

壁面多重反射波を利用した仮想マルチスタティック UWB レーダによる任意運動目標イメージング

UWB Radar Imaging of a Target in Arbitrary Motion using Imaginary Multistatic System with Reflected Waves

伊神 皓生
Akio Ikami

阪本 卓也
Takuya Sakamoto

佐藤 亨
Toru Sato

京都大学情報学研究科
Graduate School of Informatics, Kyoto University

1 はじめに

光学カメラの弱点を補完する屋内監視システムの構築に、UWB パルスレーダを用いた画像化技術が有望視されている。Sakamoto ら [1] は任意の回転と移動を伴う目標に対する UWB パルスレーダ画像化法として、5 アンテナを用いた手法を提案した。しかし、同手法は目標境界が楕円と大きく異なる場合、精度が劣化する。本稿では、通路を想定し壁面反射波を利用することにより、2 素子のアンテナで仮想的なマルチスタティックレーダシステムを構築する手法を提案する。提案法では、移動目標を多方位から観測できるため、各サンプル時刻の目標概形測定が可能である。これにより、様々な目標形状に対して高精度、広範囲な形状推定が実現できる。

2 システムモデル

提案法のシステムモデルを図 1 に示す。同図に示す通り、壁面を $y = 0, Y_w$ の位置に、無指向性送受信アンテナ A_1, A_2 を $(-X_0, 0), (X_0, 0)$ に設置する。目標はアンテナ間を任意の回転と移動を伴う運動で通過するものとする。壁面反射波により、 $y = 0, Y_w$ の壁面に対応した鏡像アンテナが、壁面での反射数に応じて $2Y_w$ 間隔で形成される。これらの鏡像アンテナを $I_i (i = 1, 2, \dots)$ と定義する。各サンプル時刻において、UWB 信号を送信し各アンテナで受信エコーの経路距離を測定する。

3 画像化法

測定レンジから、目標を多角形近似することにより目標の中心軌跡及び回転角を導出する。まず、アンテナ A_1, A_2 及び鏡像アンテナ $I_i (i = 1, 2, \dots, 4)$ での測定レンジ用いて文献 [2] の手法で散乱点 $p_i(t) = (p_{xi}(t), p_{yi}(t)) (i = 1, 2, \dots, 18)$ を 18 点求める。次に、 $p_i(t)$ を用いて各サンプル時刻毎に目標を 18 角形近似し、その重心軌跡を $(X(t), Y(t))$ とする。次に、 $X = 0$ 付近の近似 18 角形を代表形状と定義し、他の近似 18 角形と代表形状との RMS 誤差が最小となるような角度 $\phi(t)$ を計算する。最後に、散乱点 $p_i(t)$ を $(X(t), Y(t))$ と $\phi(t)$ で補償することにより画像化を実現する。

4 提案法の実験評価

提案法の実験評価を数値実験により検討する。本稿では、壁面及び目標は完全導体とし、雑音のない理想的な環境を想定する。数値実験諸元を以下の通りに定める。目標形状として $(x, y) = (A(1 + \delta \cos \theta) \cos \theta, B(1 + \delta \cos(\theta + 2\pi/3) \sin \theta))$ を仮定する。ただし、 $A = 0.15 \text{ m}, B = 0.25$

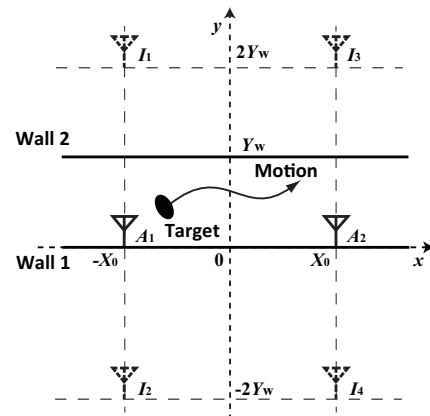


図 1 提案法のシステムモデル

$m, \delta = 0.2, 0 \leq \theta \leq 2\pi$ とする。壁面間距離 $Y_w = 2 \text{ m}$ 、アンテナ位置 $X_0 = 2.5 \text{ m}$ 、測定時間 $0 \text{ sec} \leq t \leq 2 \text{ sec}$ 、サンプル時刻間隔 $\Delta t = 5 \text{ msec}$ とする。目標運動は $(X_m(t), Y_m(t)) = (x_0 + v_x t, y_1 \sin(\omega t + \chi_0) + y_0)$ を仮定する。ただし、 $x_0 = -1.0 \text{ m}, v_x = 1.0 \text{ m/sec}, y_0 = 1.1 \text{ m}, y_1 = 0.3 \text{ m}, \omega = \pi/2 \text{ rad/sec}, \chi_0 = \pi/2 \text{ rad}$ である。また、目標の進行方向と回転角の差が常に一定となるように目標が回転する。提案法による推定像を図 2、推定運動を図 3 に示す。推定像の RMS 誤差は 14.0 mm 、画像化範囲は 98% である。このように、目標を多方位から観測し多角形近似することで、高精度、広範囲な形状推定が可能であることを確認した。

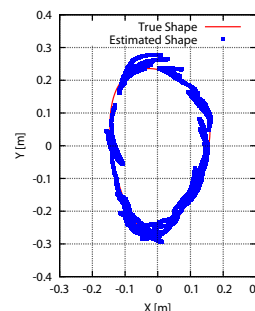


図 2 推定形状

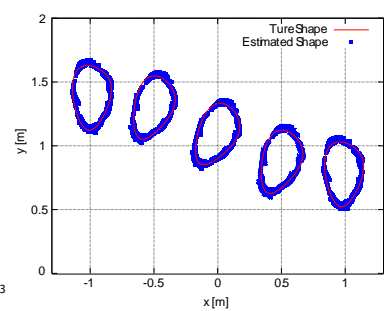


図 3 推定運動と推定形状

参考文献

- [1] T Sakamoto and T Sato, IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing, vol.49, pp.4493-4502, 2011.
- [2] 伊神皓生, 阪本卓也, 佐藤亨, 信学技報, vol. 111, SANE2011-165, pp.29-34, 2012.