

広帯域信号を用いた DOA 推定における推定可能到来波数の改善

Study on Improving Degrees of Freedom in DOA Estimation Using Wideband Signal

白井 智士
Satoshi SHIRAI

山田 寛喜
Hiroyoshi YAMADA

山口 芳雄
Yoshio YAMAGUCHI

新潟大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Science & Technology, Niigata University

1 はじめに

近年, UWB や OFDM など, 広帯域信号を用いた通信の利用や研究が盛んに行われている. それに伴い, それらの広帯域信号を用いた DOA 推定についても注目が集まり, 検討されている [1][2]. しかし到来信号をサブバンドに分けて推定するこれらの手法は, 推定可能な到来波数は向上しなかった. 本稿では, 広帯域信号が到来する場合において, Khatri-Rao(KR) 積による変換処理 [3] を応用した推定手法を提案し, 周波数データを用いてより多くの到来波を推定できることを示す.

2 受信データモデル

L 素子のアレーアンテナに周波数 f_1 から f_N の広帯域信号が K 波到来する場合を考える. 時刻 t のスナップショットにおける受信信号は次式で与えられる.

$$\mathbf{x}(t) = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1(t) \\ \mathbf{x}_2(t) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_N(t) \end{bmatrix} = \sum_{k=1}^K \begin{bmatrix} \mathbf{a}(\theta_k, f_1) s_{1k}(t) \\ \mathbf{a}(\theta_k, f_2) s_{2k}(t) \\ \vdots \\ \mathbf{a}(\theta_k, f_N) s_{Nk}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{n}_1(t) \\ \mathbf{n}_2(t) \\ \vdots \\ \mathbf{n}_N(t) \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで $\mathbf{x}_n(t)$ は n 番目周波数の L 次元受信信号ベクトル, $s_{nk}(t)$ は k 波目の n 番目の周波数点の複素振幅, $\mathbf{n}_n(t)$ は n 番目の周波数点の付加雑音ベクトル, $\mathbf{a}(\theta, f)$ は L 次元のモードベクトルである.

3 提案手法

KR 積を用いた変換処理 [3] により, 受信相関行列中の自明なゼロ要素, 重複要素を除去した新たな拡張受信データを構成する. ここで各周波数帯の受信電力がすべて等しいと仮定すると, 受信データベクトルは

$$\mathbf{x}_e = \sum_{k=1}^K [\mathbf{a}_e(\theta_k, f_1), \mathbf{a}_e(\theta_k, f_2), \dots, \mathbf{a}_e(\theta_k, f_N)]^T P_k \quad (2)$$

とモードベクトル \mathbf{a}_e , 信号振幅 P_k の受信データに変換できる. このデータを用いて到来方向推定を行う. 自由度について考えると, サブバンドごとの推定 [1] では, 狭帯域の場合と変わらず $L-1$ である. 一方, 提案手法では, ULA の場合, 最大で $2(LN-1)$ となり, より多くの到来波を推定可能である.

4 計算機シミュレーション

ここでは 4 素子 ULA において Beamformer 法, EM-ML 法 [4] を用いて推定を行った. また, 300MHz から

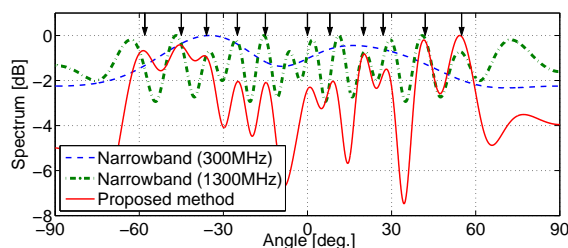


図1 Beamformer スペクトラム (SNR=20dB)

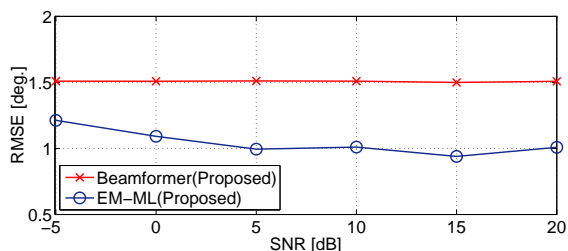


図2 RMSE vs SNR

1300MHz までの帯域を, 10 点等間隔に使用するものとした. アレー間隔は 300MHz の半波長とした. またスナップショット数 1000, RMSE 試行回数 100, 到来角度 $-58, -45, -36, -25, -15, 0, 8, 20, 26, 42, 55$ [deg.] の 11 波到来とした. なお EM-ML 法の初期値は Beamformer 法によって求めた推定値とした. シミュレーション結果を図 1, 図 2 に示す. 狭帯域の場合, 各到来波は正確に推定されていない. しかし提案手法では高精度に推定がされている事がわかる. また, SNR が 5-20 [dB] の範囲で EM-ML 法の RMSE が改善しない原因は, 相関に起因する KR 積拡張の誤差のためと考えられる.

5 まとめ

本稿では広帯域信号を用いた DOA 推定について検討した. KR 積に基づいた変換処理を施すことにより, 複数の周波数データを効率的に利用し, 従来よりも多くの到来波を推定可能になることを示した.

謝辞 本研究は科研費 (基盤研究 (C) 23560442) の助成により行われたものである.

参考文献

- [1] 大波加ほか, 信学技報, Vol.AP2009-109, Nov. 2009.
- [2] 前田ほか, 信学技報, Vol.AP2011-111, Nov. 2011.
- [3] W. K. Ma, et al., IEEE Trans. Signal Processing, vol.58, no.4, Apr. 2010.
- [4] M. I. Miller, et al., IEEE Trans. Acoust., Speech and Signal Processing, vol.38, no.9, Sep. 1990.