

氏名	たけち おさむ 武市 統
学位の種類	博士 (情報学)
学位記番号	情博第106号
学位授与の日付	平成16年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	情報学研究科通信情報システム専攻
学位論文題目	マイクロ波送電技術による小電力情報機器給電に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 松本 紘 教授 森広芳照 教授 橋本弘藏

論文内容の要旨

マイクロ波送電技術とは、マイクロ波を用いて遠隔地に電気エネルギーを伝送する技術である。本論文では、小電力マイクロ波送電に関連する要素技術の研究およびそれらの応用研究を行った成果を取りまとめたものである。応用研究で対象とした小電力情報機器は、内部にレクテナ構造を持つ電子部品であるRFIDを選定し、今後のユビキタス社会を支えるRFIDに応用することで、これまで有線やバッテリーに頼っていた給電方法を改め、来るユビキタス社会で不可欠なユビキタス電源に対してマイクロ波送電が有用であることを示している。

本論文は6章から構成され、第1章では、序論としてマイクロ波送電技術の研究歴史をまとめると同時に、その特徴を述べている。マイクロ波送電技術は、無線通信のような電波を用いて情報を伝搬させる技術ではなく、送信した電磁波そのものをエネルギーとして受信し利用する技術であるため、システム全体が高い効率を持たなくてはならないことを論じている。マイクロ波送電システムの構成は、受電部、電磁波伝搬部並びに送電部などに大きく分けることができ、それぞれが高い効率で動作しなければならない上に、送電周波数制御や送電ビーム制御など、周波数・位相に関する高い操作性が要求され、加えて小型軽量化も同時に要求される。本章では本論文の構成も示されている。

第2章では受電部に関する課題を取り上げ、移動体への応用のためにレクテナの小型軽量化を行った研究成果を述べている。回路型式は1素子全波整流回路を用い、基板は薄い厚さの高い比誘電率基板で、かつ低コストや基板形状維持などの条件を考慮し、0.25mm厚さガラスエポキシ基板を使用した。高効率化及び小型軽量化を追求して整流回路の作製を行った結果、ブラウンが達成した重量・電力比1g/Wの記録を凌ぐ0.7g/Wを得ることに成功した。

第3章では電磁波伝搬部に関する課題に取り組み、非単一周波数であるパルスを利用し鋭いビームの形成を行った研究成果を述べている。アレー素子間隔を広げたアレーアンテナから鋭いメインビームとグレーティングローブ (GL) が生じるが、パルス送電によってメインビームを残しGLだけを抑圧する方法を提案し、計算機シミュレーションによりGL抑圧効果の実証を行なった。本方法がGL抑圧効果を有することを明らかにするとともに、アレー素子数が多いほど、またパルス幅が小さいほどその効果が高まることを示し、アレー素子間隔を広げたアレーアンテナからパルス送電を行うことで鋭いメインビームを形成することに成功した。

第4章では、送電部に関し、半導体を用いた汎用性に富む小型・小電力送電機の基礎となる小信号増幅用FETを用いた発振回路の開発ならびにそれらを用いた発振器アレーの開発を行なった成果を論じている。発振器はコルピッツ回路を用いた極めて簡素な構造で開発した。その効率は70%程で良好な特性が得られた。発振器間の同期方法は特定の位相特性を持たせた帯域阻止フィルターで発振器と発振器を接続する新たな方法を提案した。実験によって、本方法の同期効果を確認するとともに、外乱や電源ブッシングに対する耐力が向上するなど優れた特性を併せ持つことも明らかにした。この新たな同期方法を利用して、基準信号を必要としない簡素な構造の送電器の開発に成功した。

第5章では応用対象として、小電力情報機器 (RFID) への給電に関する研究を行った結果を述べる。RFIDの持つ課題

の1つは読み書き機器からの操作距離が短いことである。その解決方法として、補助的給電機器（チャージャー）を用いる新たな給電方法の提案及び廊下の自動認識システムへの適用を図る基本設計を行なった。廊下に配列させたチャージャーから連続波及びパルス波を送電させる計算機シミュレーションを行った結果、チャージャーから連続波を送電した場合よりもチャージャー近傍を一様に給電可能なパルス送電を行う方法が目的に合致し、より良い方法であると結論付けている。

第6章では本研究で得られた知見をまとめ結論とし、今後の課題を論じている。

論文審査の結果の要旨

未来の有望な発電方式と考えられている宇宙太陽発電所からのエネルギー輸送やユビキタス時代の無線給電や災害時の緊急無線送電などに、マイクロ波送電技術は今後ますます重要となっていくものと考えられる。本論文はその基礎研究として小電力マイクロ波送電に関連する要素技術の研究およびそれらの応用研究を行った成果を取りまとめたもので、得られた成果は以下のとおりである。

1. 移動体へマイクロ波送電を行うためには、移動体に設ける受電装置は小型かつ軽量でなければならない。本研究では、1素子全波整流回路方式を採用し、高比誘電率かつ低コストのガラスエポキシ基板を用いたレクテナを開発し、これまでの世界最小の重量・電力比 1g/W の記録を凌ぐ 0.7g/W を得ることに成功した。
2. 素子間隔を広げ、少ない素子数によるアレーアンテナで鋭い指向性を有しながらグレーティングローブ (GL) を抑圧できる方式として、新しくパルス送電方法を提案し、計算機シミュレーションでその有効性を確認した。この方法はアンテナ素子数が多いほど GL の抑圧効果が大きくなることも示し、将来の超大型マイクロ波送電アンテナに有望な方法を示した。
3. FET方式を用いた効率70%程度の良い特性を有する発振器アレーを設計製作し、極めて簡素な構造の送電器の開発に成功した。特定の位相特性を持たせた帯域阻止フィルターで発振器間を接続する独自の同期方法を発明し、実験でその同期効果を確認するとともに、外乱や電源プッシングに対する耐力が向上するなど優れた特性を併せ持つことを明らかにした。無線給電や無線充電を可能とする弱電空間実現のための簡便な送電器開発の端緒を切拓くものと評価できる。
4. 小電力情報機器 (RFID) の持つ読み書き機器からの操作距離が短いという欠点を補うために、補助的給電機器 (チャージャー) を用いる新たな給電方法を提案し、チャージャーから連続波送電方式とパルス波送電方式を計算機シミュレーションで比較し、チャージャー近傍を一様に給電できるパルス送電式が優れる事を示した。これにより、RFID用の新しい無線給電方式を示した。

以上要するに本論文は、小電力マイクロ波送電に関連する要素技術の研究およびその応用に関する研究を行い、新方式の提案や新技術の開発に成功したものであり、ユビキタス情報社会の基盤や新しい電磁波応用の観点から学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (情報学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成16年1月23日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。