

負荷変調を用いた MIMO アンテナの複素指向性の推定法

Estimating Complex Radiation Patterns of MIMO Antenna Using Load Modulation

齋藤 公利*¹
Masatoshi SAITOH

本間 尚樹*²
Naoki HONMA

陳 強*¹
Qiang CHEN

*¹ 東北大学大学院 工学研究科

*² 岩手大学 工学部

Graduate School of Engineering, Tohoku University

Faculty of Engineering, Iwate University

1. まえがき

複素指向性は MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) アンテナの評価指標の 1 つである。その測定方法として同軸ケーブル、小形発振器あるいは光ファイバケーブルを用いた方法があるが、いずれも測定精度あるいはコストなどに問題がある。本報告では被測定素子にケーブルや小形発振器を接続せずに複素指向性を評価する手法として、被測定素子に負荷変調方式を適用し[1]、被測定素子からの散乱波の角度特性より複素指向性を推定する手法を提案する。以下では推定式の導出について述べ、数値シミュレーションにより提案手法の精度について考察を行う。

2. 複素指向性推定式の導出

図 1 (a)は MIMO アンテナ複素指向性推定の提案構成である。例として被測定素子数 $N=2$ の場合を示す。1 素子の送信/受信アンテナと既知の負荷インピーダンスにより終端された被測定 MIMO アンテナより構成される。ここで送信アンテナと受信アンテナをそれぞれ、 T , R , 被測定素子を M と定義する。提案手法では TM 間のチャンネル S_{TM} , S_{MT} あるいは TR 間のチャンネル S_{MR} , S_{RM} のいずれかの角度特性を推定することにより、被測定素子の全素子指向性を逆算する。被測定素子の終端条件を表す S パラメータを $\Gamma = \text{diag}[\gamma_1, \dots, \gamma_N]$ と定義し、 TR 間の往復のチャンネル応答がほぼ等しく ($S_{MT} = S_{RM}^T$)、被測定素子の S パラメータ S_{MM} が既知であるとき、 TR 間のチャンネルは、

$$H = S_{RT} + S_{MT}^T \Gamma (\mathbf{I} - S_{MM} \Gamma)^{-1} S_{MT} \quad (1)$$

と表される。したがって(1)より全被測定素子を基準インピーダンス z_0 で終端したときに観測される TR 間のチャンネルは、

$$H_0 = S_{RT} \quad (2)$$

と表され、一方で i 番目の被測定素子のみを z_i 、その他の素子を z_0 で終端したときに観測される TR 間のチャンネルは、

$$H_i = S_{RT} + S_{MT}^T \Gamma_i (\mathbf{I} - S_{MM} \Gamma_i)^{-1} S_{MT} \quad (3)$$

と表される。ここで(3)の $\Gamma_i (\mathbf{I} - S_{MM} \Gamma_i)^{-1}$ は既知の情報から計算可能である。また $\Delta H_i = H_i - H_0$ より TR 間の相互結合の影響を除去することができ、

$$S_{MT}^{(i)} = \sqrt{\frac{1 - S_{MM}^{(i,i)} \gamma_i}{\gamma_i}} \Delta H_i \quad (4)$$

のように $S_{MT}^{(i)}$ は推定される。これより被測定素子の複素指向性は、

$$D_M^{(i)} = \frac{4\pi l}{\lambda} \frac{S_{MT}^{(i)}}{D_T} \quad (5)$$

のように逆算される。ここで D_M , D_T はそれぞれ被測定素子の複素指向性及び送信アンテナの複素指向性を示す[2]。他素子についても同様の手順で求められ、 $N+1$ 回の測定により全素子指向性は推定される。

3. 数値シミュレーション結果

図 1 に数値シミュレーションモデルを示す。送受信アンテナは半波長ダイポールアンテナ、被測定素子は 2 素子半波長ダイポールアンテナアレイである。 TR - M 間距離を $d_1 = 2$ m, 被測定アンテナの素子間隔を $d_2 = 0.5\lambda$, 送受信アンテナ間距離を $d_3 = 0.5\lambda$ とした。周波数は 2.40 GHz とした。また提案手法と比較するため、図 1 (b)のような構成において TM 間のチャンネル応答を解析し、素

子指向性を求めた。図 2 及び 3 は提案手法により推定された複素指向性と従来法により得られた複素指向性の比較である。図より、振幅の最大誤差は 0.0864 dB, 位相の最大誤差は 2.88° となることが確認され、精度良く推定されることが分かり、提案手法による複素指向性の推定が可能であることが分かった。誤差の原因として、提案構成では観測アンテナに z 方向への位置ずれが 0.25λ 存在することが考えられる。

4. まとめ

本報告では負荷変調を用いた MIMO アンテナの複素指向性推定法を提案した。また数値シミュレーションを行い、提案手法により MIMO アンテナの複素指向性が精度良く推定されることを確認し、被測定素子にケーブルや小形発振器を接続せずに複素指向性を評価することが可能であることを明らかにした。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費(25709030)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] K. Terasaki, et al., *Electron. Lett.*, vol. 48, no. 18, pp. 1090–1091, Aug. 2012.
- [2] T. Taga, et al, *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 39, no. 2, pp. 117–131, May. 1990.

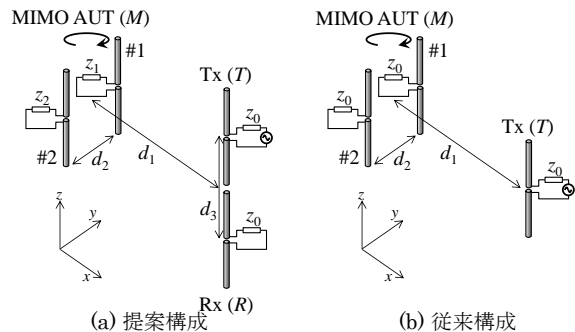


図 1 複素指向性評価の構成。

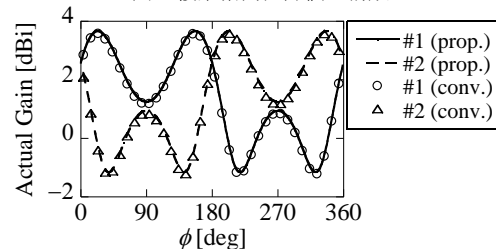


図 2 複素指向性の振幅特性。

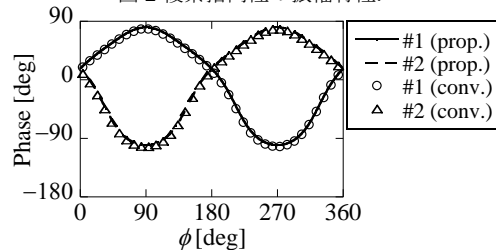


図 3 複素指向性の位相特性。