

情報電力共用アンテナの構成法について

- アンテナ素子間相互結合の抑制法 -

日大生産工(学部) ○水野 誓也 日大生産工(院) 鹿志村 亮介
日大生産工 関 智弘

1. まえがき

近年,移動体の無電源化を実現するため,無線電力伝送技術の検討が行われている. 通常,電力伝送及び情報通信は別の媒体として用いるが,同一周波数を用いた無線により同時に実現させることが出来ればIoT端末等への適応性が飛躍的に改善する. そこで情報通信と電力伝送を同一アンテナ面で実現することを目指す. なお,情報電力共用アンテナを同一アンテナで実現しようとした場合,送電電力と受信電力間の電力差が大きく,アンテナ素子(MSA: Micro Strip Antenna)間の相互結合により通信に障害が生じてしまうという課題がある. この課題を解決するため,アンテナ間相互結合を抑制する必要がある. 本稿では,無線送電用素子と情報通信用素子を同一アンテナ面上に近接配置した場合の結合量を抑圧する構成法を報告する.

2. 情報電力共用アンテナ

2.1 概要

同一アンテナ上で隣り合う平面アンテナ素子同士の送信電力(W)に100~1000倍程度の差がある場合,素子間で相互結合が起きてしまう. 大電力用のMSAから放射される電波は,小電力用のMSAに回り込み,小電力用アンテナの給電回路(MSL: Micro Strip Line)に逆電流が流れてしまう. この逆電流が情報通信用アンテナにのることにより,情報通信回線が損傷を受けてしまいかねない. そこで2つのアンテナの間に方向性結合器を設け,情報通信用アンテナに流れる逆電流と位相がおおよそ反転し,振幅がほぼ同じである電流を流すことにより逆電流をキャンセルする. この構成により情報通信回線への悪影響を抑え,近接配置が可能となり,情報と電力用のアンテナを高密度化出来る. またアレー化によりグレーティンググローブ発生を抑えることが出来る.

2.2 アンテナ構成

本検討での情報電力共用アンテナは,2.4 GHz帯を想定し,基板には比誘電率 $\epsilon_r = 2.17$ のテフロン材を用いることとした.

情報電力共用アンテナの構成をFig. 1に示す. Fig. 1にあるように情報電力共用アンテナは電力送電用の素子と情報送信用の素子を同一基板上に配置する. 将来的にこのアンテナをアレー化できるようにすることを想定し,素子間隔は,1波長(以後, λ_0)以下として設計している. そして各素子から延びる給電回路の中盤に誘電体上の1波長(以後, λ_g)の4分1の長さの結合線路を設け,給電回路間には同じく長さ $1/4\lambda_g$ の結合線路と移相線路をもつMSLを配置し,方向性結合器を構成する. (以後,電力用給電回路と情報用給電回路間のMSLを逆相方向性結合器と呼ぶ.)

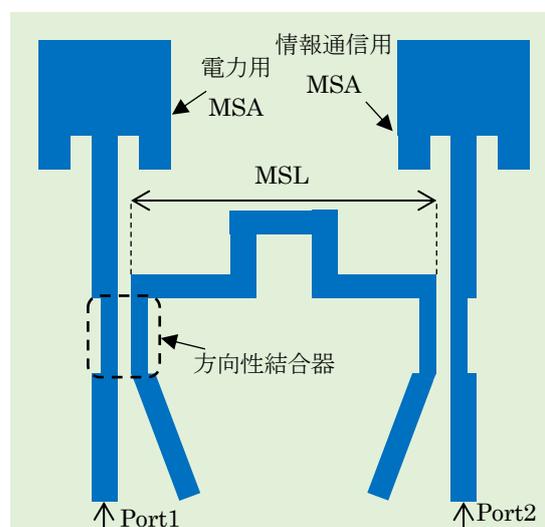


Fig. 1 提案構成

Antenna Design for wireless Communication and Power transfer

- Method of suppressing mutual coupling between antenna elements -

Seiya MIZUNO, Ryosuke KASHIMURA and Tomohiro SEKI

3. 解析結果

3.1. 解析

2つのアンテナ間の結合特性を明らかにするため、電磁界解析を行った。ここで、解析にはモーメント法(Momentum, Keysight社製)を使用した。また、設計には2.4 GHz帯を用いた。

なお、同解析は複数の共振が絡むため、設計周波数に合わせる事が困難である。そこで比較的结果が安定している周波数について評価する。

3.2. シミュレーション結果

Fig. 2, Fig. 3に素子間隔 $0.45\lambda_0$, $0.8\lambda_0$ で素子を配置し、逆相方向性結合器を敷設した場合、敷設しない場合のリターンロス、アイソレーション特性についてそれぞれの結果シミュレーション結果を示す。

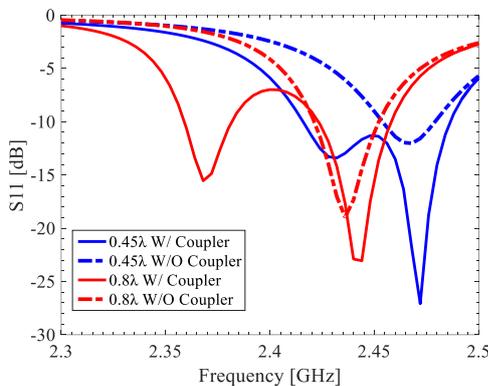


Fig. 2 リターンロス

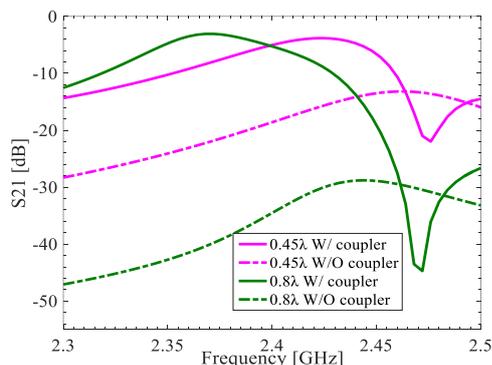


Fig. 3 アイソレーション特性

以上の結果の中から動作が比較的安定した2.476 GHz時の結果について比較する。

素子間隔 $0.45\lambda_0$, 方向性結合器有りの場合のS11は-27.1 dBとなり、無しの場合には-10.8 dBとなった。S21は、方向性結合器有りの場合に-22 dBとなり、無しの場合には-13.6 dBとなった。

素子間隔 $0.8\lambda_0$, 方向性結合器有りの場合のS11は-5 dBとなり、無しの場合には-4.5 dBとなった。S21は、方向性結合器有りの場合に-36.1 dBとなり、無しの場合には、-30.9 dBとなった。

ここで周波数2.476 GHzの時、port1のみに給電を行った場合の電流分布図をFig. 4に示す。この時、電力送信用MSAが動作しているかつ情報送信用給電回路に結合している方向性結合器より下方の給電回路とport2間の電流分布がかなり低いことが分かる。

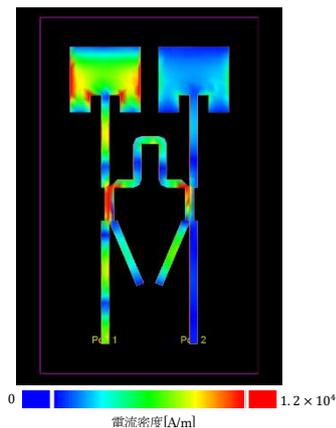


Fig. 4 電流分布

これは、素子間相互結合により電力送信用MSAから情報送信用MSAに回り込んだ電流と逆相方向性結合器により結合された電流の位相がほぼ反転、かつほぼ同一な振幅であり、互いに電流を打ち消しあったために起こったことであるといえる。

この時のアンテナ放射効率 91.2% 、ゲインは 8.3 dBi となり、指向性は単素子アンテナとほぼ同等な指向性となった。

4. まとめ

今回の検討では、情報電力共用アンテナを同一面で構成する方法を示した。

しかし、構成による結合量の要求値はシステムごとに変化するため、明確に設計法を示すことはできないが、 $0.45\lambda_0$ という近接配置時においてもS21を-20 dB以下にすることが可能であることを示した。

本検討は、限定的な検討であるが、今後はアンテナをアレー化させた場合の検討を進め、情報電力共用アンテナの実現を目指す。

「参考文献」

- 1)新井宏之,大橋英征,「アンテナ工学ハンドブック」オーム社(2008),p. 69