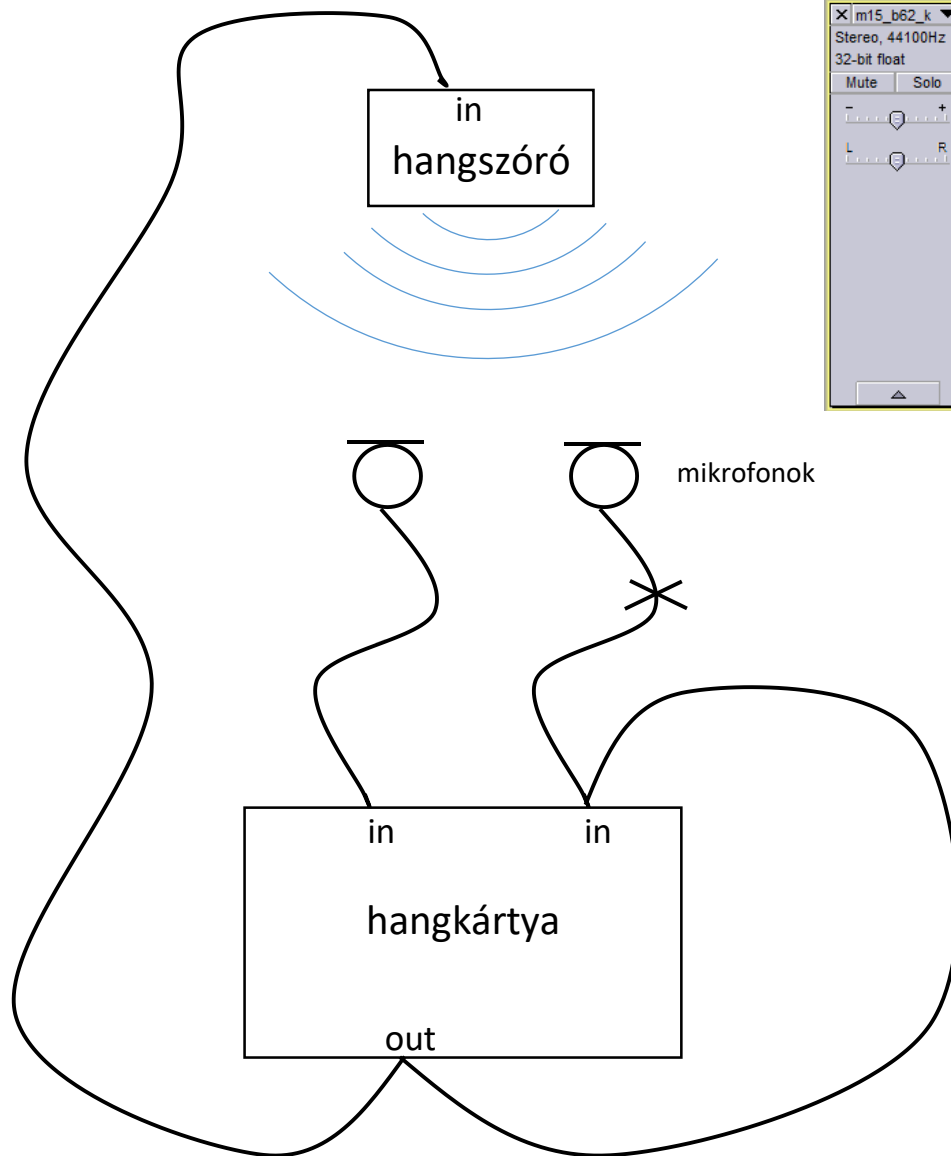
$$R_{xy}(n) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} x(i) \cdot y(i+n)$$

Autokorreláció:

$$R_{xx}(n) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} x_1(i) \cdot x_2(i-n)$$
$$x_2(i) = x_1(i - T_d)$$
$$T_d = N_d \cdot \frac{1}{F_s}$$

T_d - két jel közti valós késleltetés

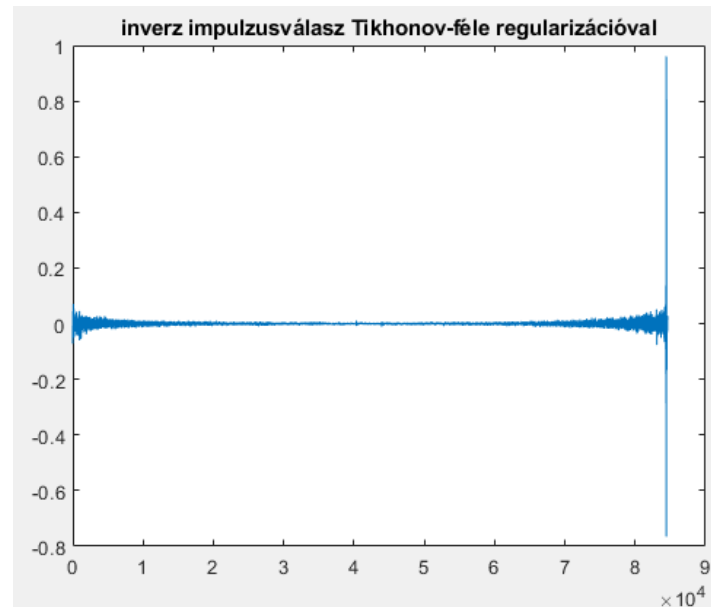
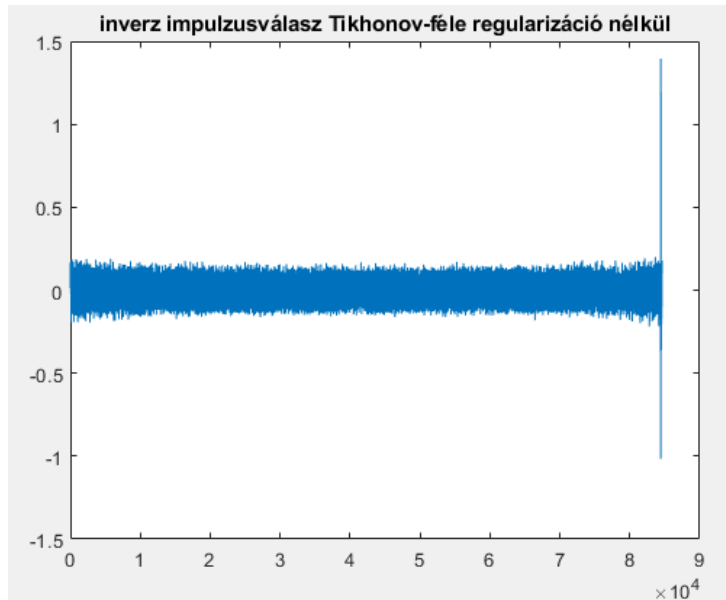
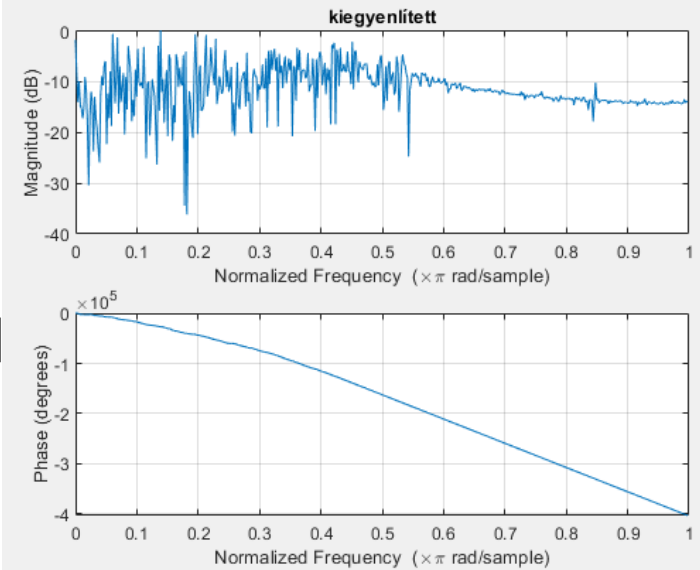
Szűrők meghatározása - elrendezés



- 1. lépés: a hangkártya kimeneti jelét bekötöttem az egyik bemenetére.
- 2. lépés: a hangkártya mindkét bemenetére a mikrofonok jeleit kötöttem
- 3. lépés: az előző pontokat elvégezni a forrás lehetséges pozícióira egy körvonal mentén
- Mérőjelek: chirp, fehér zaj

Szűrők meghatározása – inverz impulzusválasz

- $y(t)$ – vett jel, $Y[k] = \text{fft}(y(t))$
- $x(t)$ – eredeti jel, $X[k] = \text{fft}(x(t))$
- $H[k] = \frac{Y[k]}{X[k]}$, $K[k] = \frac{1}{H[k]}$
- $X[k] = K[k] \cdot Y[k] = \frac{H^*[k]}{|H[k]|^2} \cdot Y[k] \approx \frac{H^*[k]}{|H[k]|^2 + \lambda} \cdot Y[k]$
- Probléma: nagyfrekvenciák esetén az inverz szűrés erősíti a zajt



Szűrők meghatározása – kiegyenlített inverz szűrés

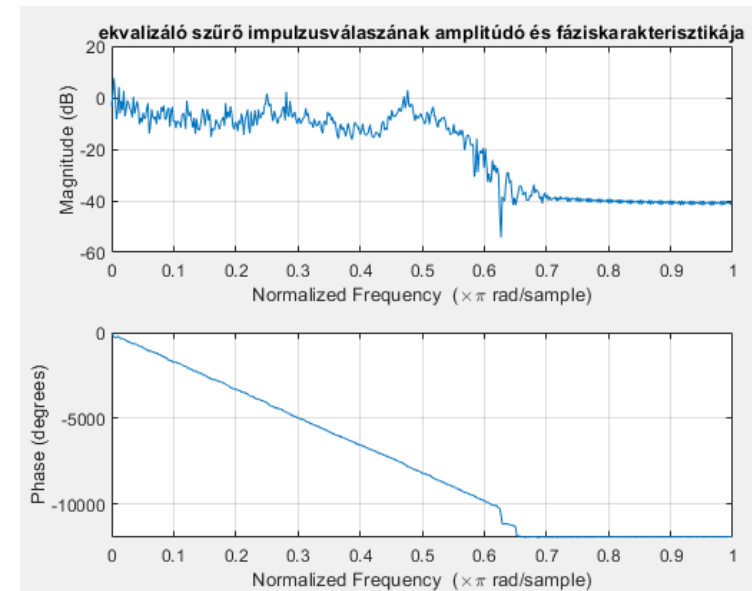
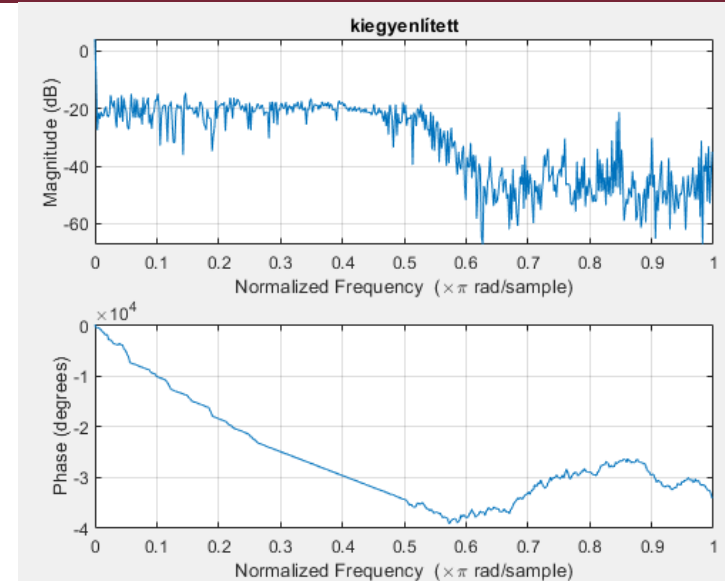
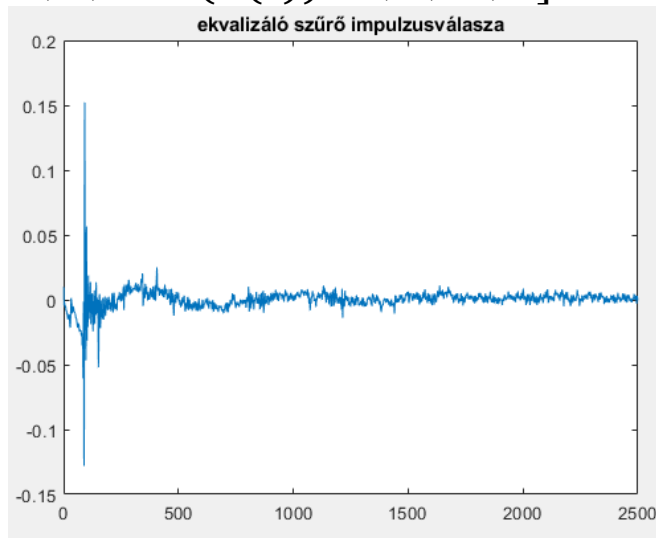
- $h(t) = \text{ifft}(H[k])$
- $h_{hank} = [0, 0, \dots, 0, h(t)] - n \text{ db } 0$

$$\text{hankel} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & h(5001) \\ 0 & 0 & 0 & h(5002) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & h(1) & \dots & h(7498) \\ 0 & h(1) & h(2) & \dots & h(7499) \\ h(1) & h(2) & h(3) & \dots & h(7500) \end{bmatrix}$$

($n \times 3n$)-es mátrix

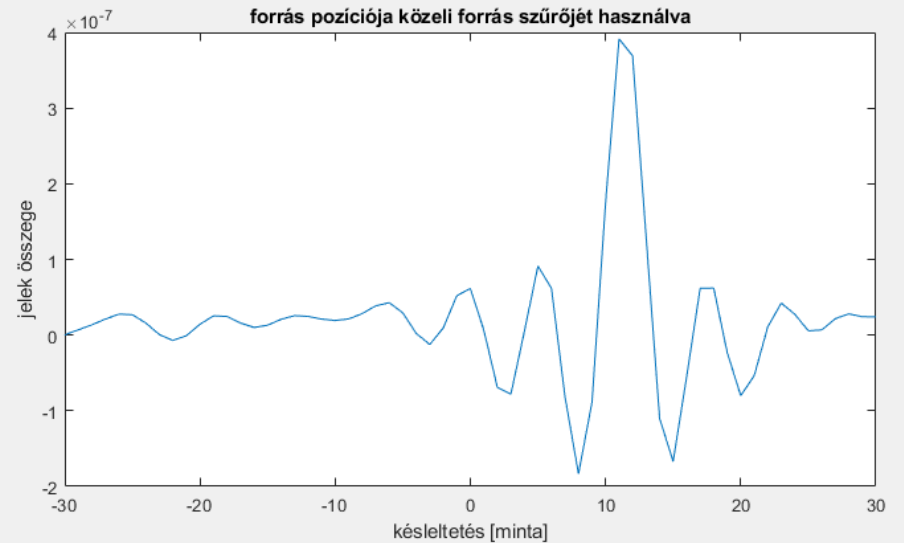
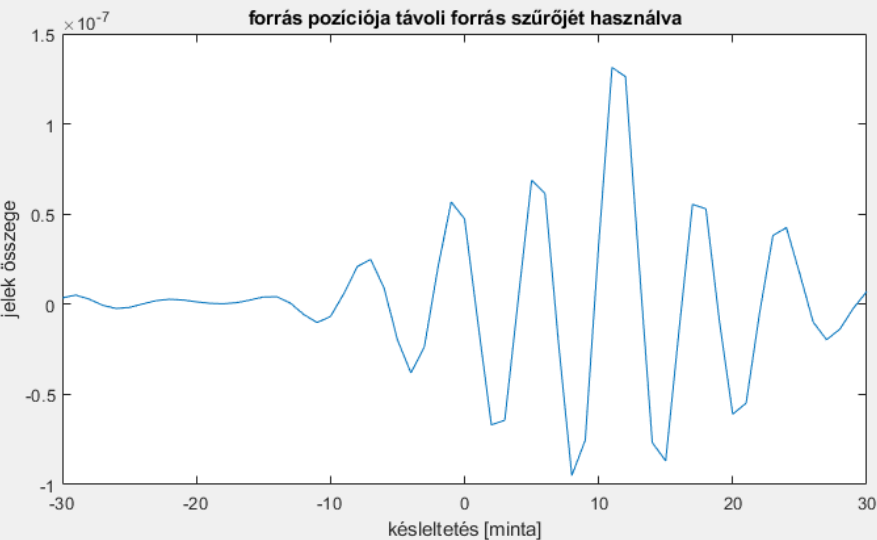
- $\text{impulse} = [0, 0, \dots, 0, \max(h(t)) \cdot 1, 0, \dots, 0]$

$$k(t) = \frac{\text{impulse}}{\text{hankel}}$$



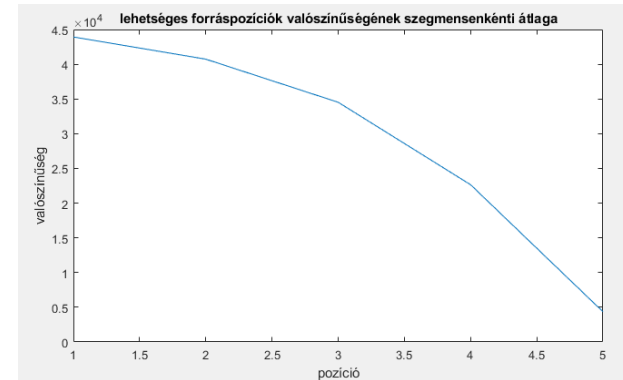
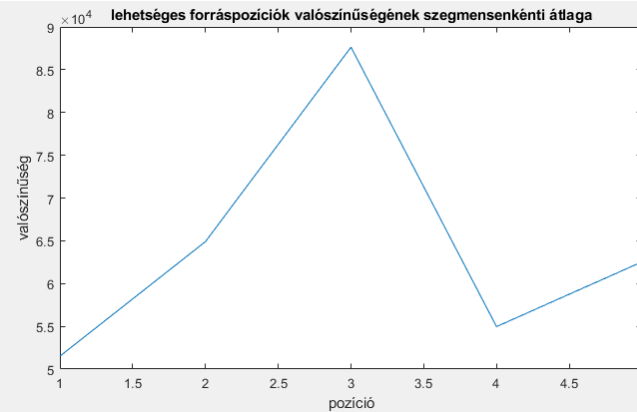
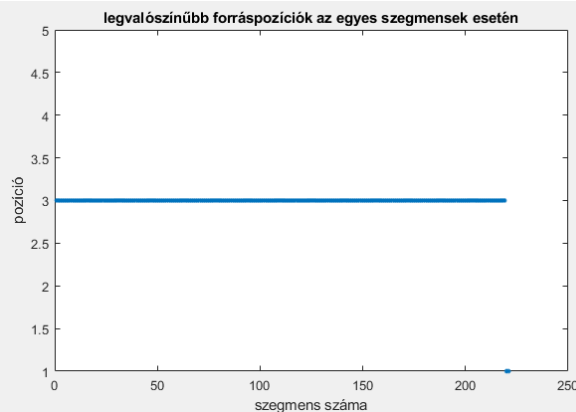
Eredmények - keresztkorreláció

- Mesterséges jelek esetén a korreláció inverz szűrés nélkül is jó eredményt ad
- A forráspozíció saját szűrőjével a lokalizáció pontos
- Közeli forrás szűrőjét használva a pontosság romlik
- Távoli forrás szűrőjével a lokalizáció eredménye nem megbízható



Eredmények - beamforming

- Inverz szűrés használata nélkül az algoritmus a vártnak megfelelően működött (alul bal és középső grafikon)
- Inverz szűrés használatával az algoritmus minden esetben tévedett
- Lehetséges okok
 - Az algoritmus frekvenciatartományban komplex vektorok forgatásával késlelteti a jeleket
 - Az inverz szűrés során a komplex vektorok elforognak -> az algoritmus téved



Összefoglalás, kitekintés

Összefoglalás:

- A korábban megismert lokalizációs algoritmusok segítségével megvizsgáltam a hangszórók és a mikrofonok közötti átvitel tulajdonságait beltérben
- Többféle inverz szűrő előállítási módszer implementálása
- Inverz szűréssel sikeresen javítottam a korreláció algoritmus pontosságán

Továbbfejlesztési lehetőségek:

- Megfelelő inverz szűrő tervezése beamforming algoritmushoz
- Kompenzáló szűrés megvalósítása valós alkalmazásokban
- Egyéb szűrések kipróbálása irodalomkutatás alapján

Köszönöm a figyelmet!

