
Problematika difusního šumu ve struktuře LCB

Jan Ingerle

Obsah

Motivace

Schéma LCB

Noise Reduction, $NR=f(\Gamma_{ij})$

Difusní šum v LCB

Koherenční filtrace a srovnání s BAP

Závěr

Další směr práce

Motivace

$$\text{LCB} = \text{BAP} + \text{ANC}$$



potlačení nekoherentního i koherentního šumu



? difusní šum ?

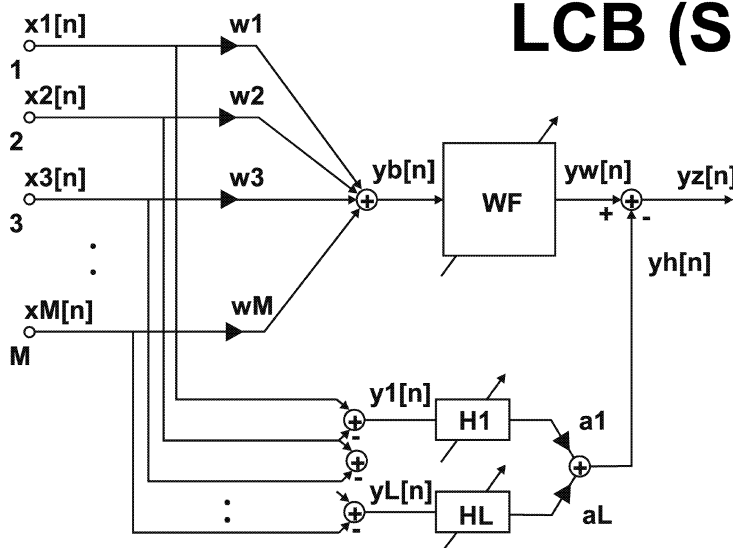


LCB v přítomnosti difusního šumu selhává



Nutnost řešit

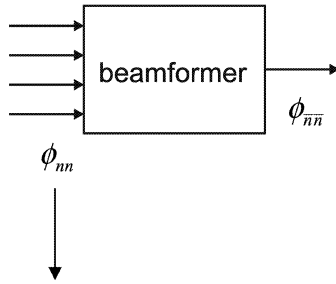
LCB (Simmer)



$$W(e^{j\theta}) = \frac{\hat{\Phi}_{ss}(e^{j\theta})}{\Phi_{y_b y_b}(e^{j\theta})}$$

$$H_i(e^{j\theta}) = \frac{\Phi_{y_i y_w}(e^{j\theta})}{\Phi_{y_i y_i}(e^{j\theta})}$$

Noise Reduction



- + Objektivní kritérium
- + Vyjádřitelné matematicky

$$NR[k] = \frac{\phi_{nn}}{\phi_{\bar{nn}}} \Big|_{\phi_{SS}=0}$$

$$= f(\Gamma_{ij}^2)$$

↑

Vstupní šum ϕ_{nn}



Nekoherentní šum

$$\Gamma_{ij}^2 = 0$$

Koherentní šum

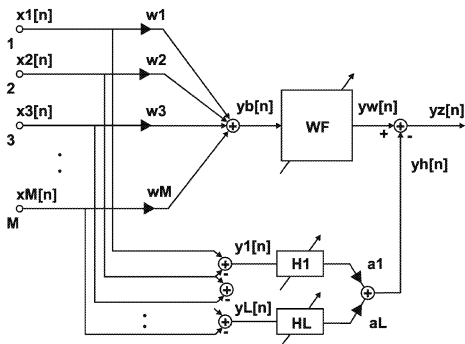
$$\Gamma_{ij}^2 = 1$$

Difusní šum

$$\Gamma_{ij}^2 = \frac{\sin(x)}{x}$$

$$\Gamma_{ij}^2 = \frac{|\phi_{ij}|^2}{\phi_{ii}\phi_{jj}}$$

Noise Reduction = f(\Gamma_{ij}^2)



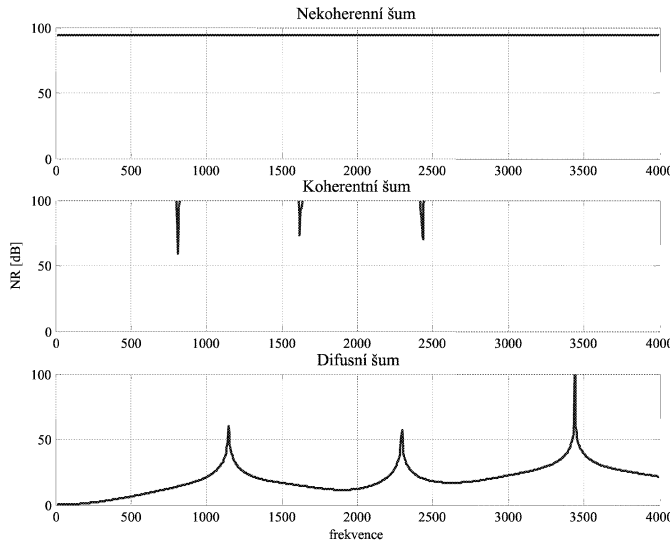
$$NR = \frac{\phi_{nn}}{\phi_{zz}} \Big|_{\phi_{SS}=0} = \frac{\phi_{nn}}{|W|^2 \phi_{y_b y_b} - \frac{1}{N-1} \sum_{i=0}^{N-2} |H_i|^2 \phi_{y_i y_i}} \Big|_{\phi_{SS}=0} =$$

$$= \frac{\frac{1}{N} + \left(1 - \frac{1}{N}\right) \bar{\Gamma}_{nn}}{\bar{\Gamma}_{nn}^2} \left(1 - \frac{1}{2N^2(N-1)} \sum_{i=0}^{N-2} \frac{|A|^2}{[1 - \Re\{\Gamma_{x_i x_{i+1}}^n\}] \left[\frac{1}{N} + \left(1 - \frac{1}{N}\right) \bar{\Gamma}_{nn} \right]} \right)^{-1}$$

$$\bar{\Gamma} = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=0}^{N-2} \sum_{j=i+1}^{N-1} \Re\{\Gamma_{ij}\}$$

$$A = \sum_{j=0}^{j<i} \Gamma_{x_j x_i}^{n*} + \sum_{j=i+1}^{N-1} \Gamma_{x_i x_j}^n - \sum_{j=0}^{j \leq i} \Gamma_{x_j x_{i+1}}^{n*} - \sum_{j=i+2}^{N-1} \Gamma_{x_{i+1} x_j}^n$$

Průběh NR = f(Γ_{ij}²)



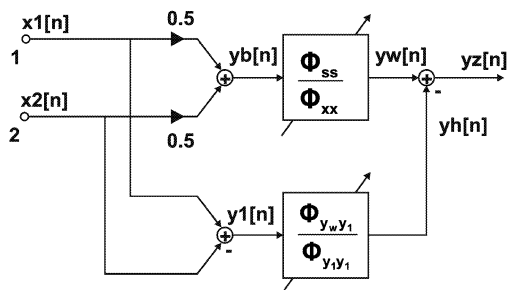
$$\Gamma_{ij} = 0$$

$$\Gamma_{ij} = \cos\left(\frac{\omega d}{c} \cos \varphi\right) + j \sin\left(\frac{\omega d}{c} \cos \varphi\right)$$

$$\Gamma_{ij} = \sin\left(\frac{\omega d}{c}\right) / \frac{\omega d}{c}$$

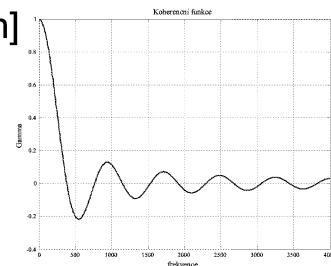
N=4, d=0.15m, φ=π/4

Difusní šum v LCB

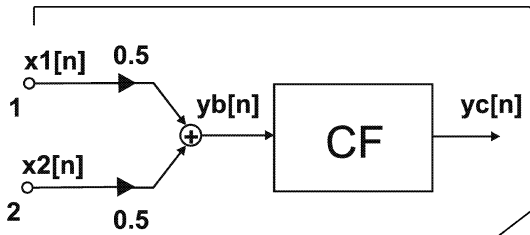


$$\begin{aligned} x1[n] &= s[n] + c1[n] + n1[n] + d1[n] \\ x2[n] &= s[n] + c2[n] + n2[n] + d2[n] \\ \forall \zeta, \xi &= \{s, c, n, d\}, \xi \neq \zeta \cap (\zeta, \xi \neq s \text{ iff } \xi, \zeta = d), E[\xi_i[n]\zeta_j[n]] = 0, E[s[n]d[n]] \neq 0 \end{aligned}$$

- ⇒ yw[n] ≈ x[n], Rc₁c₂[n], Rxd₁[n], Rxd₂[n], Rd₁d₂[n]
- ⇒ yh[n] ≈ Rc₁c₂[n], Rxd₁[n], Rxd₂[n], Rd₁d₂[n]
- ⇒ vliv difusního šumu na obě větve.
- ⇒ H[k] ≈ yw[n] & yw[n] ≈ d[n] ⇒ yh[n] ≈ d[n]
- ⇒ primárně pracovat s horní větví



Koherenční filtrace



$$\Gamma_{x_1x_2} > T \Rightarrow CF=1$$

$$\Gamma_{x_1x_2} \leq T \Rightarrow CF = \Gamma_{x_1x_2}$$

T...konstanta <1;0>

↳ Jak volit T ?

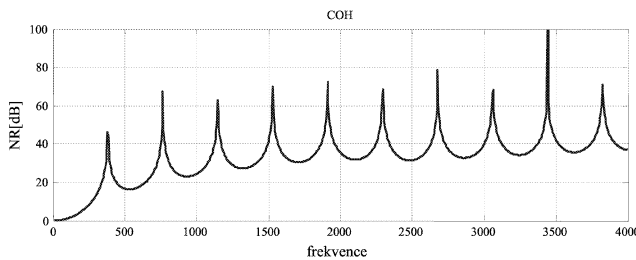
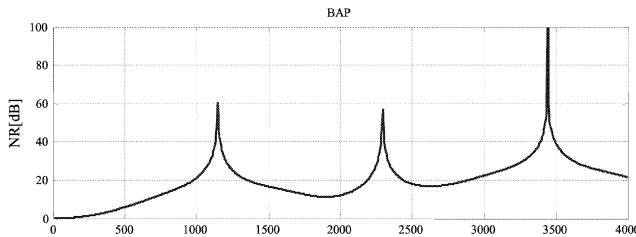
$$\Gamma_{x_1x_2}^2 = \frac{|\phi_{x_1x_2}|^2}{\phi_{x_1x_1}\phi_{x_2x_2}}$$

$$\Gamma_{x_1x_2} \leq T$$

$$NR_{BC} = \frac{1}{|C|^2} = \frac{1}{|\Gamma_{x_1x_2}|^2}$$

$$NR = \frac{1}{|\Gamma_{x_1x_2}|^2} \frac{1}{N + \left(1 - \frac{1}{N}\right) \bar{\Gamma}_{nm}}$$

NR pro difusní rušení



Beamformer s adaptivní postfiltrací

X

Koherenční filtr

⇓

? Použít CF v LCB ?

? Kam CF zařadit ?

↙ N=4, d=0.15m, φ=π/4

Závěry

- CF vykazuje lepší závislost $NR=f(\omega)$ pro difusní šum než BAP. Především pro nízké frekvence.
- Matematický rozbor ukazuje, že CF nemá horší NR pro koherentní ani nekoherentní šum.
- Provedený rozbor ukazuje, že nejvhodnější místo v LCB struktuře je za W-filtrem.
- Prvotní simulace naznačují oprávněnost předpokladu zlepšení chování LCV struktury.

Další práce

1. Hlubší analýza vlivu jednotlivých složek vstupního signálu na výstup systému.
2. Podrobná analýza navrhnutého řešení.
3. Uvážení dalších možných umístění CF v LCB struktuře a analýza zajímavých možností.
4. Analýza závislosti výkonu LCB na konstantě K koherentního filtru.
5. Rozbor možnosti aplikace složitějších koherenčních filtrů odvozených od základní struktury.