

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 16 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22710079

研究課題名（和文）無線信号を利用した高効率エネルギーハーベスティング技術の研究開発

研究課題名（英文）Research and Development of High Efficiency RF Energy Harvesting Technology

研究代表者

安 昌俊（AHN CHANGJUN）

千葉大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：90453208

研究成果の概要（和文）：近年、無線通信とデジタル放送などの普及に伴い無償でRFエネルギーを周辺から得ることが可能となっている。RFエネルギーハーベスティングとは周辺から微弱なエネルギーを得ることで、ワイヤレスセンサーネットワーク、無線端末、医療機器の電源もしくは蓄電機器に応用することが可能となっている。本研究では、RFエネルギーハーベスティングに着目し、小型無線機器の電源として利用可能にする2.13GHzの4×4レクテナの開発を行った。試作したレクテナはISMバンドである2.13GHzで最大利得を得るように誘電率10、膜厚1.6mmのPTFT（Teflon）ボードを用いて試作を行い5.8dBiの利得を得ることが出来た。昇圧回路はTexas Instruments TPS61220を用いて試作を行った。電圧が0.7V～5.5Vで昇圧動作を行い特に入力電圧が1.2Vと出力電圧が3.3Vの際、電流により変換効率が少し変わり、1.7mAの際に変換効率は約80.9%となった。評価の結果、試作したレクテナを基地局から12m以内で置くとZigBee等の小型無線機器の電源として利用可能となる。

研究成果の概要（英文）：Recently, the availability of the free RF energy has increased due to advent of wireless communication and broadcasting systems. RF energy harvesting is the process of extracting small amount of energy from ambient environment. It can be used to power either portable electronic devices such as wireless sensing nodes, mobile phones, medical devices or to charge electrical storage devices (rechargeable battery or capacitor) which can be used at different time intervals for power applications. In this research, we focus on the RF energy harvesting and design the rectenna with a 4×4 patch antenna of 2.13 GHz for low power mobile devices. The rectenna element is a microstrip patch antenna with PTFT board of 10 dielectric constant and 1.6 mm thick that has a gain of 5.8dBi. A step-up converter is adopted the Texas Instruments TPS61220. The step-up converter is operated with load at 0.7V to 5.5V. If the output current is 1.7mA, the conversion efficiency shows 80.9%. From the evaluated results of RF energy harvesting system, the low power mobile devices such as Zigbee when we set the distance of 12m can be operated.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：環境学

科研費の分科・細目：環境技術・環境材料

キーワード：エネルギーハーベスティング、低消費電力小型無線機器、レクテナ

1. 研究開始当初の背景

太陽光、風力、振動等による発電、蓄電を行うエネルギーハーベスティング技術に注目が集まっている。エネルギーハーベスティングとは、周辺のエネルギーを能動的に収集・利用する環境発電を意味する。具体的には、圧電素子などを利用したエネルギー発電などがあげられる。しかし、環境発電は、自然現象からエネルギーを取り出すため、場所や時間などの影響を受けやすく、いつでも発電が可能ではない問題がある。近年、無線による電力伝送技術がエネルギー問題を解決する一つの方法として様々な検討が行われている。無線電力伝送技術は、米国の NASA を中心に宇宙から発電した電力を地球に送り出す技術として広く研究されている。日本においても、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と京都大学などが高エネルギーを中心とした研究が行われている。研究代表者も、高効率の無線電力伝送技術の実現に向け様々な研究を行い、電力効率 85%を達成している。無線電力伝送装置は高エネルギーを送るため、人体や環境への影響を十分考慮する必要がある。一方、携帯電話等の情報通信機器が様々な場所で使用できることからわかるように、無線信号は巷に溢れている。携帯電話等の無線信号からエネルギーをハーベスティングすることができれば、太陽光、風を取り入れることのできない場所や時間においても自由にエネルギーを得ることが可能となる。特に、人体や環境にも優しく、エネルギー資源の有効利用面から大きな意味も持つ。

2. 研究の目的

本研究では、空間上に無数に飛び交う携帯電話等の無線信号から効率良く発電するエネルギーハーベスティング技術とアクティブ RFID タグ、ZigBee、情報家電のリモコン送信機、自動車のキーレスエントリー等の小型無線機器まで多種多様な分野への利用可能な高効率蓄電技術の確立を目的とする。一般的に、小型無線機器を駆動させるため、必要な消費電力(電流)は、送信・受信時には約 40mA、待機時には約 $10\mu\text{A}$ が必要となる。まず、小型無線機器が待機状態を維持できる電流量、 $10\mu\text{A}$ を無線信号から発電することを目標とする。そのため、エネルギーハーベスティングに適した無線周波数帯に関するデータが必要となる。しかし、携帯電話等の無線信号から受信可能な電力に関するデータは無く、現実的に発電し得る電力量の目安を明確にする必要がある。従って、無線信号

の受信強度が極力場所に依存しない無線周波数帯を決定するために、電波環境調査を行う。また、ハーベスティングに適した無線周波数帯の無線信号を効率良く受信・発電できる受信アンテナとハーベスティング回路を設計し、発電量を明示する。

3. 研究の方法

日常空間において受信できる無線信号強度に関するデータがないため、研究代表者が保有しているスペクトラムアナライザを用いて、任意の数ヶ所において電波環境調査を行い、無線信号の受信強度が場所や時間といった条件に極力左右されない無線周波数帯を選定し、所望の無線周波数帯に適した受信アンテナ設計を行った。また、受信無線信号エネルギーを直流変換し電力を取り出す整流回路の最適化設計を行い、アクティブ RFID タグ、または ZigBee モジュールを用いての実機作動評価を行った。

4. 研究成果

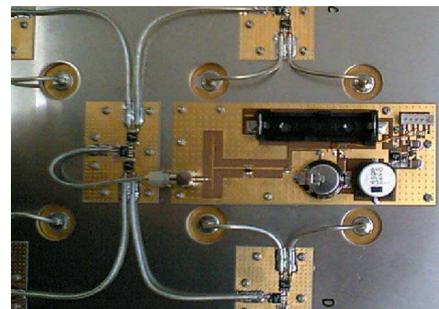
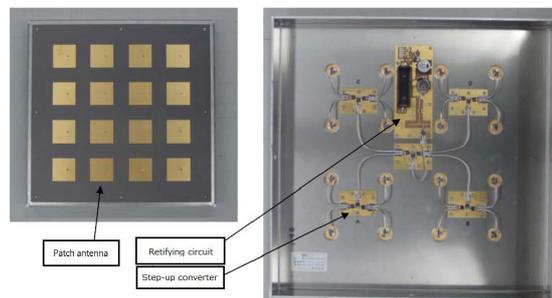


図1 試作したエネルギーハーベスティング装置。

図1は試作したエネルギーハーベスティング装置を示す。試作装置は CDMA の 2.12GHz と WCDMA の 2.14GHz において S パラメタ (S11) 特性が中心周波数から 3 dB レベル差以内に両周波数が含まれるように設計を行った。試

作した装置は、アンテナ部、電力合成部、整流・昇圧部で構成される。電力合成部は、一つのプリント基板で4個のパッチアンテナ素子からの受信電力を合成する。中央に配置したプリント基板は、同様に他のパッチアンテナからの電力を最終的に1つにまとめて受信電力を出力する。受信電力の出力は、整流・昇圧部のプリント基板にSMAコネクタで接続されている。整流部は、受信周波数に同調した効率の良い半波倍電圧整流回路を用いている。整流して得られた直流電力は、電気二重層コンデンサと電解コンデンサからなる平滑コンデンサによって、蓄電し平滑される。昇圧部は、フライバック方式のDC-DCコンバータ回路であり、平滑コンデンサの電圧が1.0V以上になると起動して3.3Vの安定化電圧を出力する。一旦起動した後は、電圧が0.7Vに低下するまで昇圧動作を行う。充電可能なNi-HM電池は、受信電力を長時間に渡って充電するときや3.3Vの出力電圧を試験的に発生させたいときなどに電池ホルダに装着して使用する。

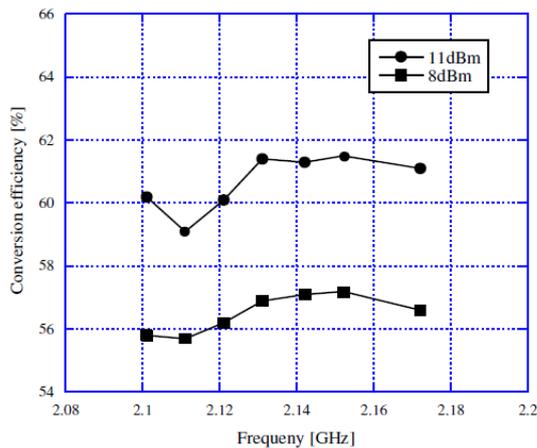


図2 RF-D C変換効率

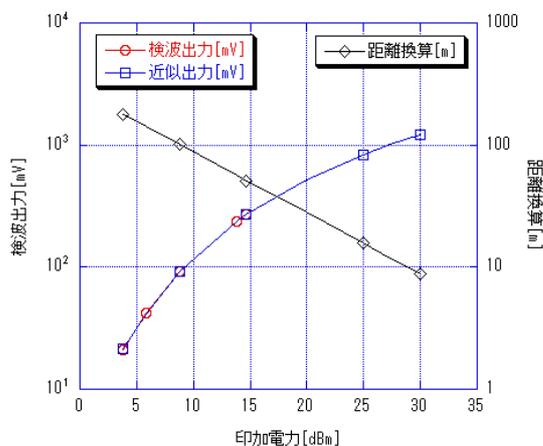


図3 受信特性と距離換算値

図2は様々な周波数においてRF-D C変換効率を示す。注目する内容は入力電力を8dBmと11dBmに変更しながら周波数を2.1GHzから2.171GHzまで変換すると全体的な変換効率は56%以上を実現している。また、入力電力の値が大きくなると変換効率も大きくなるとの傾向が見られた。

図3は基地局の印加電力に対する受信特性と距離換算値を示す。検波出力は実測値であり、距離に対し変化する。図3から分かるように距離が180m離れた場合、検波出力は21mVであった。また、距離が100m離れた場合に検波出力は92.6mVであった。この結果から近似を行うと検波出力が1V以上になる距離は基地局から12m以内である必要があった。試作したレクテナを基地局から12m以内で置くとZigBee等の小型無線機器の電源として利用可能となる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

1. Chang-Jun Ahn, "Prototype of 5.8GHz Wireless Power Transmission System for Electric Vehicle System," 査読有, Journal of Selected Areas in Renewable and Sustainable Energy (2012), 出版予定.

[学会発表] (計4件)

1. Chang-Jun Ahn, "Development of RF energy harvesting and charging circuits for low power mobile devices," IEICE Technical Report, CS2011-128, pp. 161-164, March 2012.
2. Chang-Jun Ahn, "Development of RF energy harvesting and charging circuits for low power mobile devices," Proc. of International Conference on Circuits, Systems, Control and Signals (CSCS 2011), pp. 131-134, Prague, Czech Republics, September 2011.
3. Chang-Jun Ahn, "Prototype of 5.8GHz Wireless Power Transmission System for Electric Vehicle System," IEICE Technical Report, CS2010-108, pp. 215-218, March 2011.
4. Chang-Jun Ahn, Takeshi Kamio, Hisato Fujisaka and Kazuhisa Haeiwa, "Prototype of 5.8GHz Wireless Power Transmission System for Electric

Vehicle System, Proc. of IEEE
International Conference on
Environmental Science and Technology
(ICEST 2011), Singapore, vol.1
pp.128-131, February 2011.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.em.eng.chiba-u.jp/~junny/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安 昌俊 (AHN CHANGJUN)

千葉大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：90453208

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし