

マイクロストリップアレーアンテナによる 電波型無線電力伝送効率の理論的評価

7312110 坪田 祥吾

1. はじめに

近年、ユビキタス社会の実現に向けて、伝送距離に対して電力伝送効率の良い無線電力伝送が必要とされている。無線電力伝送の方式は大きく3つに分けられ、電磁誘導型、電波型、結合共振型となる。近年、電磁誘導型及び結合共振型の無線電力伝送の研究が活発に行われている。しかし、これらの近傍界を用いた無線電力伝送は、近距離において効率が非常に高いが伝送距離が長くなると電力伝送効率の低下が大きくなる問題がある。対して、電波型無線電力伝送では低効率であるものの遠方界を用いるため伝送での距離減衰が少ない。

マイクロストリップアレーアンテナを用いた電波型無線電力伝送の問題点として、ウェアラブル通信端末を想定した場合の周波数と電力伝送効率の関係の定量的評価がなされていない。

そこで、本研究では、ウェアラブル通信端末への給電を想定し、マイクロストリップアレーアンテナを用いた電波型無線電力伝送における電力伝送効率の理論的評価を行った。

2. 電力伝送効率

アンテナ間の送受信電力の関係は、フリスの伝達公式より表される。フリスの伝達公式を次式に示す。

$$P_{L2} = \frac{\lambda^2 D_1(\theta, \varphi) D_2(\theta, \varphi)}{(4\pi r)^2} P_{T1} \quad (1)$$

ここで、 P_{L2} は受信電力、 P_{T1} は放射電力、 $D_1(\theta, \varphi)$ は送信アンテナの指向性利得、 $D_2(\theta, \varphi)$ は受信アンテナの指向性利得、 λ は波長、 r はアンテナ間の距離を表す。

フリスの伝達公式より電力伝送効率を次式に表す。

$$\eta = \frac{P_{L2}}{P_{T1}} = \frac{\lambda^2 D_1(\theta, \varphi) D_2(\theta, \varphi)}{(4\pi r)^2} \quad (2)$$

3. 指向性利得

指向性利得は利得の形状によって決定され、指向性利得と利得には比例の関係がある。

$$D \propto E^2 \quad (3)$$

アレーアンテナの利得は素子アンテナの利得に点波源を素子としたアレーアンテナの利得を掛け算することで得られる。点波源を素子としたアレーアンテナの利得は波の干渉によって生じる。マイクロストリップアレーアンテナのはマイクロストリップアンテナを素子アンテナとしたアレーアンテナである。図1、図2、図3のそれぞれに最大値で規格化した、マイクロストリップアンテナの利得、点波

源を素子としたアレーアンテナの利得、マイクロストリップアレーアンテナの利得を示す。

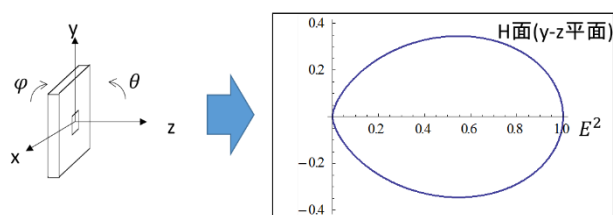


図1, マイクロストリップアンテナの利得

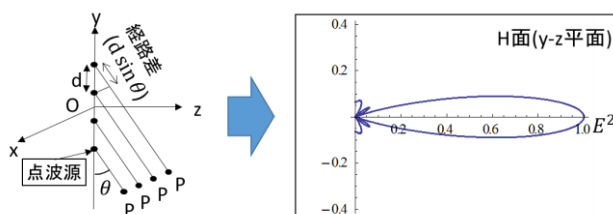


図2, 点波源を素子としたアレーアンテナの利得

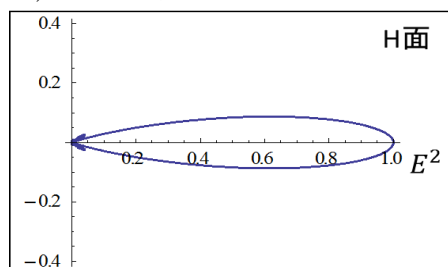


図3, マイクロストリップアレーアンテナの利得

4. 評価方法, 諸元

式(2)を用い、アンテナ外形寸法を固定し、周波数と伝送距離を変化させたときの電力伝送効率の評価を行った。想定した概略図を図4に、設計条件の諸元を表1に示す。

また、表2に外形寸法を固定したときの周波数と素子数の関係を示す。

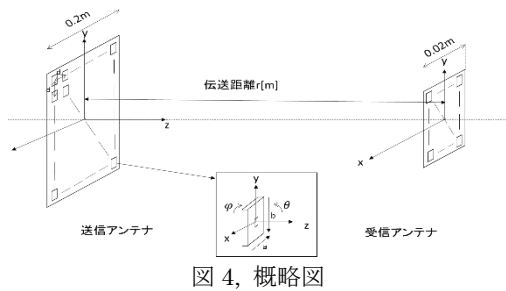


図 4. 概略図

表 1. 設計条件の諸元

素子アンテナ	方形MSA
素子辺長:a,b	0.325λ [m]
素子間隔:d	0.664λ [m]
比誘電率:ε _r	2.27
アンテナ外形寸法	送信アンテナ 0.2m四方 受信アンテナ 0.02m四方
アンテナの位置関係	正面のみ

表 2. アンテナ外形寸法を固定したときの周波数と素子数の関係

周波数[GHz]	送信アンテナ	受信アンテナ
10	10 × 10	1
30	30 × 30	3 × 3
100	100 × 100	10 × 10
300	300 × 300	30 × 30

5. 結果

電力伝送効率と伝送距離の関係を図 5 に、電力伝送効率と周波数の関係を図 6 に示す。

図 5 より周波数を上げることで電力伝送効率が良くなるのが分かる。図 6 より伝送距離が 10m で電力伝送効率を 1%とするには 77GHz が必要になるといったことが分かる。

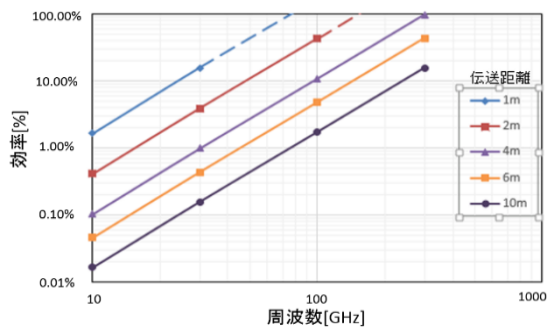


図 5. 電力伝送効率と伝送距離の関係

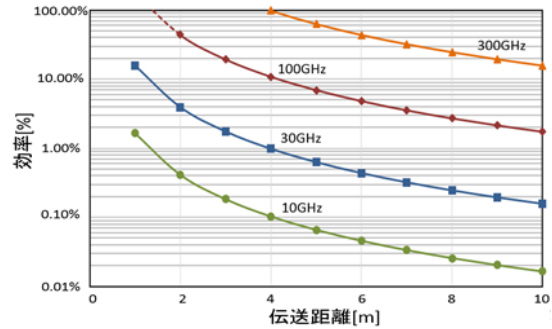


図 6. 電力伝送効率と周波数の関係

6. まとめ

本研究では、ウェアラブル通信端末への給電を想定し、マイクロストリップアレーアンテナを用いた電波型無線電力伝送における電力伝送効率の理論的評価を行った。

結果、ウェアラブル端末への電力伝送を想定し、マイクロストリップアレーアンテナを用いた無線電力伝送での周波数と電力伝送効率の関係の定量的評価が得られた。

今後の課題として、シミュレーション及び実験による理論計算結果の妥当性の検証が挙げられる。

参考文献

- [1]羽石操, 平澤一紘, 鈴木康夫, “小型・平面アンテナ”, 電子情報通信学会 1996
- [2]西川訓利, 佐藤和夫, 平子智明, 藤元美俊, 加藤貴敏, 田中雄一 “衛星通信用車載電子走査アンテナ” 豊田中央研究所 R&D レビュー Vol. 27 No. 2 1992
- [3]平澤一紘 “アンテナの特性と解法の基礎技術”, 日刊工業新聞社 2011