

Extrakce zdrojů na lokalizovaných masivně multimikrofonních polích s redukováným počtem demixujících parametrů

Tomáš Kounovský <tomas.kounovsky@tul.cz>, Zbyněk Koldovský <zbynek.koldovsky@tul.cz>

Extrakce zdroje na poli s velkým počtem mikrofonů nabízí vysoký extrakční výkon za cenu velkého množství parametrů k odhadu. Pokud je mikrofonní pole malé velikosti, pak lze potenciálně využít jeho geometrie a blízkosti mikrofonů a nahradit kompletní parametrizaci parametrizací částečnou. Ta by měla popisovat extrakční parametry pro menší podmnožinu mikrofonů celého pole a pomocí jednoduchých transformací tyto parametry adaptovat pro zbytek mikrofonů. Předběžné výsledky ukazují, že za určitých podmínek lze využít tohoto předpokladu a zvýšit extrakční výkon nad úroveň plně parametrizovaného konvenčního algoritmu se stejným počtem extrakčních parametrů

Klíčová slova: Impulzní odezva místnosti, Akustická přenosová funkce, Mikrofonní pole, Hustá síť pozic

Úvod/Motivace

- Lokalizovaná masivně multimikrofonní pole (LMMP) - mikrofonní pole na malé ploše o velkém počtu mikrofonů
- Prozatím nepřilíh prozkoumaná oblast [1]
- LMMP realizovatelné pomocí MEMS mikrofonů [2]
- Velké množství mikrofonů = velké množství extrakčních parametrů k odhadu = výpočetně náročné
- Lze využít vlastností LMMP (geometrie, vzdálenost mezi mikrofony) ke snížení parametrů?

Metodika

- LMMP rozděleno na množinu menších polí (subpole)
- Malá vzdálenost mezi subpoli = malé změny v jejich extrakčních vektorech
- Výpočet extrakčních parametrů pro jedno obecné subpole
- Obecný extrakční subvektor adaptován na všechna subpole pomocí jednoduchých transformací
- Výrazné snížení počtu demixujících parametrů
- Základ pro výpočet je upravený MMSE beamformer

$$\operatorname{argmin}_{w_g, \beta_1, \dots, \beta_N} \|S - \sum_{i=1}^N \beta_i^H w_g^H X_i\|^2$$

- w_g je obecný extrakční vektor; β_i jsou adaptační parametry (komplexní skalár - zesílení a zpoždění) pro i -té subpole; X_i jsou data pro i -té subpole; S je signál extrahovaného zdroje
- Řešení vede na iterativní algoritmus (**LMMP beamformer**):

1. Výpočet obecného extrakčního subvektoru

$$w_g = (\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \beta_i^H \beta_j X_i X_j^H)^{-1} \sum_{i=1}^N \beta_i^H X_i S^H$$

2. Výpočet adaptačních parametrů β ze soustavy

$$\sum_{i=1}^N w_g^H X_i X_i^H w_g \beta_i = w_g^H X_i S^H$$

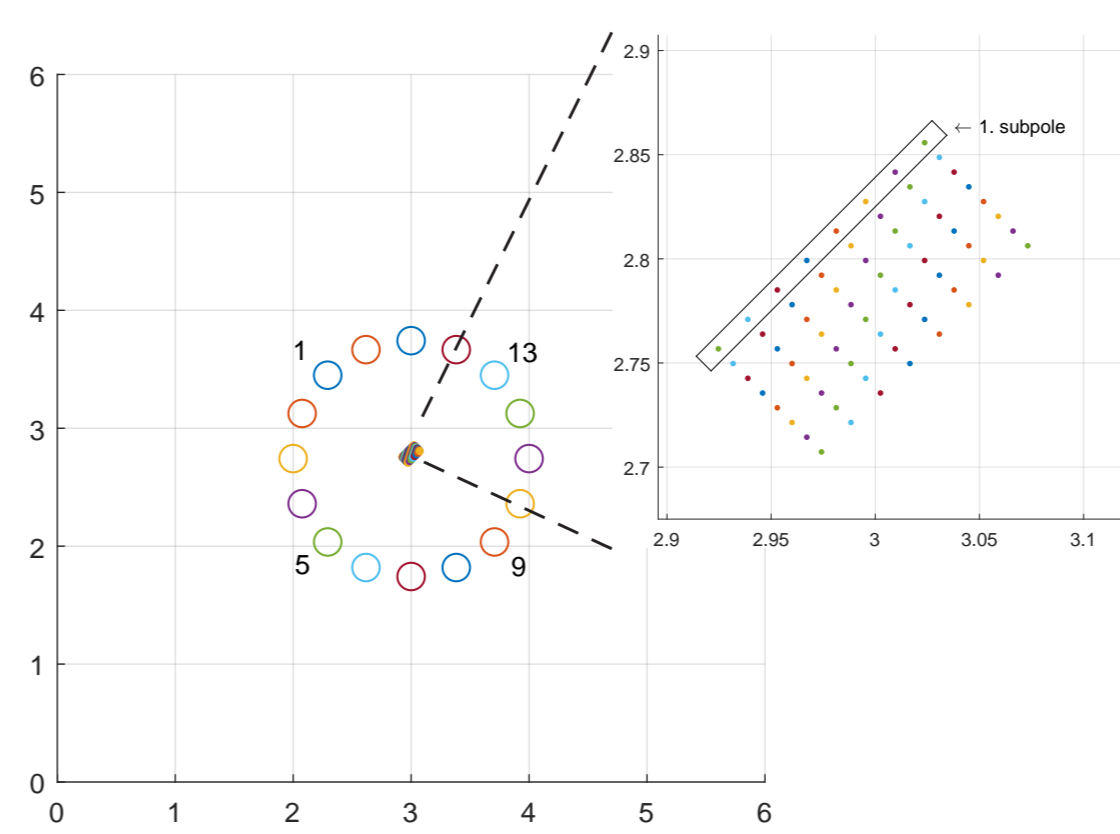
Poděkování

Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2020.

Reference

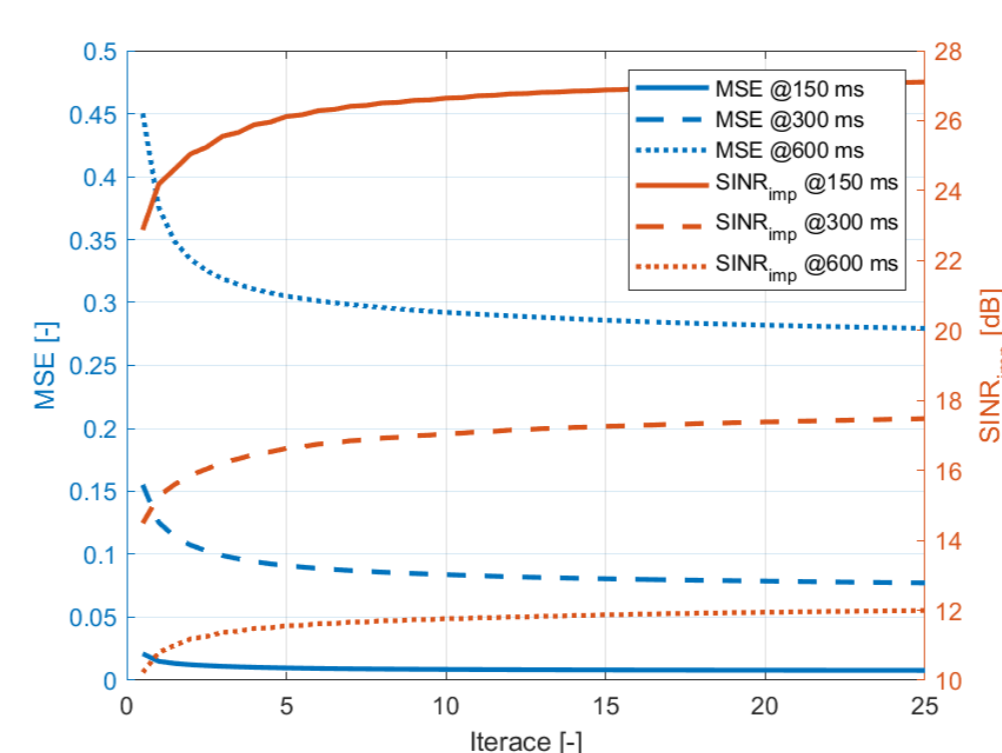
- [1] SACHAR, J. et. al. *Large vs small aperture microphone arrays: Performance over a large focal area*. IEEE ICASSP. 2001, 3049–3052.
- [2] FULÍNOVÁ, V. *Aplikace ovládání a vizualizace mikrofonního pole..* 2016. [Diplomová práce] Technická univerzita v Liberci.
- [3] HABETS, A. *Room impulse response generator*. 2006.: no. 2.4, vol. 2. Tech. Rep. Technische Universiteit Eindhoven.

Výsledky a diskuze



Obrázek 1: Experimentální prostředí

- RIR generátor [3]
 - Místnost 6x6x3 metrů
 - Reverberační časy 150, 300 a 600 ms
 - LMMP 8x8 mikrofonů (2x1 cm)
 - 16 pozic v kruhu okolo LMMP pro interferenční signály
- Algoritmus konverguje v řádu jednotek iterací, viz obrázek 2
 - Jednoduchá úloha (1 řečník, 1 interference - 1v1) - LMMP beamformer dosahuje zhruba stejného extrakčního výkonu jako MMSE beamformer využívající **2 subpole** (stejný počet extrakčních parametrů)
 - Těžká úloha (1 řečník, 14 interferencí + bílý šum - 1v14+WGN) - LMMP beamformer dosahuje zhruba stejného extrakčního výkonu jako MMSE beamformer využívající **4 subpole** (dvojnásobný počet extrakčních parametrů)



Obrázek 2: Konvergence LMMP beamformeru

Tabulka 1: Zlepšení SINR [dB]

Metoda	T ₆₀ - 1v1			T ₆₀ - 1v14+WGN		
	150	300	600	150	300	600
LMMP	28,02	18,34	12,53	8,87	7,35	5,94
MVDR	49,36	36,47	29,03	10,04	9,30	8,07
MPDR	6,16	5,80	5,58	2,75	2,46	2,02
MMSE ₁	25,87	16,25	10,97	7,45	6,43	5,36
MMSE ₂	31,24	20,58	14,20	8,08	6,92	5,76
MMSE ₃	32,53	22,40	15,95	8,52	7,27	6,05
MMSE ₄	32,98	23,02	16,45	8,88	7,53	6,26
MMSE ₅	33,20	23,24	16,64	9,21	7,76	6,43
MMSE ₆	33,40	23,47	16,89	9,52	7,97	6,57
MMSE ₇	33,48	23,59	16,97	9,82	8,17	6,71
MMSE	33,54	23,66	16,99	10,13	8,37	6,85