

大規模屋内空間の効率良い計測に向けた 小型・省電力アンビエントセンサの設計開発

森田達弥[†] 藤原聖司[†] 荒川豊[†] 諏訪博彦[†] 安本慶一[†]

[†]奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科

1 はじめに

ショッピングモールなどの大規模屋内空間では、人が集中することにより特定の場所の温度が極端に上昇する現象がしばしば発生する。ホットスポットを検出し、快適な空調を実現するためには、広大な屋内空間の隅々の温度を継続して計測するセンサーネットワークが必要である。ショッピングモールのような大規模空間を効率良くかつ低コストにセンシングするためには、設置場所の制約が少なく長期間バッテリー交換なしに駆動可能な超小型・超低消費電力な無線センサノードが求められる。

本稿では、マルチセンサノード SenStick に環境発電モジュールを追加した新しいセンサノードの設計開発に向け、環境発電技術の調査結果、システムの設計及び消費電力測定の結果を述べる。

2 アンビエントセンサの省電力化

大規模空間に多数のセンサを設置することを想定した場合、小型かつ省電力で無線通信可能なセンサが求められる。本研究では、大規模空間での効率良い計測の実現に向け、著者らがこれまでに開発し、使用してきた超小型マルチセンサノード SenStick[1]を用いる。図1に示す SenStick は、5cm×1cm、4g という超小型基盤の上に、6種類(8機能)のセンサが搭載されたセンサノードである。無線通信には、BLE (Bluetooth Low Energy) を採用している。センサノードの省電力化において、センサそのものの省電力化、環境発電技術、通信の省電力化の3点を考える必要がある。本研究では、環境発電技術を用いた省電力化を図り、各センサの駆動、フラッシュメモリへの書き込み・削除、BLEによる無線通信を環境発電モジュールから得られる電力によって実現するシステムの設計開発を行う。



図 1: SenStick の概要

3 環境発電技術

環境発電技術とは、熱、振動、光、電波など、周りの環境に存在するエネルギーを電気エネルギーへ変換する技術である。大規模屋内空間に多数のセンサ群を設置した場合、電源配線は困難であり、また、定期的な二次電池の充電や電池の取り替えは運用コストが高い。そのため、環境発電による電源確保が有力な手段となる。

本研究の目的である大規模屋内空間でのセンシングに合致しているエネルギー源は、光エネルギーや電波エネルギーである。電波エネルギーは、テレビ放送波や携帯電話の電波など屋外で観測できるもの、電子機器による漏れ電波や Wi-Fi など屋内で観測できるものがある。また、電波の少ない場所でも、電磁波の送信源を設置して「無線給電」として利用することが可能であるため、環境発電にとって有用なエネルギー源となる[2]。しかしながら、電波による発電は設置場所により電波状況が大きく異なるため発電量が安定せず、電波送信源を設置することも法令によって規制されているため困難である。そこで本研究では、比較的安定して確保できる光エネルギーを電気エネルギーへ変換する太陽電池モジュールを用いる。

4 アンビエントセンサシステムの構成

提案する太陽電池モジュールを用いたアンビエントセンサシステムの構成を図2に示す。システムは、太陽電池モジュール、PMU (Power Management Unit)、

Development of Small and Low-power Ambient Sensor for Efficient Sensing of Large-scale Indoor Space

Tatsuya MORITA[†], Masashi FUJIWARA[†], Yutaka ARAKAWA[†], Hirohiko SUWA[†], and Keiichi YASUMOTO[†]

[†]Nara Institute of Science and Technology

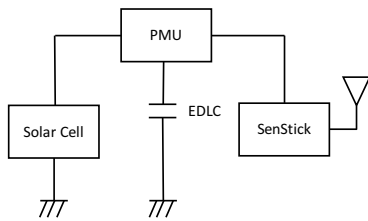


図 2: アンビエントセンサシステムの構成概略図

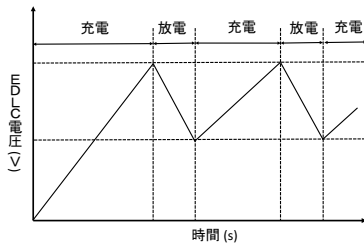


図 3: 間欠動作時の電圧の変化

蓄電池及びセンサノードである SenStick で構成される。動作の流れとしては、まず、環境光のエネルギーを太陽電池モジュールにより電気エネルギーへ変換する。変換された電力は PMU へ送られる。PMU では、SenStick を起動するのに十分な電力が送られている場合は、SenStick を連続動作させつつ蓄電池への充電を行う。電力が不足している場合は、蓄電池へ充電しつつ設定電圧に達した時にのみ SenStick を起動する間欠動作を行う。

間欠動作時のシステムの動作電圧の変化を図 3 に示す。間欠動作の場合、蓄電池への充電及び放電を繰り返す。このような特性から蓄電池には EDLC (Electric Double-Layer Capacitor) を用いる。EDLC は充放電の繰り返しによる電極への影響がないため、サイクル寿命は数万～数十万回と長寿命である。

5 SenStick の消費電力測定

予備実験として SenStick の消費電力測定を行った。SenStick は BLE のアドバタイズ間隔を設定できる。今回はアドバタイズ間隔を 1 秒として測定を行なった。図 4 に測定結果を示す。消費電力は (a) 常時消費される電力、(b) 1 秒間隔で消費される電力、(c) 3 秒間隔で消費される電力の 3 つに分けられる。まず (a) は、常時駆動しているセンサの消費電力である。約 21mW の電力が常時消費されていることがわかる。次に (b) は、BLE 通信の際に消費される電力である。約 33mW の電力がアドバタイズ毎に消費される。最後に (c) は、フラッシュメモリのセクタ消去時に消費される電力である。最大 48mW の電力が消費されている。標準的なオ

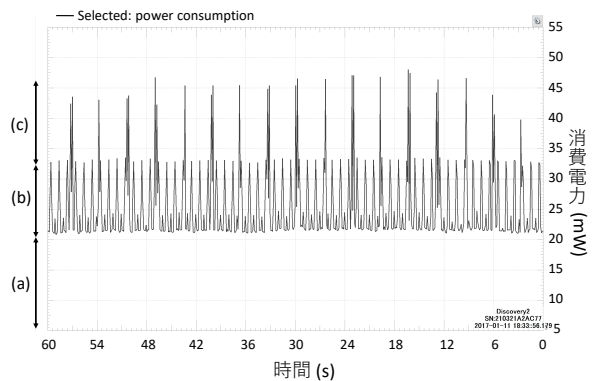


図 4: SenStick の消費電力測定結果

フィスの照明からはおよそ $100\mu\text{W}/\text{cm}^2$ の電力が得られると報告されている [3]。今回の測定で得られた最大消費電力 48mW を太陽電池のみで賄うのならば、およそ 500cm^2 のパネルが必要になる。このような大きさのパネルを屋内へ大量に設置することは現実的ではないため、今後は間欠動作するシステムの設計を行っていく。

6 おわりに

本稿では、SenStick のエネルギーハーベスト化へ向け、大規模屋内空間に適した環境発電技術の調査、アンビエントセンサシステムの構成の検討、SenStick の消費電力測定を行なった。今後は、システムの詳細な設計開発及び評価実験を行なっていく。

謝辞

本研究成果は、国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT) の委託研究「未来を創る新たなネットワーク基盤技術に関する研究開発」により得られたものです。

参考文献

- [1] Y. Nakamura, Y. Arakawa, and K. Yasumoto, Senstick: a rapid prototyping platform for sensorizing things, Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU), 2016 Ninth International Conference on IEEE, pp.1–6 2016.
- [2] Y. Kawahara, Energy Harvesting from Electromagnetic Waves and Its Application, Journal of the Japan Society of Applied Electromagnetics and Mechanics, vol.22, No.3, pp.380–385, 2014.
- [3] J. Paradiso, T. Starner, Energy scavenging for mobile and wireless electronics, Pervasive Computing, Vol.4, No.1, pp.18–27, 2005.