

Robustní metoda pro potlačování akustické odezvy

Bc. Michael Müller, Doc. Ing. Zbyněk Koldovský, Ph.D.

Abstrakt

Tato práce se zabývá potlačováním akustických impulsních odezev. Porovnáním několika existujících metod. Hlavním cílem práce bylo modifikovat metodu SBAEC pro výpočet řídkých impulsních odezev. Tuto upravenou metodu porovnat při různých proměnných parametrech SNR, délka odhadované odezvy, délka skutečné odezvy a směr šíření signálu. Výsledkem bylo několik grafů, které potvrzují předpoklad zlepšení potlačení rušení při odhadu řídké impulsní odezvy, pokud hustou impulsní odezvu aproximujeme jako řídkou.

Úvod

Hlavním zadáním práce bylo modifikovat metodu SBAEC pro výpočet řídkých impulsních odezev. Motivací je zlepšení a zpřesnění výpočtu impulsních odezev. Pokud se bude aproximovat hustá impulsní odezva na řídkou, tak bude ztracena určitá přesnost výpočtu, ale odhad řídké impulsní odezvy bude velice dobrý. Ve výsledku tedy může být odhad řídké impulsní odezvy přesnější a lepší než odhad husté impulsní odezvy. Dále bylo porovnáno, jak se zlepší míra potlačení upravené metody.

Experiment a metody

Nejprve upravíme rovnici

$$Q(\mathbf{a}) = 2 \langle \kappa_k^{-1} \mathbf{b}_k^T (\mathbf{R}_r + 2\kappa_k^{-1} \mathbf{r}_{rx} \mathbf{r}_{rx}^T) \mathbf{b}_k \rangle_M. \quad (1)$$

Chceme najít kvadratické kritérium v následujícím tvaru, které má minimum ve stejném bodě jako předcházející rovnice

$$\|\mathbf{A}\mathbf{a} - \mathbf{b}\|_2^2 = \mathbf{a}^T \mathbf{A}^T \mathbf{A} \mathbf{a} - 2\mathbf{b}^T \mathbf{A} \mathbf{a} + \mathbf{b} \mathbf{b}^T. \quad (2)$$

Kritérium Q chceme zapsat ve stejném tvaru jako je rovnice č. 2

$$Q(\mathbf{a}) = \mathbf{a}^T \mathbf{G} \mathbf{a} + \mathbf{g}^T \mathbf{a} + c, \quad (3)$$

kde $\mathbf{G} = \mathbf{A}^T \mathbf{A}$, $\mathbf{g} = -2\mathbf{b}^T \mathbf{A} \mathbf{a}$ a c je konstanta, na které nezáleží, protože neovlivňuje pozici minima. Nyní lze tyto kroky aplikovat na rovnici č. 1 s tím, že zvolíme substituci

$$\mathbf{T} = (\mathbf{R}_r + 2\kappa_k^{-1} \mathbf{r}_{rx} \mathbf{r}_{rx}^T) \quad (4)$$

a za \mathbf{b}_k dosadíme $\mathbf{a} - \mathbf{z}_k$. Po roznásobení můžeme získat matici \mathbf{G} a vektor \mathbf{g} .

$$\mathbf{G} = \mathbf{T} \kappa_k^{-1} \quad (5)$$

$$\mathbf{g} = 2\mathbf{T} \kappa_k^{-1} \mathbf{z}_k \quad (6)$$

Vzhledem k tomu, že matice je pozitivně semidefinitní matice, tak je možné získat matici \mathbf{A} pomocí pravidla

$$\mathbf{G} = \mathbf{U} \mathbf{V} \mathbf{U}^T = \mathbf{U} \sqrt{\mathbf{V}} \sqrt{\mathbf{V}} \mathbf{U}^T, \quad (7)$$

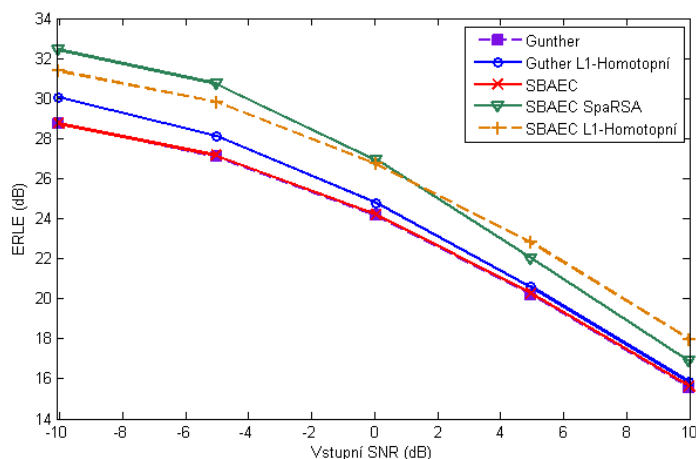
kde \mathbf{U} je matice jejíž sloupcové vektory značí jednotlivé vlastní vektory a \mathbf{V} je matice vlastních čísel.

Pro výpočet řídké impulsní odezvy je ke vzorci č. 2 přičtena L1 norma $\|x\|_1 = \sum_i |x_i|$. Vznikne tak vzorec, který může být minimalizován jedním z algoritmů L1-Homotopy a nebo Sparsa

$$\|A\mathbf{a} - \mathbf{b}\|_2^2 + \tau \|\mathbf{a}\|_1. \quad (8)$$

Výsledky a diskuze

Jedním z experimentů bylo porovnání dvou metod při zvyšujícím se SNR. Obě metody odhadovali řídkou impulsní odezvu, jednou standardně jakoby byla hustá. A podruhé s použitím předchozí úpravy. Délka odhadované odezvy byla nastavena na 600 vzorků, přičemž skutečná délka odezvy byla 160ms.



Obrázek 1. Vliv vstupního SNR na míru potlačení rušení

Závěr

Výsledkem bylo několik experimentů, které otestují upravenou metodu při různých proměnných parametrech. Porovnal jsem metodu SBAEC a Guntherovu metodu v neupraveném stavu a následně i v upraveném. Podle předpokladů většinou lépe vycházela metoda SBAEC, u níž byl pro určení řídkosti využit algoritmus L1-Homotopní. Největší vliv měla na výsledky proměnná hodnota SNR, určující poměr rušení a signálu, který chceme získat. Při hodnotě SNR 10dB bylo zlepšení potlačení rušení při řídkém odhadu až 2dB.

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu Doc. Ing. Zbyňku Koldovskému, Ph.D. za věcné rady a připomínky při řešení této práce. Dále bych rád poděkoval Grantové agentuře ČR, kterou byla tato práce podpořena, projekt č. 14-11898S.

Reference

- [1] HAYKIN, Simon *Adaptive filter theory* 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002, 920 s. ISBN 01-309-0126-1.
- [2] Z. Koldovský, J. Málek, M. Müller a P. Tichavský, „On semi-blind estimation of echo paths during double-talk based on nonstationarity“, *International Workshop on Acoustic Signal Enhancement (IWAENC)*, pp. 198 - 202, September 2014
- [3] P. Tichavský and Z. Koldovský, „Weight adjusted tensor method for blind separation of underdetermined mixtures of nonstationary sources“, *IEEE Transactions on Sig. Proc.*, vol. 59, no. 3, pp. 1037–1047, March 2011.
- [4] CONSTANTIN PALEOLOGU, Jacob Benesty. „Sparse adaptive filters for echo cancellation“. San Rafael, Calif.: Morgan & Claypool, 2010. ISBN 9781598293067.