

第7回留学報告書

Purdue University
School of Electrical and Computer Engineering
Ph.D. Student / Research Assistant
荒川 智洋

1. はじめに

早いもので、私のPh.D.プログラムも間もなく3年目が終わろうとしています。今回の報告書では、私が現在携わっている研究のひとつである、無線での情報と電力の同時伝送についてご紹介したいと思います。

2. 無線での情報・電力同時伝送

このプロジェクトは、これまで独立した研究分野であった、無線通信と無線電力伝送を組み合わせることで、より効率よく通信・電力伝送を同時に行うことを目的として始まりました。身近な無線通信技術の例としては、携帯電話のセルラー通信、WiFi、Bluetoothなどが挙げられます。また無線電力伝送の例としては、電動歯ブラシの非接触充電や、充電パッドに携帯電話を置くだけで充電ができるQi規格などが挙げられます。

無線通信の歴史は1890年代にイタリアの技術者、マルコーニによって無線電信機が発明されたことから始まります。当時はモールス符号を使ってメッセージのやり取りをすることが限界でしたが、信号線を用いることなく遠隔地へ情報を伝えることができるということは画期的であり、この発明をきっかけに、その後急速に無線通信技術の開発が進みます。電信機の発明から約50年後の1948年には、アメリカの電気工学者、シャノンによって発表された論文により情報理論という一つの研究分野が確立し、情報量の単位「ビット」の定義など、デジタル通信の基礎となる理論が揃います。その後も通信技術の発展は続き、現在は携帯電話で100Mbpsを超える通信ができるようになりました。

一方の無線電力伝送は比較的新しい分野と思われがちですが、実はその歴史は古く、1900年代の初頭にはアメリカの発明家、テスラが無線電力伝送装置を発表しています。しかし当時はその実用性に乏しく、またこのような技術があまり必要とされていなかったこともあり、その後は近年に至るまで大きな技術的進展はありませんでした。しかし最近になり、電線が不要であるという利便性、電極が無いという安全性などから無線電力伝送が再度注目されてきています。さらに2007年にはMITの研究者らが、2メートル以上離れた白熱電球を磁界共鳴と呼ばれる手法を用いて点灯させることに成功しました。これまでの実用的な無線充電の限界は数センチメートル程度であり、例えば携帯電話を充電パッドの上に「置く」必要がありましたが、

この実証実験により、無線充電機の近くに携帯電話を持っているだけで充電ができるというような可能性が示されました。

このように無線通信・無線電力伝送の技術はいずれも長い歴史を持っていますが、これまで二つの研究が相互に交わることはほとんどありませんでした。無線通信においては、情報を早く確実に伝送するために、例えば信号処理によって最適な電波の波形を生成したり、あるいは受信信号から電波が飛んでいる通信環境の推定をしたりします。すなわち、通信機に入る情報の前処理や、受け取った信号の後処理が主な研究対象となります。一方、電力伝送においては、電力をできる限り損失なく受信機へ届けることが求められます。この場合、無線機に入る信号や受け取る信号よりも、無線機そのものの回路構造やアンテナの形状、そして送受信機の配置などによって性能が大きく左右されます。このように目的が違うために研究の対象が異なり、結果として研究者たちが交わることはこれまであまりありませんでした。

しかし近年になり、これら二つの分野を合わせて研究しようという試みが見られるようになります。これはSimultaneous Wireless Information and Power Transfer (SWIPT) と呼ばれ、同じ伝送媒体を用いて電力伝送と情報通信を同時に行う技術を指します。この分野は比較的新しく、他にも様々な名称で呼ばれており、例えば通信を主に研究している人は通信信号からエネルギーを取り出すという意味でEnergy Harvestingという名称を使ったり、また回路設計をする場合はNear Field Communication (NFC) やRFID技術の一部として捉えていることもあります。いずれにしてもこの分野は発展途上であり、明確な定義はまだありません。

一般に最適な電力伝送の方法は、情報伝送のそれとは異なることが知られています。たとえば複数の伝送路が存在するとき（送信機と受信機の間がいくつかの種類の異なる電線で繋がっていることを想像してみてください）伝送電力を最大化するには、最も損失の少ない1つの伝送路を選びこれを利用して全ての電力を送信します。しかし通信速度を最大化するためには、複数の伝送路を使い、伝送路での電力損失の量に応じて送信電力を配分します。このように、電力伝送と情報通信では異なった手法が必要になるため、同時に両方を最大化することはできず、これら二つは一般にトレードオフの関係にあります。

これまでの私の研究では、無線通信で広く使われている「チャンネル推定」とよばれる手法を無線電力伝送に応用し、送受信機の回路構成を予め知らなくとも、最適な電力伝送を行うことのできる手法を提案しました。現在はこれをさらに応用し、より広い周波数帯域を使用して電力・情報伝送を行なった場合の性能の評価と、その最適化について研究をすすめています。現在は理論研究が先行しており実用化にはまだ時間がかかりそうですが、この技術は幅広い分野への応用が期待でき、たとえば心臓のモニタリング機能を備えた電池交換を必要としない植え込み型ペースメーカーや、充電が不要なワイヤレスヘッドホンなどがこれにより実現すると考えられています。

最後に、留学に関してこれまで様々なご支援を頂いている船井情報科学振興財団の皆様に対し、重ねて感謝を申し上げます。