

超広帯域パルスレーダを用いた目標位置・散乱波形同時推定法のための適応雑音除去法

An adaptive filtering for the estimation of target location and scattered waveforms for UWB pulse radar systems

阪本 卓也 佐藤 亨
Takuya Sakamoto Toru Sato

京都大学大学院情報学研究所通信情報システム専攻
Dept. of Communications and Computer Eng., Kyoto University

1 はじめに

室内ロボット等の立体状況測定手段としてUWB(Ultra Wide Band)パルスを用いたレーダが有望である。パルスレーダで目標位置推定のために用いられるWienerフィルタを正確に構成するためには波形推定が必要である。一方、波形推定のためには目標位置の推定が必要となる。我々は目標位置および散乱波形の同時推定法IHCT(Iterative Hyperbolic Coherent Transform)を提案した[1]。IHCTは推定波形の雑音除去に送信波形で決まる固定フィルタを使用するため、位置推定にバイアスを生じる問題を有する。そこで本稿では雑音除去フィルタを反復毎に更新するアルゴリズムIHCTA(IHCT with Adaptive filtering)を提案し、その特性を明らかにする。

2 システムモデル

2次元問題を仮定し、受信波形は送信波形の1階微分とする。等間隔アレイの各素子を $A_i(i=1,2,\dots,11)$ 、素子間の距離を d とする。 A_i の受信信号を $s'_i(t)$ とする。波形画像 $s(x,y)$ を $s((i-(M-1)/2)d/\lambda, ct/\lambda) \equiv s'_i(t)$ で定義する。但し、 c は光速、 λ は中心波長である。単一の点状目標の推定位置を $\mathbf{T}_i = (x_i, y_i)$ とする。

3 HCT及び雑音除去フィルタ

次式の変換を双曲線同相変換と定義する。

$$H(\beta, \mathbf{T}_i) \equiv \int \int_{-\infty}^{\infty} s(x, y) \frac{e^{j\beta[u(x, \mathbf{T}_i) - y]}}{\sqrt{u(x, \mathbf{T}_i)}} dx dy \quad (1)$$

但し $u(x, \mathbf{T}_i) = |\mathbf{T}_i| + \sqrt{(x - x_i)^2 + y_i^2}$ である。初期値 $H(\beta, \mathbf{T}_0)$ は送信波形のフーリエ変換とする。IHCTは次式で表わされる。

$$\text{maximize} \left| \int_{-\infty}^{\infty} \frac{H(\beta, \mathbf{T}_{i+1}) P_i^*(\beta)}{1 - \eta + \eta |P_i(\beta)|^2} d\beta \right| \quad (2)$$

但し $P_i(\beta)$ は雑音除去後の推定波形であり、IHCTA、IHCT、波形推定を行わないIHCTW(IHCT Without waveform estimation)及び受信波形を既知としたIHCTK(IHCT for Known waveform)の各手法に対し表2の通り定める。

4 提案手法の特性

Peak S/Nに対する各手法の特性及び理論下限であるCRLB(Cramer-Rao Lower Bound)を図1に示す。

IHCTKは11dB以上のS/NでCRLBに達している。IHCTはIHCTWよりも良い特性を有するが、固定フィルタにより生じるバイアスが原因でフロアを生じている。一方、IHCTAはよりCRLBに近い特性を示しており、S/N=40dBにおいてIHCTAはIHCTWに対し14倍、IHCTに対し7倍の精度を有する。特にS/N > 34dBにおいてIHCTAは $10^{-3}\lambda$ の推定精度を得ることが可能であり、CRLBに対して1/4程度の精度劣化に抑えられている。

5 結論

本稿では広帯域パルスを用いたアレイアンテナレーダのための目標位置および散乱波形の同時推定法IHCTを改良したIHCTAを提案した。IHCTAを用いることでIHCTで問題となる推定バイアスの影響を抑え、7倍の推定精度改善が得られることを明らかにした。

参考文献

- [1] 阪本 卓也, 佐藤 亨, 信学会ソサイエティ大会, Sep. 2002.

表1 各手法に対する双曲線同相変換 $P_i(\beta)$

IHCTA	$(H(\beta, \mathbf{T}_i) * \text{sinc}(t_0\beta)) H(\beta, \mathbf{T}_{i-1}) $
IHCT	$H(\beta, \mathbf{T}_i) H(\beta, \mathbf{T}_0) $
IHCTW	$H(\beta, \mathbf{T}_0)$
IHCTK	受信波形(既知)のフーリエ変換

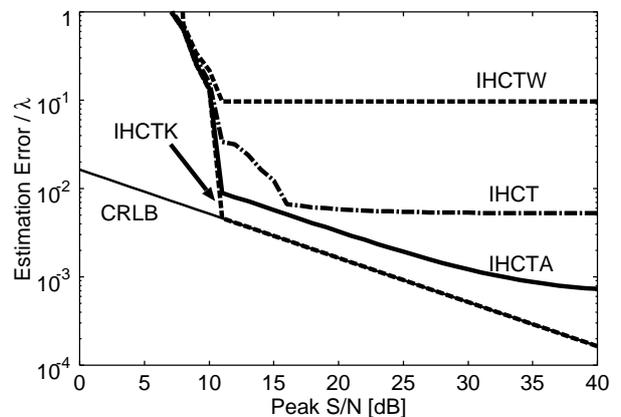


図1 目標位置推定誤差