

凸形状曲壁を持つ室内における 単一アンテナによる UWB レーダイメージング

Imaging method for UWB radars with a single antenna by using multipath waves in a curved-wall room

北村 堯之
Takayuki Kitamura

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 まえがき

近年、電波の多重散乱を利用した通信の性能改善やレーダ分野における室内の多重散乱経路を利用した単一アンテナによる位置決定 [1] が検討されている。本稿ではこれを発展させ、壁面形状が曲面である場合に適用可能な壁面形状推定手法および多重散乱を利用した目標位置推定手法を提案する。

2 システムモデル

xy 平面において $y = \frac{1}{20}x^2 + 5$, $y = (x - 10)^2 - 9$ で表される 2 つの凸形状曲壁を持つ空間を想定する。位置 $(-3, 0)$ に単一アンテナを設置する。(単位は全て m である。) アンテナから中心周波数 60GHz, 3dB 帯域幅 670MHz (公称距離分解能 16cm) の UWB パルスを送信し、目標からの散乱波を受信する。受信波形から時間逆転法により目標位置推定を行う。本稿では、2 次元室内環境を想定し、壁面は複素比誘電率 $4.22 - i0.02$ のモルタル壁、目標散乱断面積は等方性とし、幾何光学的散乱を仮定する。

3 曲壁面形状推定手法

曲壁による鏡像アンテナ位置は目標の移動に伴って非直線的に変化する。そのため、曲壁で構成されている室内の形状推定には envelope 法 [2] を用いる。

目標に区分的な等速直線運動をさせ、その受信信号から曲壁からのエコーを減算した目標散乱波形系列を得る。第 1 波の受信時間系列より、時刻 t_i での目標位置 $r_{tar}(t_i)$ が推定できる。また、目標の最近壁面反射波に相当する第 2 波系列より、時刻 t_i でのアンテナ-目標間の最近壁面反射経路長 l_i を推定できる。よって、アンテナ位置および推定目標位置 $r_{tar}(t_i)$ を焦点とする長半径 $l_i/2$, 短半径 $\sqrt{l_i^2 - |r_i|^2}/2$ の楕円 C_i が描け、各楕円 C_i の外接円の一部として曲壁形状が推定できる。

図 1 に曲壁形状推定の結果を示す。RMS 誤差は 0.49cm であり、誤差 0.031 波長と高精度に推定された。

4 未知点目標の位置推定手法

様々な位置に目標の存在を仮定する。レイトレーシング法を用い、推定壁面経由の目標仮定位置 r までの経路を推定する。推定経路に相当する時間だけ目標散乱波形を時間シフトさせ積をとる。受信した目標散乱波形の包絡線を $g(t)$ として、各点 r での積を取った場合の評価

値を $G_{prod}(r)$ として次式で定義する。

$$G_{prod}(r) = \left| \left\{ \prod_{p=0}^N \prod_{q=0}^N g(\tau_p(r) + \tau_q(r)) \right\} \right|^2$$

評価値は目標存在位置で大きな値をとる。 N は壁面数、 $\tau_i(r)$ は i 番目の壁面経由でのアンテナから位置 r までの伝搬時間である。ただし、 $\tau_0(r)$ はアンテナ-位置 r 間の伝播時間とする。

点目標が位置 $(3.0, -2.0)$ にある場合のイメージング結果を図 2 に示す。誤差は 0.88cm で 0.015 波長程度の高精度な推定が可能であり、分解能は 8.7cm であった。

参考文献

- [1] 北村 堯之 他, 信学会総合大会講演論文集, C-1-10 (2009).
- [2] S. Kidera et al., *IEICE Trans. Commun.*, **E90-B**, 1487-1494, (2007).

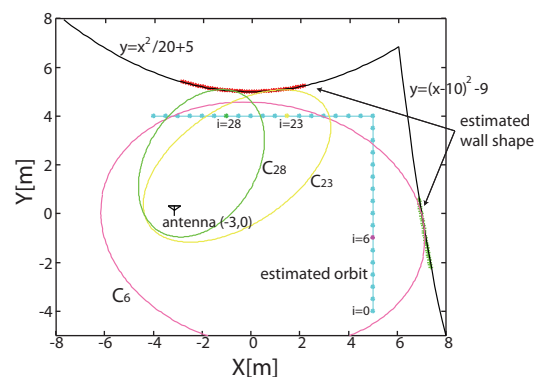


図 1 システムモデルと壁面推定形状

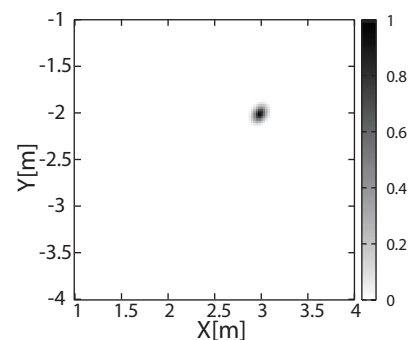


図 2 点目標のイメージング結果