

IoT システムを考量したマイクロ波無線電力伝送方式に関する基礎研究 Fundamental Study on Microwave Wireless Power Transmission Considering IoT Systems

○矢込花純¹, 小林一彦², 三枝健二³Kasumi Yagome¹, Kazuhiko Kobayashi², Kenji Saegusa³

Abstract: Wireless power transmission (WPT) which can reach up to several tens of centimeters has been put into practical use. Otherwise, Microwave WPT capable of transmitting distance of several km or more has been studied for transmission of space photovoltaic power. In this paper, we applied this microwave WPT and investigated wireless power supply to indoor electronic equipment. The frequency is set in the 2.4 GHz band of the ISM band. Then interference with WiFi occurs. We use an adaptive array antenna as the power transmitting antenna. An adaptive array antenna is capable of beamforming and suppressing side lobes. We showed conditions for coexisting power transmission system and WiFi system simultaneously in the same room.

1. まえがき

IoT システムのキーデバイスの一つであるスマートフォンに注目して、スマートフォンへのマイクロ波無線電力伝送(マイクロ波送電と称する)の基礎研究についての検討を行う。本研究では、室内向けマイクロ波電力伝送の一例として、部屋の天井にアンテナを設置し、無線で携帯電話を充電する方法について考えていく。マイクロ波送電は、充電対象物の設置位置に制約がなく携帯を充電することが可能である唯一の方式である。

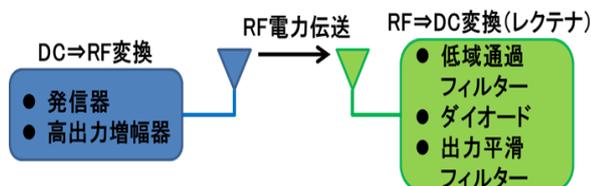


図1 マイクロ波電力伝送システムの全体構成図

図1は今回利用するマイクロ波送電の全体のイメージ図である。レクテナとはマイクロ波を受電するアンテナと整流器を組み合わせたものである。今回、電力伝送部分に関して検討を行った。

ワイヤレス送電では、伝送効率が悪く、携帯端末の充電には十分でないと考えられる。電波の伝搬と減衰の様子をシミュレーションを行い、実際に想定できる部屋での値を調べ、本目的に必要なシステムの検討を行った。使用する電磁波の周波数については、ITU-R SGI 会合における基準に準拠し、2.45 GHz 帯を使用した^[1]。

2. 伝搬損失について

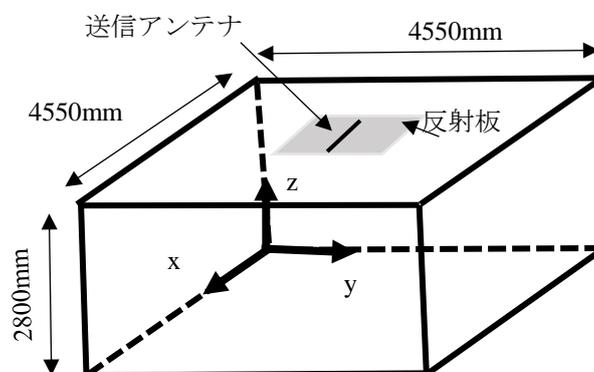
FDTD 法を原理とするシミュレーションを用いて、現実に近づけた任意の部屋における損失の様子を観測

した。仮定した部屋モデルは、国土交通省の居住面積水準の考え方に準拠し、部屋のサイズが 18 m²を超えるものとする。仮定したモデルの諸条件を以下に示す。

表1 仮定した部屋モデル

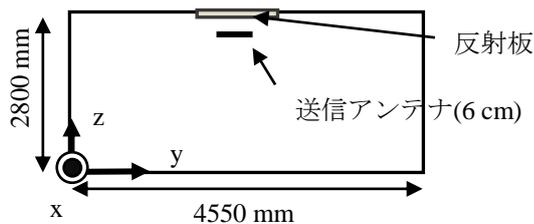
材料	コンクリート
周波数	2.45 GHz
セルサイズ	12 mm
床面積	19.8 m ²
高さ	2.8 m
壁の厚さ	15 cm
床・天井の厚さ	20 cm
アンテナ長	6 cm

1 波長四方の反射板を PEC で構成し、その前に半波長ダイポールアンテナを置いた反射板付きアンテナを天井に設置した。上記をモデル化したものを図2に示す。



(a) z方向から見た図

1 : 日大理工・学部・電子 2 : 日大理工・客員研究員・電子 3 : 日大理工・教員・電子



(b) x 方向から見た図
図 2 解析モデル

上記の条件で行った電界強度のシミュレーション結果を図 3 に示す。アンテナ直下の電界強度の値を用いて正規化し、任意の点での損失とした。今回、 $z=0.4m$ の高さの損失を図 3 に示した。損失は非常に狭い範囲でしか変化せず、ワイヤレス送電の観点からみると屋内の任意の位置で利用できることが分かった。しかし、損失が 19dB と大きく、ダイポールアンテナを利用したことから同心円状に電力が分散し、伝送効率が悪い。また、この送電はマイクロ波送電の漏れが ISM バンドにある WiFi を行う端末への雑音電力となる。利便性が求められる WPT において、利便性を損ねる他の機器への影響は最小限にするべきであり、また、充電効率を上げるためにビームフォーミングを行う必要がある。

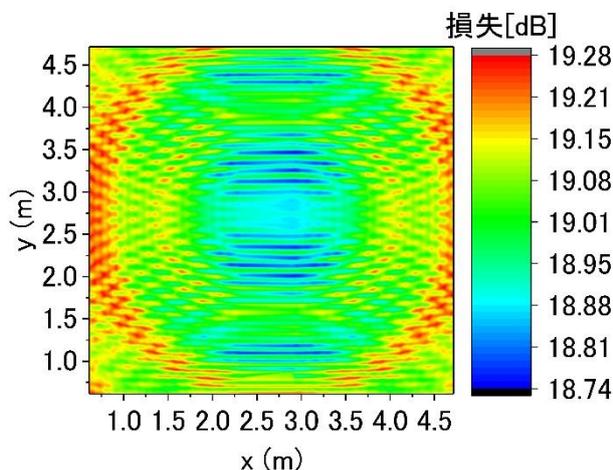


図 3 屋内における伝搬損失

3. WiFi との混信

雑音電力のレベルを抑えるためには、指向性を持ち、かつ充電対象機器にビームを向けることができるアダプティブアレイアンテナを利用する。図 4 では、天井にアダプティブアレイアンテナを置き、ワイヤレス送電を行う携帯電話と WiFi を利用する他の端末を同一の高さに置いた。図 4 について計算を行う。

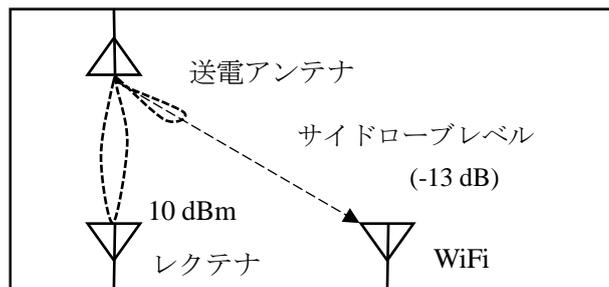


図 4 レクテナと WiFi 端末の位置関係

現状のレクテナ(整流回路)の性能では、10 dBm 以上の入力レベルが必要である。標準的なアレイアンテナを用いた場合の、他の機器への雑音電力レベルは、下記の式(1)で表現される。

$$N=P-SL \quad (1)$$

ただし、雑音電力レベル: N 、サイドローブレベル: SL
レクテナの入力レベル: P

この場合の雑音電力レベルは-3 dBm である。信号電力は、表 2 に示す各データレートにおける SNR を満足する必要がある、SNR は、式(2)で表現される。

$$SNR \geq S-N \quad (2)$$

ただし、信号電力レベル: S

この式より WiFi の必要信号電力を同表に示す。

表 2 各データレートにおける WiFi の信号電力

データレート	最低 SNR	WiFi の信号電力
54 Mbps	25 dB 以上	22 dBm 以上
9 Mbps	9 dB 以上	6 dBm 以上

4. まとめ

54 Mbps のデータレートを確保するには、WiFi の信号電力は 22 dBm 以上必要となり、現実的ではない。データレートを 9 Mbps にした場合、必要とする WiFi 信号電力は、6 dBm 以上となり、電力供給と WiFi との共存の可能性があることになる。今後は、54 Mbps のデータレートを確保しつつ電力伝送が可能な環境を構築するために、アダプティブアレイアンテナの位相制御を用いてサイドローブレベルを下げたアンテナの検討を進めていく。

参考文献

[1] 庄木裕樹, 「ワイヤレス電力伝送システムの国内および国際制度化の最新動向」, 電子情報通信学会総合大会, March. 20-23. 2018