

Wireless Power Transmission and Communication for a MAV using Microwave Beam

Mai ISHIBA¹, Kengo MIYASHIRO¹, Kenta ASAI¹, Kimiya KOMURASAKI¹

and

Yoshihiro ARAKAWA²

¹*The University of Tokyo, Graduated School of Frontier Sciences, Kashiwanoha, Kashiwa,*

²*The University of Tokyo, Graduated School of Engineering, Hongo, Bunkyo, Tokyo113-8656, Japan.*

Abstract:

A microwave power beaming system was developed to realize wireless power supply to a Micro Aerial Vehicle. This system consists of transmitting, tracking, and receiving systems. In this paper, two research themes are described.

Firstly, tracking system using signal of wireless camera is introduced. To realize high efficiency wireless power transmission, detecting an MAV position is very important element because of pointing a microwave beam toward the MAV with accuracy. The software retro-directive function is under development. This system receives a pilot signal of 2.45GHz microwave sent from the MAV and analyzes its current position using the phase difference. The possibility of microwave wireless power transmission with picture information was suggested. A 2.45GHz FM wireless camera signal was used as a pilot signal to track the vehicle which is circling over the transmitter. The maximum error was 3.22deg in the radial direction and 4.97deg in azimuth direction, which were slightly larger than those without modulation.

Secondly, power transmission while communication between MAV and ground system is suggested. Recently, energy harvesting technology has been studied using radiated radio wave for communication. To take out radio wave as energy is lead to decrease equipment and frequency band width. Thus, power transmission could be possible by using the radio wave for communication. At the previous transmitting system, 5.8GHz microwave beam is formed by five-element horn antenna. In this paper, the efficiency of transmitting system using modulated microwave beam is estimated using numerical simulation by FDTD when transmitting beam is amplitude and frequency modulated. The beam area was discussed when transmitted beam is steered and not because this transmitting beam can be steered by phased array system. The kind of modulation is amplitude modulation (AM) and frequency modulation (FM).

In the result, there not would be significantly change of transmitted beam in each modulation method.

MAV へのエネルギー情報同時伝送

石場 舞, 宮代 健吾, 浅井 健太, 小紫 公也

(東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻)

荒川 義博

(東京大学大学院 工学系研究科 航空宇宙工学専攻)

1. はじめに

2011 年 3 月に起きた東日本大震災以降、原発に頼った日本のエネルギー生成方法に対して見直すべきとの声があげられている。そこで、原発に代わる代替エネルギーとして宇宙太陽光発電衛星(SPS)システムの開発が挙げられている。このシステムは宇宙で太陽光発電した電力をマイクロ波を用いて地上に送電するといったシステムになっており無線電力伝送技術を用いている。また無線技術の取り組みの一つとして、東京タワーやラジオから通信のために放射されている電波を電力として取り出すエネルギーはハーベスティングの研究も積極的に行われている。この技術を用いることで使用する周波数帯域や設備をふやすことなくエネルギーと情報を同時に伝送することが可能となる。

また上記の災害において問題視されたことが、被災地や原発事故現場の現状を正確に把握するまでに数日といった時間を要したことだった。これは人が立ち入れない場所への偵察システムが確立されていないことから生じており、災害地の偵察システムの研究は前述したエネルギー問題と同等に重要視されるべき課題となっている。

本研究では、無人小型飛行体(MAV)に対してマイクロ波を用いた無線電力伝送の開発を行ってきた。そして現在ではこの電力伝送の技術にさらに通信技術を組み込む研究も行っている。本論文では本研究室における従来の追尾システムに位置情報だけでなく映像情報も取り入れた研究内容について述べる。

2. システムの概要

無線電力伝送における本研究のコンセプトを図 1 に示す。バッテリー残量の少なくなった MAV が充電のためにエネルギーステーション上空を旋回し、その間送電マイクロ波ビームが MAV を自動追尾して充電を行うことにより、離着陸なしのエネルギー供給を可能としている。本研究室のシステムは地上側にある追尾システム、送電システムと MAV 側にある受電システムの 3 つのサブシステムから構成されている。追尾システムは MAV から発信される 2.45GHz のマイクロ波パイロット信号を地上の追尾用アンテナによって受信し、受信した信号の位相差から MAV の位置を特定している。送電システムでは、地上に設置されているホーンアンテナから 5.8GHz のマイクロ波ビームをフェーズドアレイによって位置検知した MAV にステアリングしている。最後に受電システムでは、MAV に搭載しているレク

テナを用いて地上から送られてきたマイクロ波ビームを受電し、さらに受電したマイクロ波を直流へ変換し電力を得ている。

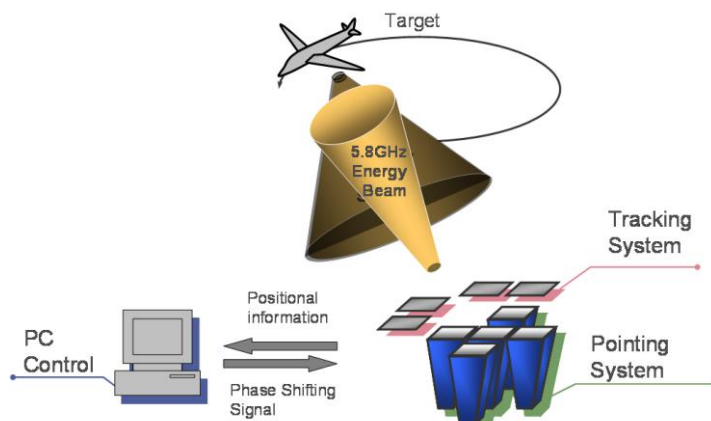


図1 MAV に対する無線電力伝送システム。

3. ワイヤレスカメラの映像信号を用いた追尾システム

前述したように、本追尾システムでは MAV から送られてきたマイクロ波パイロット信号を受信して MAV の位置を特定していた。そこで、本研究では MAV にワイヤレスカメラを搭載し、ワイヤレスカメラが映像を伝送するときに発する 2.45GHz の搬送波をパイロット信号として用いることで、MAV の位置情報だけでなくカメラによって撮影される映像情報を同時に得られるシステムを研究した(図 2)。

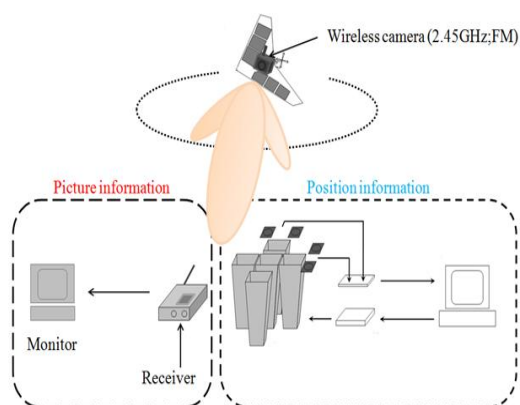


図2 ワイヤレスカメラ信号波を用いた追尾システム

実際にワイヤレスカメラを MAV に設置した状態で追尾実験を行った。図 3 にワイヤレスカメラ信号による推定信号到来角の時間変化を表したグラフを示す。実験条件として、MAV の旋回の高さは 1070mm, 旋回半径は 169mm として測定を行った。

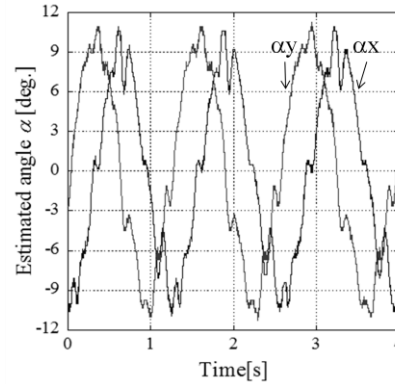


図 3 ワイヤレスカメラ信号による推定信号到来各の時間変化

このときの円周方向における誤差は $-3.22\text{deg.} \leq a_{\text{rad}} \leq 2.22\text{deg.}$ また軸方向における誤差は $-2.42\text{deg.} \leq a_{\text{azi}} \leq 4.97\text{deg.}$ となった。

4. 変調マイクロ波ビームによる送電システム

1 節で述べたように、MAV への電力供給は 5.8GHz のマイクロ波ビームをステアリングすることによって行っている。また、将来的に MAV と地上間での通信システムも必要となってくるために現在開発している送電システムを応用することでエネルギー伝送と情報の同時伝送が可能なシステムの開発を検討した。エネルギー伝送で使用している送電ビームに変調をかけることで 5.8GHz の周波数のみでエネルギーと情報を MAV へ送るというコンセプトで研究を進めている。そこで、実際に送電ビームに変調をかけることで送電効率に影響してくるビーム面積に影響が出ないかどうかを FDTD を用いて見積もった。具体的な条件としては、ステアリングをしている時とそうでないときのビームに振幅変調(AM)および周波数変調(FM)をかけた際のビーム面積の比較を行った。計算領域を図 4 のように設定した。計算条件は周波数 5.8GHz, 吸収境界条件には Mur 二次吸収境界条件, スケール各軸において 2060mm, 時間分解能は $9.9 \times 10^{-12}\text{sec.}$ そしてマイクロ波を発信する波源は 5 素子とし間隔は $\lambda/2$ とした。

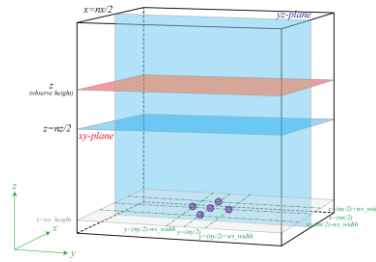


図 4 FDTD による計算領域図

上記の計算条件のもと、ステアリングしていない状態で振幅変調と周波数変調をかけた際の信号周波数と送電ビーム面積の変化を図 5 に示した。

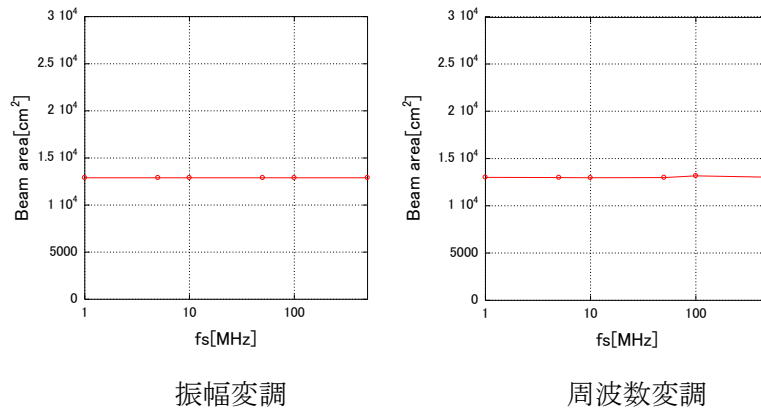


図 5 変調信号周波数 f_s によるビーム面積変化

次にステアリングをした際に無変調のときと周波数変調をかけたときのビーム面積の比較を行った結果が図 6 である。

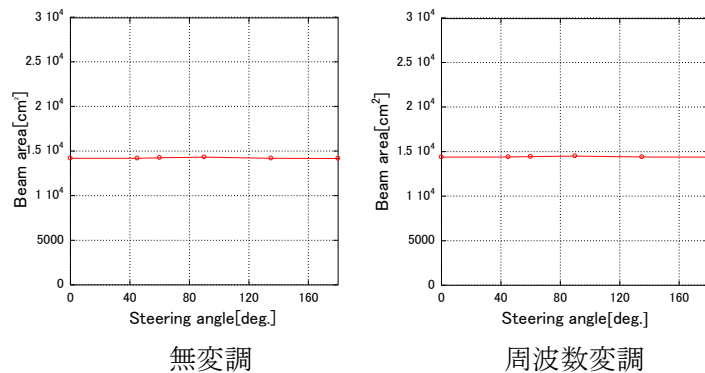


図 6 周波数変調をかけたビームをステアリングしたときのビーム面積の変化

以上の結果から、ステアリングしたときおよびしていないときにおいても変調をかけたことによるビーム面積の変化は見られなかった。