

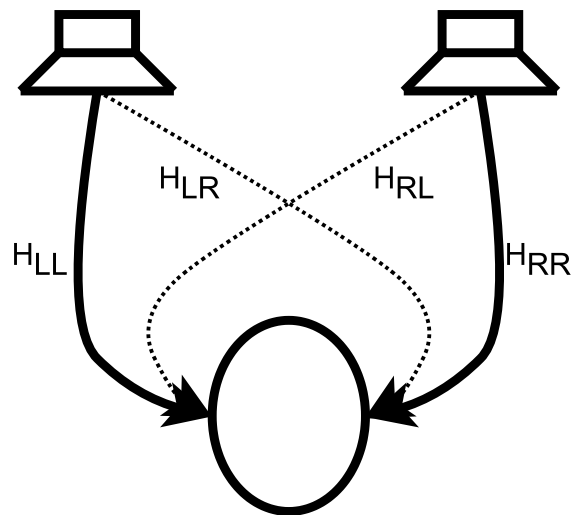
Sztereó hangsugárzás áthallásának csökkentése digitális szűrők segítségével

Turi Márton Zoltán
Konzulens: Bank Balázs

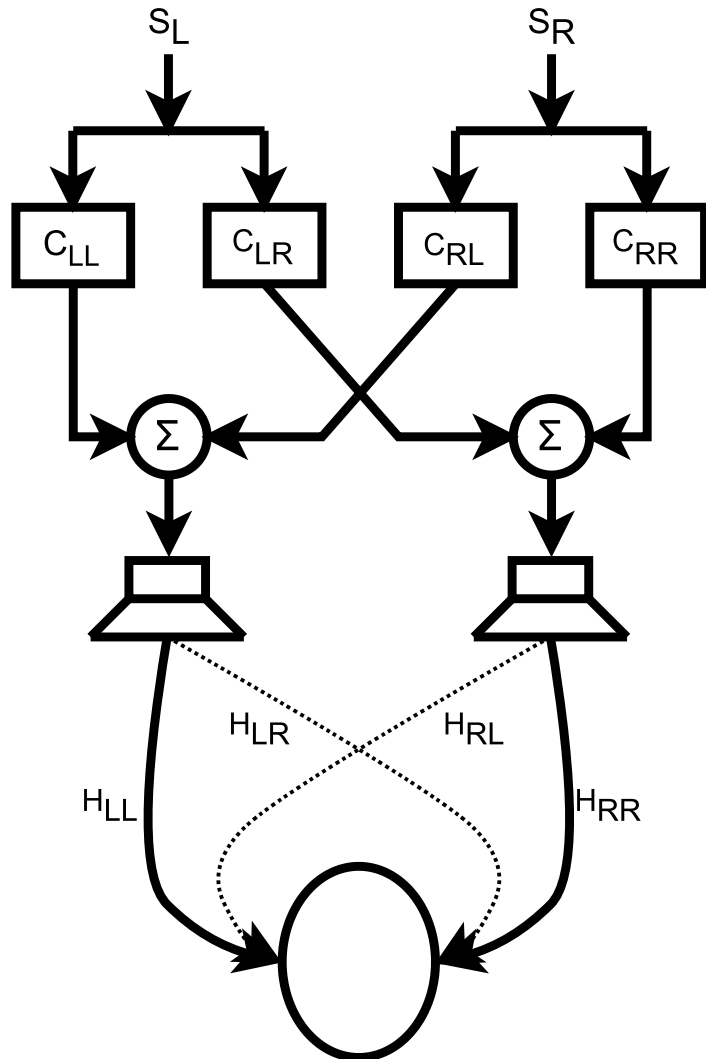
Binaurális felvételek



- ▶ Műfej, két mikrofon a fülekénél elhelyezve
- ▶ Fejhallgatóval hallgatva élethű hangérzet
- ▶ Hangszórókkal nem működik, az áthallás miatt (H_{LR} , H_{RL})

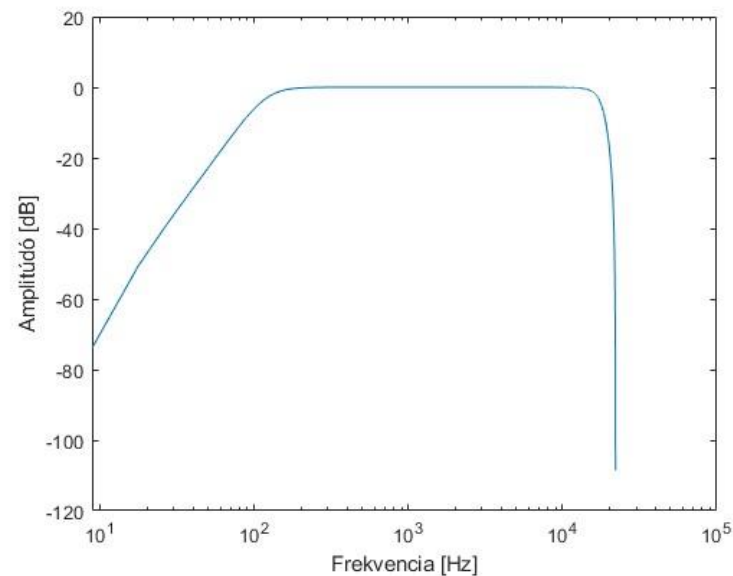


Áthallás csökkentése szűrőkkel

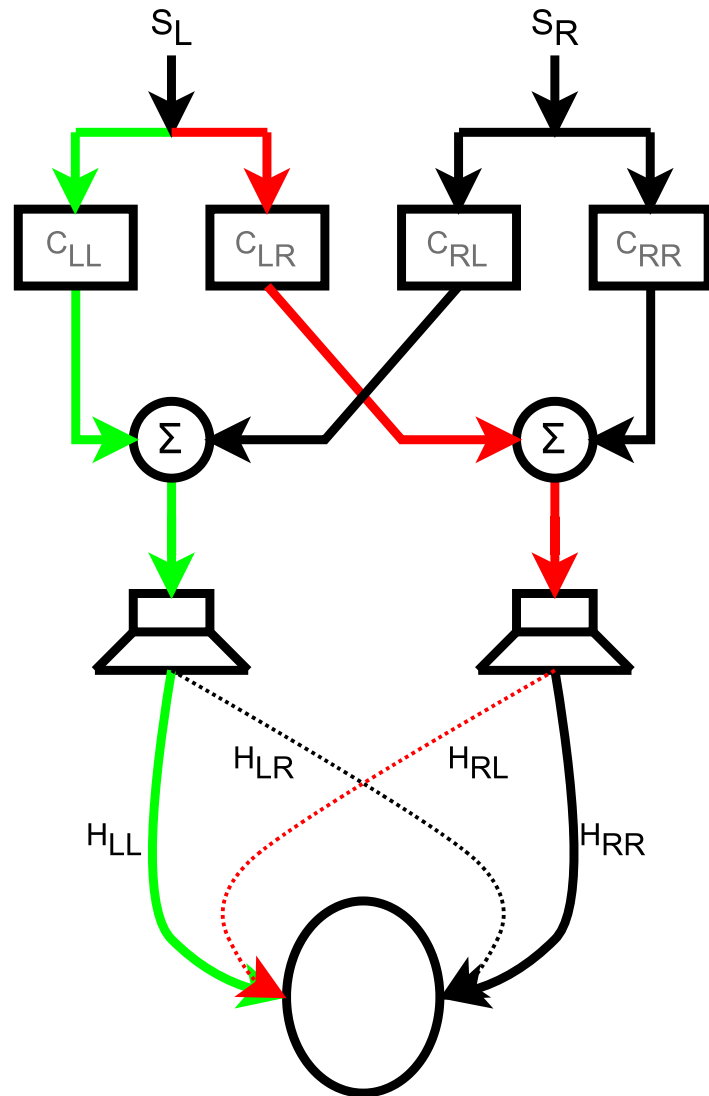


- Szűrők alkalmazásával az áthallás csökkenthető

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}_{LL} & \mathbf{H}_{RL} \\ \mathbf{H}_{LR} & \mathbf{H}_{RR} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \mathbf{H}_t & 0 \\ 0 & \mathbf{H}_t \end{bmatrix}$$

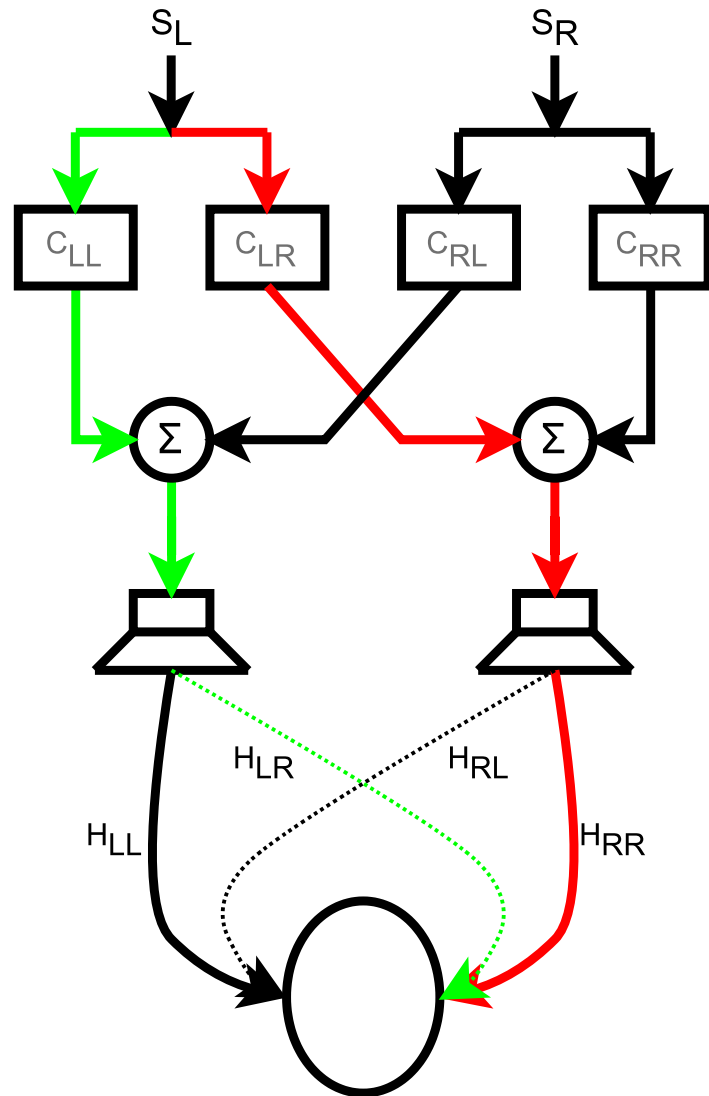


Áthallás csökkentése szűrőkkel



$$\mathbf{H}_{LL} \cdot \mathbf{C}_{LL} + \mathbf{H}_{RL} \cdot \mathbf{C}_{LR} = \mathbf{H}_t$$

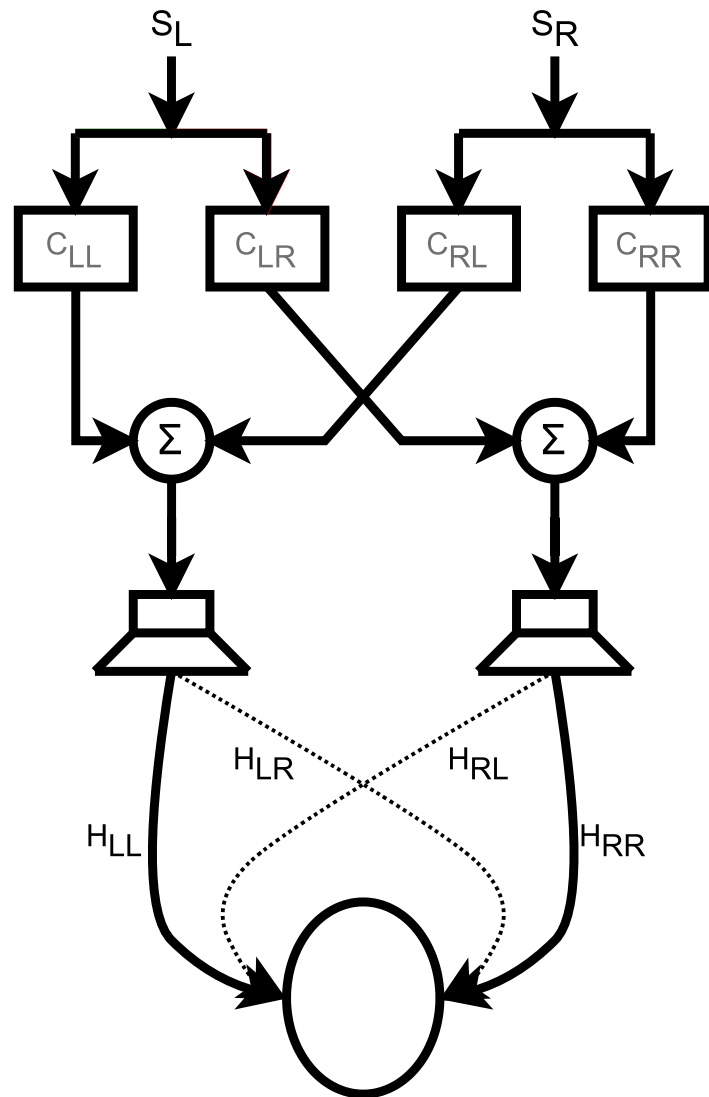
Áthallás csökkentése szűrőkkel



$$\mathbf{H}_{LL} \cdot \mathbf{C}_{LL} + \mathbf{H}_{RL} \cdot \mathbf{C}_{LR} = \mathbf{H}_t$$

$$\mathbf{H}_{LR} \cdot \mathbf{C}_{LL} + \mathbf{H}_{RR} \cdot \mathbf{C}_{LR} = 0$$

Áthallás csökkentése szűrőkkel



$$\mathbf{H}_{LL} \cdot \mathbf{C}_{LL} + \mathbf{H}_{RL} \cdot \mathbf{C}_{LR} = \mathbf{H}_t$$

$$\mathbf{H}_{LR} \cdot \mathbf{C}_{LL} + \mathbf{H}_{RR} \cdot \mathbf{C}_{LR} = 0$$

$$\mathbf{H}_{RR} \cdot \mathbf{C}_{RR} + \mathbf{H}_{LR} \cdot \mathbf{C}_{RL} = \mathbf{H}_t$$

$$\mathbf{H}_{RL} \cdot \mathbf{C}_{RL} + \mathbf{H}_{LL} \cdot \mathbf{C}_{RL} = 0$$

Áthallás csökkentése szűrőkkel

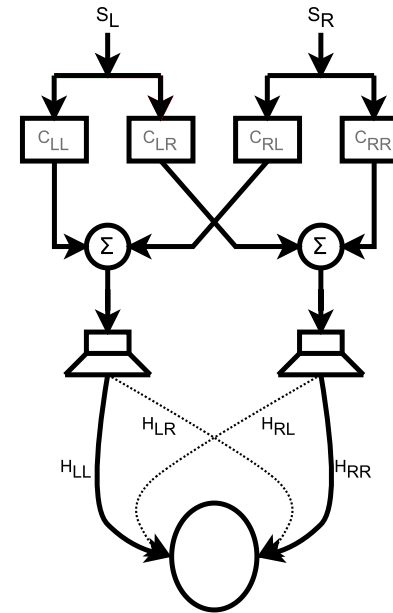
$$\mathbf{H}_{LL} \cdot \mathbf{C}_{LL} + \mathbf{H}_{RL} \cdot \mathbf{C}_{LR} = \mathbf{H}_t$$

$$\mathbf{H}_{LR} \cdot \mathbf{C}_{LL} + \mathbf{H}_{RR} \cdot \mathbf{C}_{LR} = 0$$

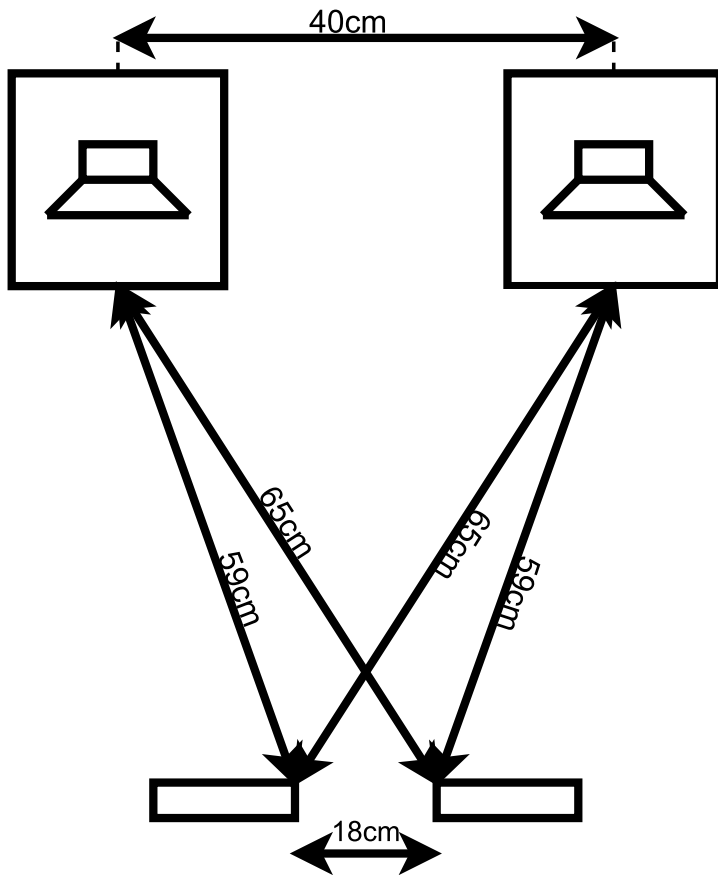
$$\mathbf{H}_{RR} \cdot \mathbf{C}_{RR} + \mathbf{H}_{LR} \cdot \mathbf{C}_{RL} = \mathbf{H}_t$$

$$\mathbf{H}_{RL} \cdot \mathbf{C}_{RL} + \mathbf{H}_{LL} \cdot \mathbf{C}_{RL} = 0$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{H}_t & 0 \\ 0 & \mathbf{H}_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{LL} & \mathbf{H}_{RL} \\ \mathbf{H}_{LR} & \mathbf{H}_{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{C}_{LL} & \mathbf{C}_{RL} \\ \mathbf{C}_{LR} & \mathbf{C}_{RR} \end{bmatrix}$$



Mérés

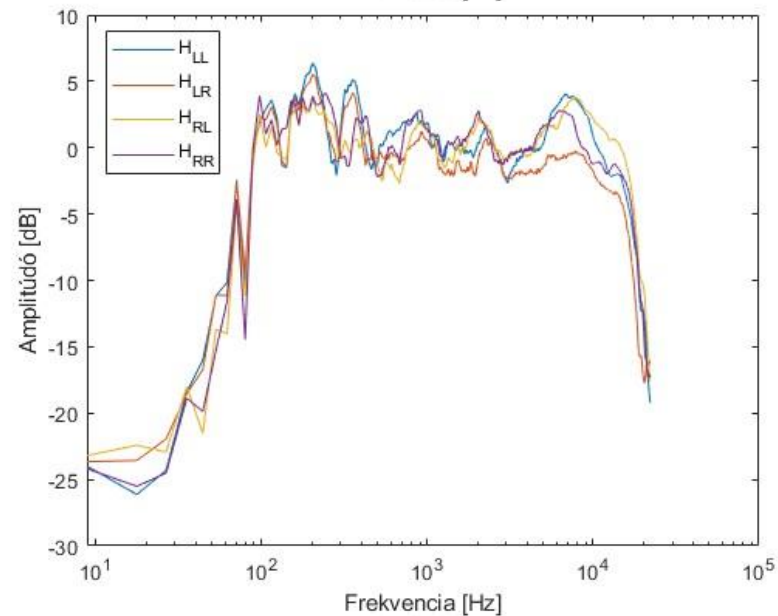
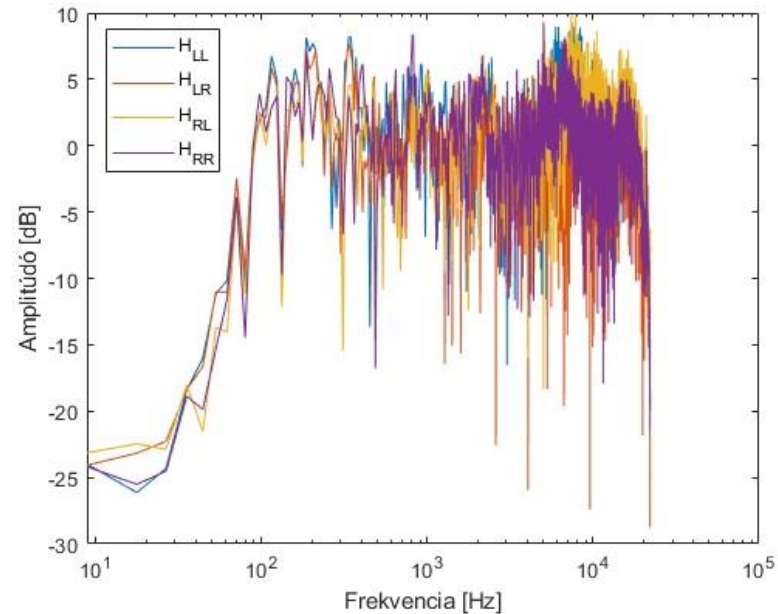


- ▶ Mérőjel: logaritmikus sweep
- ▶ Mikrofonok a fülek mellett elhelyezve



Oktávsávós simítás

- ▶ A mért átvitel túl részletes az emberi halláshoz képest
- ▶ Zaj
- ▶ A frekvencia növekedésével növekvő nagyságú ablakban átlagolunk, így logaritmikus jellegű lesz
- ▶ A komplex átvitelt simítom, így a fázisinformáció megmarad



Legkisebb négyzetek módszere

- ▶ $\mathbf{M}$: modellező mátrix
 $\mathbf{p}$: súlyozó vektor, a FIR szűrő együtthatói
 h : kimenet
 h_t : cél kimenet

$$\mathbf{h} = \sum_{k=1}^K p_k \mathbf{m}_k = \mathbf{M}\mathbf{p}$$

- ▶ A négyzetes hibát (e_{LS}) minimalizáljuk

$$e_{LS} = \sum_{n=1}^N |h_n - h_{t,n}|^2 :$$

- ▶ A hiba minimális, ha a derivált nulla

$$\frac{\partial e_{LS}}{\partial \mathbf{p}} = 2\mathbf{M}^H \mathbf{M}\mathbf{p} - 2\mathbf{M}^H \mathbf{h}_t = 0$$

- ▶ $\mathbf{p}$ optimális értékei: $\mathbf{p}_{opt} = \mathbf{M}^+ \mathbf{h}_t$

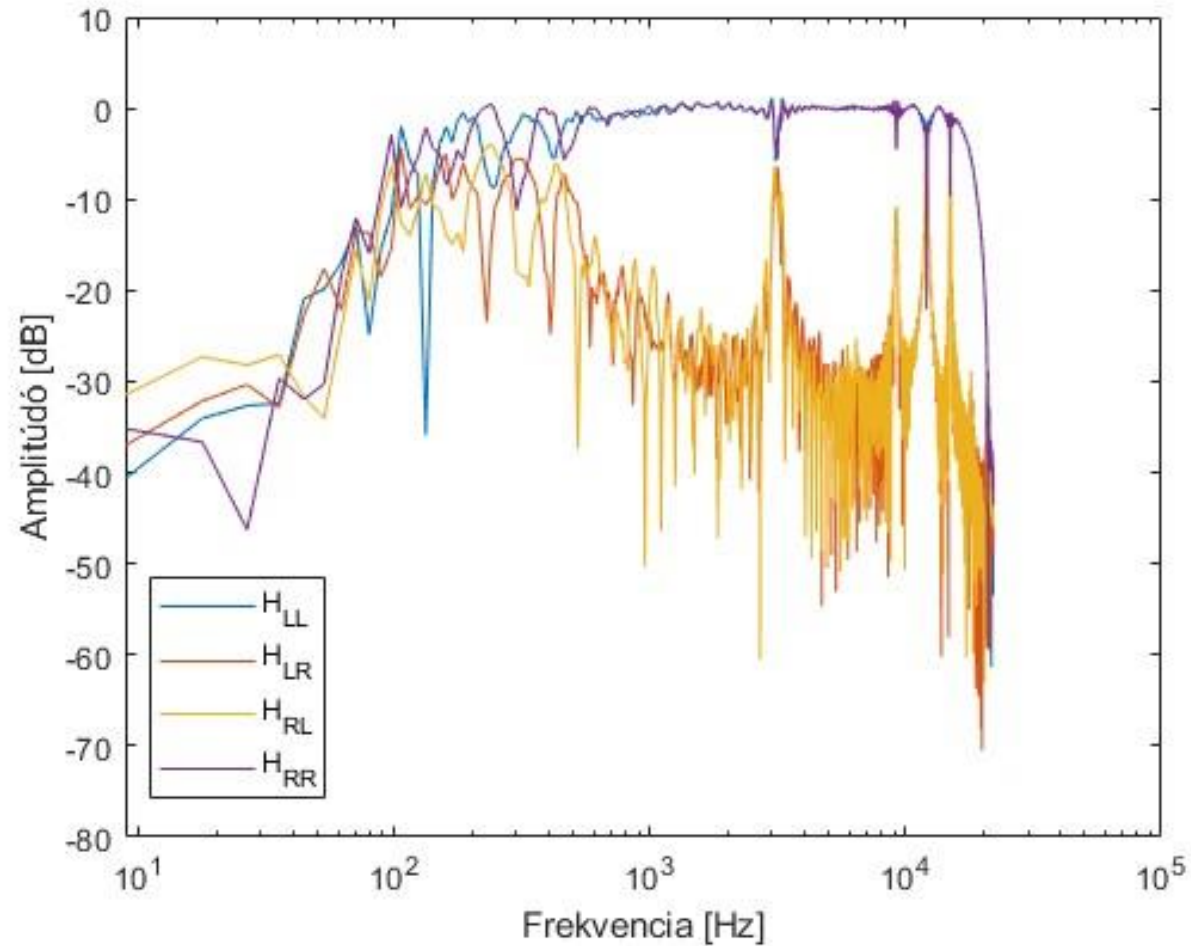
Legkisebb négyzetek módszere

- ▶ A két bemenetű, két kimenetű feladat megoldása:

$$\mathbf{h} = \sum_{k=1}^K p_k \mathbf{m}_k = \mathbf{M} \mathbf{p} \quad \longrightarrow \quad \begin{bmatrix} \mathbf{h}_t & 0 \\ 0 & \mathbf{h}_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{M}_{LL} & \mathbf{M}_{RL} \\ \mathbf{M}_{LR} & \mathbf{M}_{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{c}_{LL} & \mathbf{c}_{RL} \\ \mathbf{c}_{LR} & \mathbf{c}_{RR} \end{bmatrix}$$

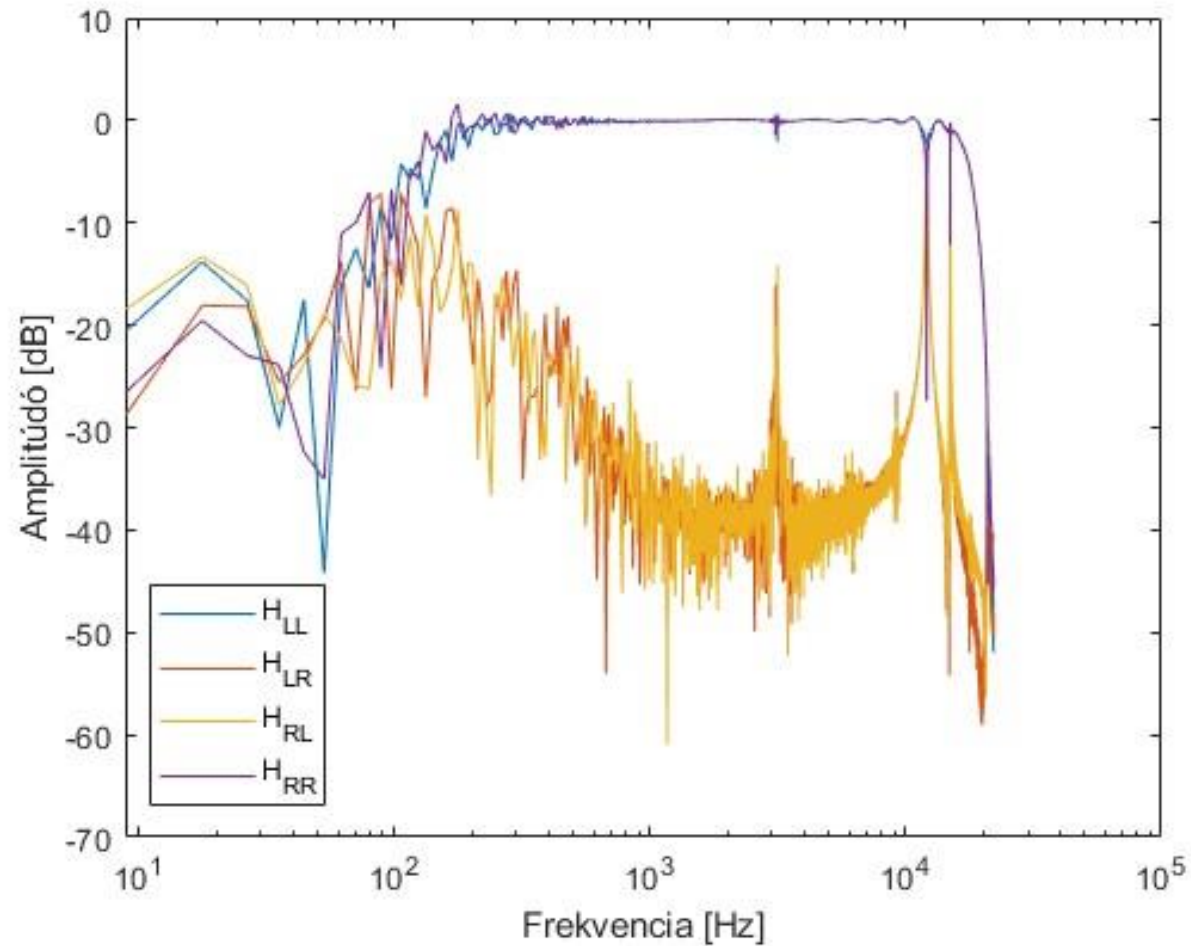
$$\mathbf{p}_{\text{opt}} = \mathbf{M}^+ \mathbf{h}_t \quad \longrightarrow \quad \begin{bmatrix} \mathbf{c}_{LL} & \mathbf{c}_{RL} \\ \mathbf{c}_{LR} & \mathbf{c}_{RR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{M}_{LL} & \mathbf{M}_{RL} \\ \mathbf{M}_{LR} & \mathbf{M}_{RR} \end{bmatrix}^+ \begin{bmatrix} \mathbf{h}_t & 0 \\ 0 & \mathbf{h}_t \end{bmatrix}$$

Értékelés



- ▶ 200 fokú FIR szűrők
- ▶ 30dB elnyomás
- ▶ Alacsony frekvencián kevésbé hatásos
- ▶ 3kHz-nél kiugrás

Értékelés



- ▶ 1000 fokú FIR szűrők
- ▶ 40dB elnyomás

Köszönöm a figyelmet!