

マイクロホン間の伝搬遅延特性の推定に基づく音源定位

A-8 Sound Source Localization Based on Estimation of Propagation Delay Between Microphones

堀 智也[†] 陶山 健仁[†]
Tomoya HORI[†] Kenji SUYAMA[†]

[†]東京電機大学 工学部 電気電子工学科

[†]Department of Electrical and Electronic Engineering, School of Engineering, Tokyo Denki University

1 はじめに

2マイクロホンによる音源定位手法として、マイクロホン間の伝搬遅延特性に基づく手法が提案されている [1]. この手法では、マイクロホン間の伝達関数を適応フィルタで同定して群遅延特性を推定し、方向推定を行う. しかし、推定精度が音源方向に依存する問題があった. 本研究では、この問題の要因を明らかにし、解決方法を提案する. 実環境実験により、提案法の有効性を示す.

2 音源定位問題

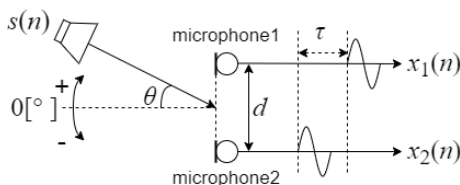


図1 マイクロホンと音源の配置

図1のように音源 $s(n)$ を間隔 d で配置した2つのマイクロホンで受信する. ここで n は離散時間であり、フレーム長 K ごとに音源定位を行う. 音源方向が θ のとき、 θ_t はマイクロホン間の到達時間差 τ_t を用いて次式で表される.

$$\theta_t = \sin^{-1} \left(\frac{c\tau_t}{d} \right) \quad (1)$$

ここで、 c は音速、 t はフレーム番号である. (1) 式より、マイクロホン間の到達時間差 τ_t が推定可能であれば音源方向 θ_t を算出可能である. 音源定位問題は、受信信号 $x_1(n)$, $x_2(n)$ から到達時間差 τ_t を推定する問題である.

3 適応フィルタによる到達時間差推定法

図2に推定系の構成を示す.

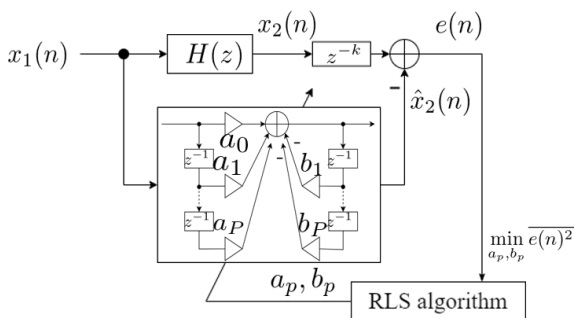


図2 伝搬遅延特性の推定系

ここで k は、因果性補正のための遅延であり、 $H(z)$ は

推定対象のマイクロホン間の伝搬特性である. 適応アルゴリズムには RLS(Recursive Least Square) アルゴリズムを用いる. 同定した適応フィルタ係数から次式で群遅延特性 $G(\omega)$ を算出して到達時間差を推定する.

$$G(\omega) = \text{Re} \left\{ \frac{\sum_{n=1}^P na_n e^{-jn\omega}}{\sum_{n=0}^P a_n e^{-jn\omega}} - \frac{\sum_{m=1}^P mb_m e^{-jm\omega}}{1 + \sum_{m=1}^P b_m e^{-jm\omega}} \right\} \quad (2)$$

この手法では、 $\theta > 0$ の場合、同定に必要なフィルタ次数が大幅に増加し、推定精度も低下する. これは、同定する位相が遅れ位相になるためと考えられる. この問題の解決方法として同定に用いる受信信号を入れ替える. 図2において、 $x_1(n)$ と $x_2(n)$ を入れ替え、同定する位相を進み位相として問題点を解決する.

4 実環境実験

実験には、 $9.3[\text{m}] \times 12.5[\text{m}] \times 2.96[\text{m}]$ の会議室を使用した. 残響時間は $0.93[\text{s}]$ 、騒音レベルは $34.9[\text{dB}]$ であった. 実験条件は、マイクロホン間隔 $d = 0.23[\text{m}]$ 、サンプリング周波数 $f_s = 16000[\text{Hz}]$ 、フレーム長 $K = 512$ 、使用周波数帯域は 1000 から $7000[\text{Hz}]$ とし、適応フィルタのフィルタ次数 P, Q はともに 12 とした. 固定音源4パターンで従来手法と提案手法の RMSE(Root Mean Square Error) を比較した. 表1に RMSE を示す.

表1 実験結果

音源方向 [°]	-60	-30	30	60
従来法 [°]	9.65	2.43	60.20	98.35
提案法 [°]	100.03	62.49	2.26	9.80

表1から、従来法では $\theta > 0$ のとき方向推定が失敗しているのに対し、提案法では推定が成功している. しかし、提案法では $\theta < 0$ にあるとき推定に失敗している. この結果から、 $\theta > 0$ に対する推定手法としては有効であるが、 θ に応じて適用するモデルを切り替えればよい. 切り替えの判断基準は今後の課題である.

5 まとめ

適応フィルタを用いて到達時間差を推定する手法において、正の方向の推定精度を向上させる手法の提案をした. 実環境実験により、提案手法の有効性を示した.

参考文献

[1] 泉雄大, 陶山健仁, "マイクロホン間の伝達系の同定に基づく音源定位", 信学技報, CAS2015-66, pp.27-32, 2016