

超広帯域パルスレーダを用いた散乱波形推定における干渉波抑圧法

An interference suppression algorithm of waveform estimations for UWB pulse radar systems

阪本 卓也
Takuya Sakamoto

佐藤 亨
Toru Sato

京都大学大学院情報学研究科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。我々は高精度な目標位置推定を行なうために散乱波形推定を同時に行なうアルゴリズムIHCTAを提案した[1, 2]。IHCTAは単一目標に対し $S/N > 34\text{dB}$ において $10^{-3}\lambda$ の位置推定精度を達成することを明らかにした。しかしながら、複数目標が存在する場合、他の目標からの干渉波により実際の波形と大きく異なる波形が推定されるという問題点がある。本稿ではニューラルネットワーク(以下NNと略す。)を用いた干渉波抑圧法を提案し、その適用例を示す。

2 システムモデル及び推定波形

2次元問題、点状目標を仮定し、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。点状目標の推定位置を $T_i = (x_i, y_i)$ とする。次式の変換を双曲線同相変換と定義する[1, 2]。

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

但し $u(x, \mathbf{T}) = |\mathbf{T}| + \sqrt{(T_x - x)^2 + T_y^2}$ である。双曲線同相変換の逆フーリエ変換を $h(y, \mathbf{T})$ と定義する。本稿で提案する干渉波抑圧法は $h(y, \mathbf{T})$ を実際の散乱波形に近づけることを目的とする。

5つの点目標が存在し、おおよそその目標位置が既知であると仮定する。 $\mathbf{T} = (T_x, T_y) = (2\lambda, 2\lambda)$ の点目標に対する推定波形 $h(y, \mathbf{T})$ を図1に細実線で示す。また、同図の破線は実際の散乱波形を示す。同図より $h(y, \mathbf{T})$ は干渉波の影響で実際の波形と大きな相違が生じていることがわかる。

3 提案する干渉波抑圧法と適用例

次式の通り、適切な重み関数 $\xi(\sigma, e)$ を用いることで干渉抑圧された波形 $\hat{h}(y, \mathbf{T})$ を得る。

$$\hat{h}(y, \mathbf{T}) = \xi(\sigma(y), e(y)) h(y, \mathbf{T}) \quad (2)$$

ここで信号振幅標準偏差 $\sigma(y) = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} s(x, y)^2 dx}$ を定義する。また、 $e(y)$ は $h(y, \mathbf{T})$ の瞬時包絡線である。 $\hat{h}(y, \mathbf{T})$ が実際の波形に近づく重み関数をNNを用いて

決定する。使用するNNは3層構造であり、 σ および e の2入力、 $\xi(\sigma, e)$ の1出力を有する。

このNNのパラメータを最適化する上で、実際の波形が未知であるため受信波形から生成した σ 及び e を用いた最適化が不可能であるという問題がある。そこで、いずれの目標からの散乱波も送信波と同じであると仮定して散乱波形が既知の疑似画像 $s^*(x, y)$ を作成する。こうして作成した疑似画像を用いてNNのパラメータ最適化を行なう。決定したパラメータで得られるNNの入出力特性を $\xi(\sigma, e)$ として式(2)に与え、干渉波抑圧を行なう。提案するNN最適化の概要を図2に示す。

提案する干渉波抑圧法の適用結果を図1に太実線で示す。提案法により干渉波の影響が大きく抑えられた波形推定が実現されていることが分かる。今後、IHCTAに本手法を取り入れたアルゴリズムの開発が必要である。

参考文献

- [1] 阪本 卓也, 佐藤 亨, 信学会ソ大会, Sep. 2002.
- [2] 阪本 卓也, 佐藤 亨, 信学会総合大会, Mar. 2003.

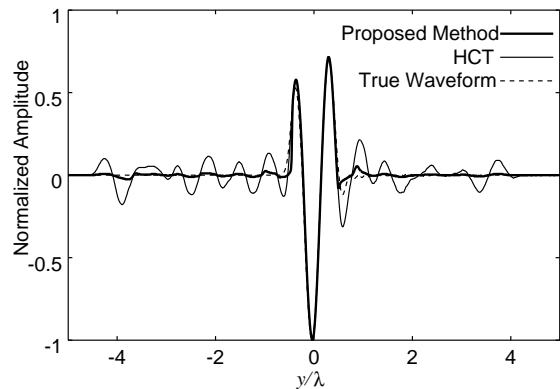


図1 提案法による推定波形, HCTによる推定波形及び実際の波形

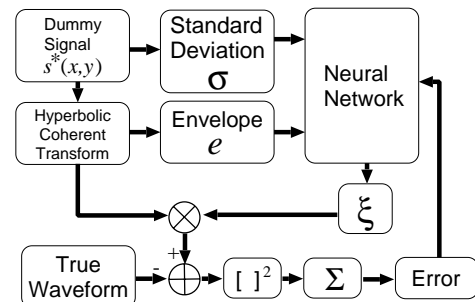


図2 提案法におけるニューラルネットワークの最適化