

磁石を用いた素子間隔可変アレーアンテナ

桐原 敦 今野 佳祐 陳 強

東北大学大学院工学研究科 通信工学専攻 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-05

E-mail: kirihara.atsushi.t6@dc.tohoku.ac.jp, {keisuke.konno.b5, qiang.chen.a5}@tohoku.ac.jp

あらまし 本研究では、マイクロストリップ線路上に素子を並べたアレーアンテナに磁石を用いることで非接触で素子間隔を制御する構造を提案する。数値シミュレーションの結果、素子間隔を $0.5\lambda_0$ から $0.7\lambda_0$ の範囲で変化させることで、 $\theta < 45 \text{ deg.}$ 程度の範囲でビーム走査が可能なアレーアンテナが実現できることを明らかにした。

キーワード アレーアンテナ, 磁石

1. まえがき

近年、ミリ波帯をはじめとした高周波数の電波の活用が期待されている。しかし、高周波数の電波は従来の通信で用いられている周波数帯の電波と比較して直進性が強く、回折しにくいという問題がある。高周波数帯の電波を用いて高品質で高効率な通信を実現するためには、遮蔽物を避けて特定の方向に電波を放射するビームフォーミング技術が必要不可欠となる。そこで、電波の放射方向を制御するリコンフィギャラブルアレーアンテナが盛んに研究されている。リコンフィギャラブルアンテナの制御方法には、ダイオードなどを用いた電子的な制御とアクチュエータを用いた機械的な制御の2種類があげられる。電子的な制御方法を用いたリコンフィギャラブルアンテナの例として、PINダイオードを用いたホーンアンテナがあげられる[1]。複数のPINダイオードを使用することでアンテナの放射パターンを制御し、 360 deg. のビーム走査が可能なアンテナとなっている。しかし、ダイオードを用いることによる挿入損失や、非線形性が課題としてあげられる。

これらの課題を克服するために、機械的に素子を制御するリコンフィギャラブルアンテナが注目されている。例として、リニアアクチュエータを用いて地板を傾げることで放射方向を制御するリフレクトアレーアンテナが提案されている[2]。アクチュエータを用いたリコンフィギャラブルアンテナはダイオードなどの電子部品を用いないため、挿入損失などの欠点がない一方で、アクチュエータと地板を機械的に接続させるための加工の必要性や、より細かい制御のために複数のアクチュエータが必要となり、消費電力が増加するという課題があげられる。

そこで本研究では、アンテナ素子が給電線から物理的に離れていることによって、素子の位置の自由度が高い構造と磁石を用いることで、非接触で素子間隔を自在に変化させることができるリコンフィギャラブルアレーアンテナの設計を行い、その有効性を明らかにする。

2. アンテナの構造と解析結果

素子の位置を機械的に制御するためには、アンテナ素子が給電線と物理的に離れている必要がある。アンテナ素子と給電線が物理的に離れているアンテナとして、マイクロストリップ線路上にプリントダイポールを垂直に配置した近接結合給電型アレーアンテナ (P^3M ダイポールアンテナ)が提案されている[3]。このアンテナは近接結合によってマイクロストリップ線路からプリントダイポールへと給電されている。プリントダイポールの中心と給電線の中心間の横方向のずれをオフセット値とし、オフセット値を変化させることで各素子の給電量を調整し、サイドローブを低下させるといった所望の放射特性を実現することが可能となる。

本研究では P^3M ダイポールアンテナを基にアンテナを設計した。図1に設計したアンテナの構造を示した。また、表1に設定したパラメータを示した。マイクロストリップ線路の終端に抵抗を接続した進行波給電で5素子のアレーアンテナとし、駆動周波数は5.7 GHzとした。マイクロストリップ線路は特性インピーダンスが 50Ω になるように設計し、プリントダイポ

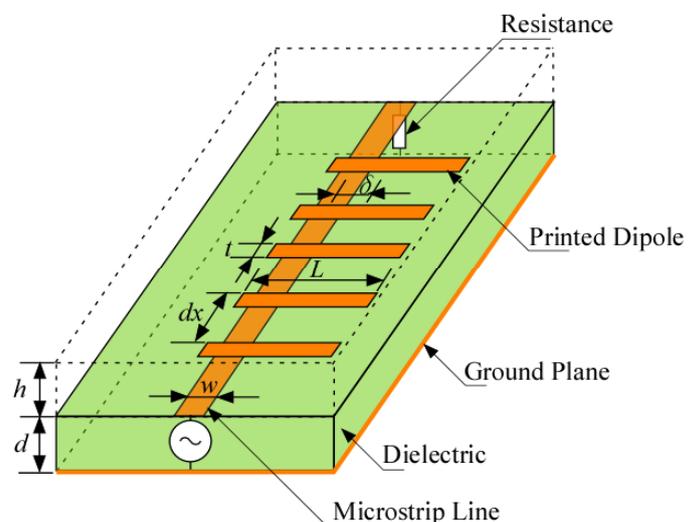


図1 素子間隔可変アレーアンテナの構造

表 1 設計したアンテナのパラメータ.

周波数 f	5.7 GHz
誘電率 ϵ_r	2.6
誘電体基板の厚さ d	1.6 mm
マイクロストリップ線路の幅 w	4.23 mm
オフセット δ	10 mm
プリントダイポールの長さ L	$\lambda_0/2$
プリントダイポールの幅 t	1 mm
プリントダイポールの高さ h	1.6 mm
特性インピーダンス Z_0	50 Ω
素子間隔 dx	$0.5\lambda_0 \sim 0.7\lambda_0$

ールの長さは自由空間波長の半分の長さとし、幅は P³M ダイポールアンテナと同じ値に設定した。また、オフセット値は利得が最大となるような値を設定した。

モーメント法を用いて設計したアンテナの数値シミュレーションを行った。素子間隔を $0.5\lambda_0$ から $0.7\lambda_0$ の範囲で変化させた場合の指向性利得を図 2 に示した。素子間隔を変化させることでビーム方向が $\theta < 45 \text{ deg.}$ の範囲で変化していることが確認できる。

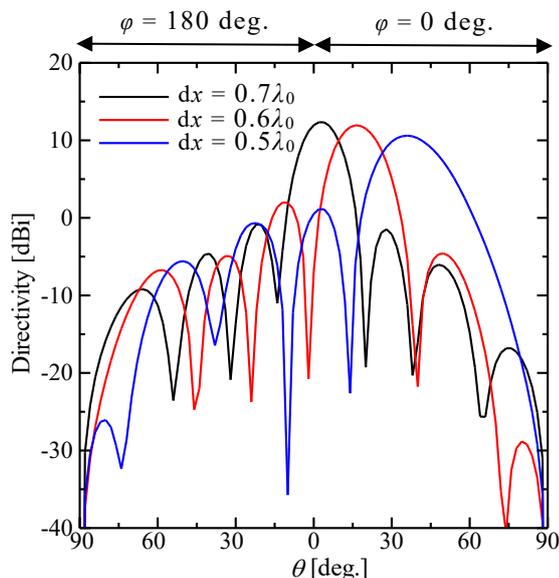


図 2 H 面の指向性利得

3. まとめ

本報告では素子間隔可変アレーアンテナの設計を行い、数値シミュレーションを用いてビーム走査が可能であることを示した。今後は、磁石を用いた素子間隔可変構造の設計を行い、素子間隔可変アレーアンテナの試作、実験を行う予定である。

4. 謝辞

本研究成果の一部は JSPS 科研費 22K04061 の助成を受けて得られた。また、東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会では本研究に関する有益な議論を行ったので、関係各位に謝意を表す。

文 献

- [1] Yaling Chen, Long Zhang, Yejun He, Wenting Li and Sai-Wai Wong, "A Pattern Reconfigurable SIW Horn Antenna Realized by PIN Diode Switches", 2021 Computing, Communications and IoT Applications, pp.112-115, Nov.2021.
- [2] Seyed Mohamad Amin Momeni Hasan Abadi, John H. Booske and Nader Behdad, "MAcro-Electro-Mechanical Systems (MÆMS) based concept for microwave beam steering in reflectarray antennas", Journal of Applied Physics, vol.120, no.5, 054901, pp.1-8, Aug.2016.
- [3] NIROD K. DAS and DAVID M. POZAR, "Analysis and Design of Series-Fed Arrays of Printed-Dipoles Proximity-Coupled to a Perpendicular Microstripline", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol.37, no.4, pp.435-443, Apr.1989.