

省電力アンビエントセンシング技術の調査と センサネットワークへの導入に向けた検討

梅木 寿人[†] 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

1 はじめに

近年, IoT 機器や様々なセンサが社会に広がりつつある。現在は, こうしたセンサからの情報はインターネットを介してクラウドに集約され処理される。しかしながら, ネットワークキャパシティや消費電力の観点から, 一部の処理をセンサに近い側で行う, IFoT[1]と呼ばれるアーキテクチャが提案されている。IFoTでは, センサの中, あるいは近傍にプロセッシングユニットと呼ばれる低消費電力なノードが配置されていると想定し, それらノードでの分散協調処理によりセンサデータ処理の効率化を狙っていく。一方, センサネットワーク維持において, 給電のための配線や電池交換の手間が問題となっており, 駆動電力を太陽光などの環境から得られる電力でまかなう省電力アンビエントセンシングへの要求が高まっている。本稿では, プロセッシングユニット, センサ, 通信モジュールの消費電力を踏まえ, これらを自然エネルギーで駆動するためのエネルギーハーベスティング技術 [2] に関する関連技術の調査結果をまとめ, センサネットワークへ導入する手法について検討する。

2 エナジーハーベスティング技術と省電力アンビエントセンサ

本研究で想定しているセンサノード構成を図1に示す。センサノードは省電力センサからセンサデータを取得し, プロセッシングユニットがセンサデータの処理を行い, 通信モジュールがクラウドサーバにデータを送信する。また, センサノードはエネルギーハーベスティング技術を用いて, 自然エネルギーで駆動する。

2.1 エナジーハーベスティング技術

エネルギーハーベスティング技術 [2] は, 主に光エネルギー, 力学的エネルギー, 熱エネルギーの他, 環境電波などのエネルギー源を電気エネルギーに変換する技術である。エネルギーハーベスティング技術を組み込ん

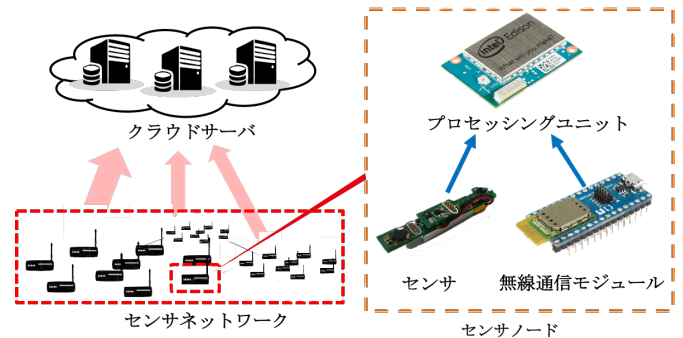


図 1: 想定するセンサ構成

だシステムを構築することで, 定期的に点検・交換する必要のある二次電池に関わる充電コスト削減が期待されている。

エナジーハーベスティングなセンサとして動作が報告されているものとして, 振るエネルギーを回収する TWE-Lite¹や EnOcean の温湿度センサや開閉センサ²などがあるが, 変換効率が規模によって変化せず任意の規模で設置することができる光エネルギーを利用した発電が最も普及している。

2.2 センサ

9軸センサ, 気圧センサ, 温湿度センサ, UV センサ, 照度センサといった一般的なセンサの消費電流について表1にまとめた。気圧センサは数 μA から動作するが, 他のセンサは数百 μA となり, 特に温湿度センサの消費電流が大きいことがわかる。しかし, 市販製品の消費電流はそれぞれ気圧センサ: 1mA, 温湿度センサ: 300 μA , UV センサ: 250 μA , 照度センサ: 240 μA で動作するものが多く, 気圧センサをみると比較的消費電流の高いものが流通していることがわかった。

2.3 プロセッシングユニット

プロセッシングユニットは, センサノードにおける演算処理を担う。センサネットワークによく用いられている Raspberry pi や Edison などに搭載されているプロセッサについて表2にまとめた。ARM1176はクロック周波数が900MHzと高速だが, 消費電力が非常に

Survey of energy harvesting technology to realize low-power ambient sensing

Kazuhito Umeki[†], Masashi Fujiwara[†], Yutaka Arakawa[†], Hirohiko Suwa[†] and Keiichi Yasumoto[†]

[†]Graduate School of Information Science, NARA INSTITUTE OF SCIENCE and TECHNOLOGY

630-0192, Nara, Japan

{fujiwara.masashi.fe8, umeki.kazuhito.uf7, ara, h-suwa, yasumoto@is.naist.jp}@is.naist.jp

¹<http://mono-wireless.com/jp/products/TWE-LITE-SWING/>

²<https://www.switch-science.com/catalog/2381/>

表 1: センサの消費電流比較表

センサの種類	消費電流
9軸センサ	280 μ A ~ 6.1mA
気圧センサ	4 μ A ~ 1mA
温湿度センサ	45 μ A ~ 950 μ A
UV センサ	60 μ A ~ 250 μ A
照度センサ	120 μ A ~ 240 μ A

表 2: PU の消費電流比較表

PU の種類	搭載先	消費電流
Intel Atom	Intel Edison	90mA
Intel Quark	Arduino	6 μ A ~ 680mA
ARM1176	Raspberry Pi	100 μ A ~ 1A
ARM Cortex-M0	LPC1100	5.5mA
ARM Cortex-M3	mbed	11.52mA
ARM Cortex-M4	LPC4072	300 μ A ~ 10mA

高い。ARM1176 と比べると Intel Atom は 500MHz, Intel Quark は 100MHz と、クロック周波数は劣るものの、消費電力が小さいという特徴がある。ARM Cortex-M シリーズはコストと消費電力を重視しており、小型・低消費電力である。

2.4 通信モジュール

センサに利用される代表的な無線通信方式として IEEE802.11(Wi-Fi), BLE(Bluetooth Low Energy), IEEE802.15.4(ZigBee), EnOcean といった一般的な通信モジュールの消費電流について調査した内容を表 3 にまとめた。IEEE802.11 は通信速度は 11~54Mbps と高速で通信距離も長い、消費電力が大きい。IEEE802.15.4 は通信速度は 250kbps と遅いが、小型・低価格・低消費電力であることが重視されている。EnOcean は、EnOcean 社によって開発された独自通信規格であり、125kbps と低速ながら極めて低消費電力であり、通信距離も非常に長い。また、太陽電池やスイッチの動きに基づく、エネルギーハーベスティングセンサが市販されているのも EnOcean の大きな特徴である。BLE は 1Mbps と高速であり、低価格、低消費電力であることが重視されているが、通信距離が他の規格と比べると劣る。

3 センサネットワークへの導入に向けた検討

本研究で想定するセンサノードについて、2章でまとめた調査結果から検討する。センサネットワークには小型かつ省電力で無線通信可能なセンサが求められるため、本研究では共著者の荒川らがこれまでに開発、あるいは使用している超小型マルチセンサデバイス SenStick[3]を用いる。プロセッシングユニットと通信規格として、省電力かつ、処理速度が高速であり、IoT

表 3: 通信規格の消費電流比較表

通信規格の種類	通信距離	消費電流
IEEE802.11	100m ~ 300m	200mA ~ 290mA
IEEE802.15.4	10m ~ 75m	17 mA ~ 30mA
BLE	2.5m ~ 50m	12mA ~ 25mA
EnOcean	300m	23mA ~ 27mA

デバイス開発に適したものが求められるため、本研究では、Intel Atom を搭載している IoT デバイス開発に適した Intel Edison と、スマートフォンで受信可能であり通信速度が高い BLE を採用する。

4 まとめ

本稿では、エネルギーハーベスティング技術と、センサ、通信モジュール、プロセッシングユニットに関する調査を行った。センサネットワークノードとしては、プロセッシングユニットとして、処理効率と、消費電力効率が高い Intel Atom を採用している Intel Edison、通信モジュールとして、スマートフォンで受信可能な BLE、センサとして、超小型マルチセンサデバイス SenStick、発電方式として、任意の規模でセンサを設置することが可能である光エネルギーの組み合わせが適切であると考えられる。

今後の展望として、省電力センサおよび通信モジュールなどで実際にセンサノードを作成し、システムの構築・実用化にむけたさらなる検討を行う。

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ある。

参考文献

- [1] K. Yasumoto, H. Yamaguchi, H. Shigeno: Survey of Real-time Processing Technologies of IoT Data Streams, Journal of Information Processing, Vol. 24, No. 2, pp. 195 - 202, 2016.
- [2] Seah, W.K.G., Eu, Z.A., Tan, H.-P.: Wireless Sensor Networks Powered by Ambient Energy Harvesting (WSN-HEAP) - Survey and Challenges, Proceedings of CTIF Wireless VITAE 2009, Aalborg, Denmark
- [3] 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.