

空中超音波による無線電力伝送の研究

2016年3月

複雑理工学専攻 47-146099 馬 少翔

指導教員 篠田 裕之 教授

キーワード: 超音波 無線電力伝送

1. 緒言

現在、充電や給電においても無線化する無線給電技術が活発に研究されており[1]、一部は実用化も始まっている。しかし電磁界を利用する無線給電においては、特に人々が生活する空間内において、伝送可能な電力量や使用形態に強い制約が課せられている。すなわち、電力伝送によって強い電磁界が発生している地点に人体や金属構造体が近づいた時の危険性や、周囲の電子機器への影響を考えると、自由な場所に存在する物体に無線給電可能な出力は極めて小さい値に限定される。

一方で、超音波による給電は、生体への安全性を確保した上で小型の素子に1W程度までのパワーを伝送できる可能性があり、周囲の電子機器に対する電磁干渉の問題も生じない。また超音波は空中での減衰が大きいので、装置の遠方まで想定外の伝送が生じることがなく、この点でも安全性の高い無線給電手法であるといえる。

電力伝送とは直接関係のないハプティクスの研究分野において、フェーズドアレイによって空中超音波を収束させ、安全性を保ったまま、人間の皮膚を刺激し、触覚提示するユーザーインターフェイスの研究が行われている[2,3]。本研究では、そのシステムを用いて無線給電を行うことを提案する。電磁界方式では困難な電力量を、生体への安全性を損なわずに伝送することで、近年活発に研究され実用化されているウェアラブル技術をはじめとして、ニーズが高まっている生体に近い環境でのセンシングやユーザーインターフェイスへの応用が可能であると考えられる。

そこで、本研究では、収束超音波による超音波無線給電の実現可能性を実験的に評価する。

2. 超音波給電の給電電力量の評価

本研究では、空中超音波触覚ディスプレイ AUTD (Airborne Ultrasound Tactile Display) の先行研究[4]と同様、図1に示す縦14cm、横18cmで、249個の振動子

を備えた音響フェーズドアレイを用いた。AUTDで発生させる空中超音波の周波数は、40kHzである。



図1 実験に使用した AUTD

水平に置いた1個のAUTDから発生させる超音波の焦点をAUTDの上面の中心位置から、縦辺と横辺の長さの間である15cmの位置に高さを設置した。この時、受信素子が受け取ることができる最大電力を評価した。なお、受信素子はフェーズドアレイに組み込まれているものと同一の超音波振動子 日本セラミック製 T4010A1 を用いた。実験概要図を図2に示す。この回路中の負荷抵抗の値を変化させながら負荷抵抗で消費される電力の最大値を求めた。

図3に示されるように、負荷抵抗が3kΩの時に受電電力が極大値をとり、その時負荷で消費された電力は0.17Wであることがわかった。0.17Wの電力は各種の小型無線素子や小型モーターを駆動可能な電力であり、今後様々な応用が期待できる。

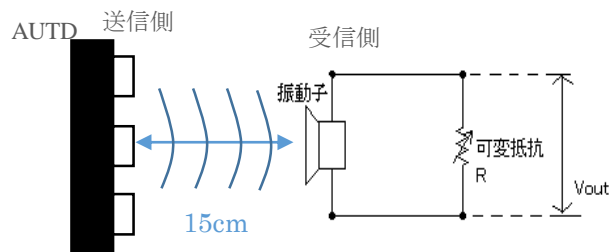


図2 実験概要図

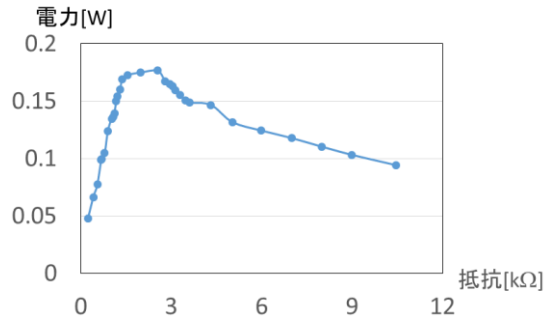


図3 負荷抵抗と得られる電力の関係

3. 超音波給電の電力供給範囲の評価

本実験では、超音波給電を応用し、移動体への給電を想定する上で、給電可能範囲は重要な要素の一つだと考え、2次元平面上で任意の点において均一に電力を給電するために、図4のような配置を用意した。

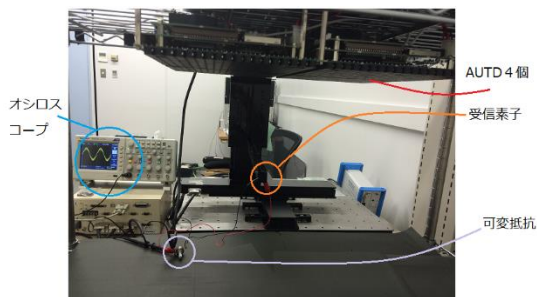


図4 実験時の配置

AUTDを上部に4個配置し、前述の実験と同じ受信素子を、XYステージに設置し、3kΩの負荷抵抗をとりつけた。

AUTDの送信面と受信素子の受信面の距離を20cmとし、受信素子をAUTD下に収まる20cm四方の平面内で移動させ、消費される電力を任意の点で測定し、評価した。

結果は図5のようになった。

図5から、AUTDを4個配置することで、均一に電力供給が可能な範囲ができ、一定の平面範囲内の任意の場所で給電することが可能であるといえる。

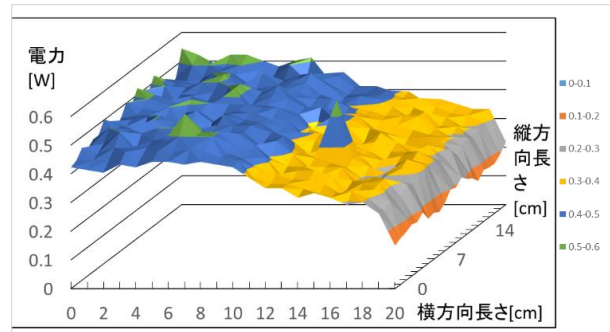


図5 AUTD上20cmの20cm四方の平面内での給電電力の分布

4. 結言

今回の研究から、AUTD単体で0.17W程度という、LEDなどの点灯には十分な電力が得られ、AUTDの台数を増やすことで均一な電力供給範囲を作り出したことから、空中超音波を用いた無線給電の実現は十分に可能であると結論づける。

今後の課題として、安定した電力受信を目指すために付属回路の設計が必要であり、また、受信素子を自動検出する方法の確立や無線給電のリアルタイム性の向上などがあげられる。

5. 参考文献

- [1] Da Meyer, Jr Smith, "Analysis, Experimental Results, and Range Adaptation of Magnetically Coupled Resonators for Wireless Power Transfer," Industrial Electronics, IEEE, United States, 2010.
- [2] Takayuki Iwamoto, Mari Tatezono, Hiroyuki Shinoda, "Non-contact Method for Producing Tactile Sensation Using Airborne Ultrasound," Haptics: Perception, Devices and Scenarios, Lecture Notes in Computer Science, Spain, 2008.
- [3] Takayuki Hoshi, Masafumi Takahashi, Takayuki Iwamoto, and Hiroyuki Shinoda, "Noncontact Tactile Display Based on Radiation Pressure of Airborne Ultrasound," IEEE Trans. on Haptics, Vol. 3, No. 3, pp.155-165, 2010.
- [4] Takayuki Hoshi, Yoichi Ochiai, Jun Rekimoto, "Three-dimensional noncontact manipulation of opposite ultrasonic phased arrays," Japanese Journal of Applied Physics, Japan, 2014.