

Himawary:太陽追尾機能を有する発電式小型無線センサノード

滝雅史^{†1} 野中直樹^{†2} 中下岬^{†1} 岩井将行^{†2}

我々は、土砂災害等の自然災害をモニタリングするために、ソーラパネルを用いた長期利用可能な小型センサノードの開発を行った。しかし、ソーラパネルによる発電は、太陽光の量や照射角度により変化する。また、環境モニタリングは、設置スペースに制約がある場所や、太陽光が強く当たらない場所への設置を可能とするために、出来るだけ小規模なソーラパネルで効率よく太陽光を集める必要がある。そこで本研究では、太陽の方角を測定し、常に太陽の方角を向く、太陽追尾機能を有する発電式小型無線センサノードを開発することを報告する。

Himawary:Power Generation Type Small Wireless Sensor Nodes with Sun Tracking System

TAKI MASAFUMI^{†1} NONAKA NAOKI^{†2} NAKASITA MISAKI^{†1}
IWAI MASAYUKI^{†2}

Towards monitoring the natural disasters such as landslides, we have developed small sensor nodes using a solar panel for a long-term usage. However, generated power by solar panel is instability depending on the amount and the irradiation angle of sunlight. Moreover, In environmental monitoring, there is a need to collect efficiently solar light in a small solar panel as possible to allow installation in the places where the sunlight shines weakly or where space is limited. In this research, we have developed a sensor node system a power generation type small wireless sensor node having a sun tracking function, which can measures the direction of the sun and always face the direction of the sun.

1. はじめに

1.1 研究背景

近年、センサノードの長期稼働を実現する方法として、センサノードへのエナジハーベスティングの適用が注目されている^[1]。エナジハーベスティングは太陽光や振動など、周囲に存在するエネルギーを収集して電力に変換する技術であり、このエナジハーベスティングを電源に利用することでセンサノードは長期間利用することができる^[2]。また、環境モニタリングを目的とした無線センサノードは、電池交換の手間がある。ノード数が増えれば人件費が多くなる、また山岳部等の危険な場所に設置してある場合には、交換する者の怪我のリスクが生じると考えられる。

そこで我々は、土砂災害等の自然災害をモニタリングするのを目的に、ソーラパネルを用いた長期利用可能な小型センサノードの開発を行った^[3]。しかし、ソーラパネルによる発電は、太陽光の量や照射角度により変化する。また、環境モニタリングは、設置スペースに制約がある場所や、太陽光が強く当たらない場所への設置を可能とするために、出来るだけ小規模なソーラパネルで効率よく太陽光を集める必要があると考えた。

1.2 Himawary の提案

本研究では、太陽の方角を測定し、常に太陽の方角を向

く、太陽追尾機能を有する発電式小型無線センサノード Himawary を提案する。GPS センサにより、現在位置の緯度と経度を取得し、そこから太陽の方位と高度を計算し、サーボモータ(チルト・パン)によりソーラパネルを太陽の方角に向け、効率よく太陽光を収集することを目指す。

1.3 関連研究

すでに太陽を追尾するソーラシステムの研究はいくつか行われている。斉藤らの研究^[4]では、太陽追尾センサを用いたもの、本研究と同じく緯度と経度から太陽の方向と高度を取得するもの、その二つを兼ね備えたものが存在する。本研究との主な相違点としては、センサノードの大きさである。これらはどれも大型であるため損壊のリスクが大きく、また小型のセンサノードへの搭載は現実的ではない。

また、エナジハーベスティングを取り入れた無線センサノードにおいても様々な研究が行われている。南らの研究^[5]では、エネルギー源として小さな太陽電池を搭載した電気二重層コンデンサの組み合わせを使用したバッテリーレス無線センサネットワークシステムの設計と実装を行っている。本研究との主な相違点は、この研究では、無線ネットワークに焦点を当て、消費電力の少ないネットワークシステムを開発することでエナジハーベスティングを行っている。

^{†1} 東京電機大学大学院未来科学研究科情報メディア学専攻
Tokyo Denki University, Graduate School of Science and Technology for
Future Life mail:

^{†2} 東京電機大学未来科情報メディア学科
Tokyo Denki University, School of Science and Technology for
Future Life, Department of Information Systems and Multi-
media Design

2. Himawary

2.1 構成機器

Himawary を構成している機器について以下で説明する.

① GPS シールド

FastraxUP501 を搭載した elecfreaks 社製の GPS シールド. GPS から NMEA フォーマットの情報が送信され, 時間, 緯度経度, 方位, 海拔高さなどの情報を取得できる.

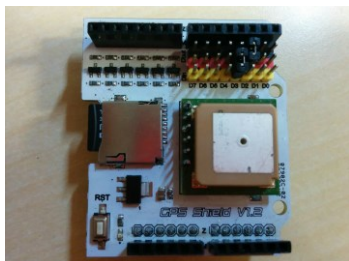


図 1. GPS シールド

② Xbeewifi

インターネットの標準プロトコルを搭載しており, XBee Wi-Fi 単体で IP ネットワークに参加することが出来る通信モジュール. センシングデータの収集するために使用する.



図 2. XbeeWifi

③ Seeeduino stalker v2.3

Seeeduino stalker はマイコンボードである arduino の互換機である. この機器は, ソーラパネルソケット, バッテリ充電機能, XBee ソケット, RTC(リアルタイムクロック), SD カードを標準で搭載しているため, 本研究の用途として適していると考えられる.

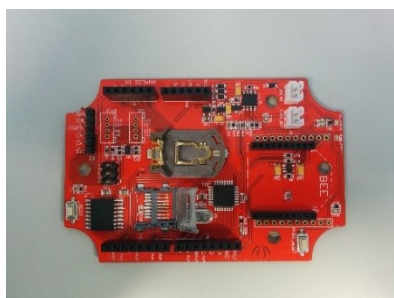


図 3. SeeeduinoStalker

④サーボモータ (HiTEC HS-422)

サーボモータはマイコンが内蔵されており位置, 速度等を制御する用途に使用するモーターである. 本研究で用いるサーボモータの回転角度は 0 度~180 度である.



図 4. サーボモータ

⑤その他機器

・ 10DOF 10

自由度の慣性計測装置. 3 軸ジャイロスコプ(L3GD20)に 3 軸コンパス・3 軸加速度センサ(LSM303DLHC)、温度・気圧センサ(BMP180)の 3 つのモジュールが載っている.

・ バッテリ

リチウムイオンバッテリー. 3.7V 1000mAh

・ ソーラパネル

発電電力 0.5W, 大きさ 55mm×70mm

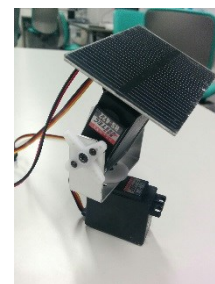
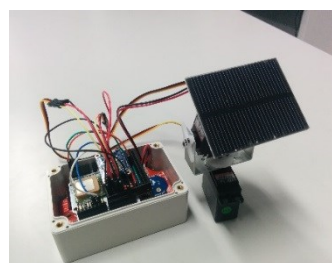


図 5. Himawary の外観

3. 太陽追尾方法

3.1 概要

GPS センサから現在地の緯度と経度, RTC から時間, 日時を取得し, それらからその時の太陽の方位角と高度を求める. その後, 10DOF の内蔵されたコンパスで Himawary の向きを求め, 二つのサーボモータにより, 求めた太陽の方角にソーラパネルを向け, 太陽光を採取する.

3.2 太陽の高度, 角度計算

太陽の高度と方位角は緯度, 経度, 日時によって計算することができる. その計算方法以下に示す[5].

計算地点の緯度を φ [rad], 経度を λ [rad], 元旦を始点した通し日数を D , 時刻を T とする.

まず, 天体の位置を表す値の赤緯 δ [rad] を求める.

$$\begin{aligned} \delta = & 0.006918 - 0.399912 \cos(\theta) + 0.070257 \sin(\theta) \\ & - 0.006758 \cos(2\theta) + 0.000907 \sin(2\theta) \\ & - 0.002697 \cos(3\theta) + 0.00148 \sin(3\theta) \end{aligned}$$

ここで θ [rad] は

$$\theta = 2\pi(D - 1)/365$$

一日のうちの昼間の長さは季節によって変化し, この変化の差は均時差 e [rad] と呼ばれ, 次式で表される

$$e = 0.000075 + 0.001868 \cos(\theta) - 0.032077 \sin(\theta) \\ - 0.014615 \cos(2\theta) - 0.040849 \sin(2\theta)$$

時角 $H[\text{rad}]$ は、

$$H = (T - 12)\pi/12 + \lambda - 135 \cdot \pi/180 + e$$

と示される。

以上の値から太陽の高度と方位角を求めることができる。
太陽の高度 $\alpha[\text{rad}]$ は、

$$\alpha = \text{asin}(\sin(\delta) \sin(\varphi) + \cos(\delta) \cos(\varphi) \cos(H))$$

と表せる。

太陽の方位角 $\mu[\text{rad}]$ は、

$$\mu = \text{atan}\left(\frac{\cos(\lambda) \cos(\delta) \sin(H)}{\sin(\lambda) \sin(\alpha)} - \sin(\delta)\right)$$

と示すことができる。

3.3 太陽追尾

前節で現在地の緯度と経度、時間から太陽の高度と方位角を求めた。太陽を追従するためにはまず 10DOF に搭載されたコンパスで Himawary の向いている方位を取得し、センサノードから見た太陽の方位を計算する。読み取ったソーラパネルをサーボモータにより求めた太陽の方角に向ける。サーボモータの回転角は 0 度から 180 度までまのに対し太陽の方位角は 360 度であるため、ただ回転させているだけでは方位の全てをカバーすることはできない。そこで、180 度を越えた場合には、太陽の方位の 180 度逆に方位を示すサーボモータ(パン)を向け、高度を示すサーボモータ(チルト)を本来の角度に 90 度加えた角度にすることにより、ソーラパネルを太陽の方角に向ける。

サーボモータを動かす角度を計算するソースコードを下記に示す。

```
if(nowAngle >= sunAngle){ //センサノードから見た太陽の方角を計算する
    realSunAngle = (int)(360-(nowAngle-sunAngle));
}
else{
    realSunAngle = (int)(sunAngle-nowAngle);
}

if(0<=realSunAngle&&realSunAngle<90){ //方位がサーボモータ回転角の範囲内か調べる
    PanAngle = an+90;
    TiltAngle = H;
}
else if(90<=realSunAngle&&realSunAngle<180){
    PanAngle = realSunAngle - 90;
    TiltAngle = H+90; //回転角を超える場合は、太陽高度に90度を加える。①
}
else if(180<=realSunAngle&&realSunAngle<270){
    PanAngle = realSunAngle-180;
    TiltAngle = H+90; //①同じ
}
else{
    PanAngle = an-270;
    TiltAngle = H;
}
```

図 6. サーボモータの動作角度計算プログラム

3.4 実験概要

実際に屋外に一日中置きバッテリー残量の変化に主を置き調査する。計測場所としては東京電機大学 1 号館 6 階のルーファードで測定を行う。計測の方法として機材に XbeeWifi とセンサを接続し、センサから取得したデータを wifi 経由で PC に転送するといったやり方を用いる。

4. おわりに

今回、小型のセンサノードを様々な場所でも効率よく電力を得るために、緯度と経度から太陽の方位角と高度を計算し太陽を追従するソーラパネルを作成した。今回は、太陽光を効率よく採取することに重きをおいたが、今後は無線センサネットワークなどにも焦点を当て、より効率よくエナジハーベスティングを行うことが可能なセンサノードの開発を行う。

謝辞

本研究は H27 科研費若手研究(A)(代表者:岩井将行, 課題番号:25700007)の一部により行われている。

また今回、動画制作の補助をメインで行っていただいた樋渡和憲さん、研究の補助を色々行ってくれた東京電機大学実空間コンピューティング研究室の方々に感謝する。

参考文献

- [1] A.Kansa and M.Srivastava “An environmental energy harvesting framework for sensor networks”Proc. Of the 2003 International Symposium on Low Power Electronics and Design,pp.481-486,Marth.2003.
- [2] 小泉達也, 笹瀬 巖” エナジハーベスティング無線センサネットワークにおけるバッテリー駆動のセンサノードによるパケットのオーバーヒアを利用したデータ収集方式”, 電子情報通信学会技術研究報告. AN, アドホックネットワーク 112(405), 97-102, 2013-01-17.
- [3] 高橋健悟, 中下岬, 近藤亮磨”太陽光発電を利用した簡易防災検知センサノードの実装と電力消費量の評価”電子情報通信学会, 2014
- [4] 齊藤健司, 安彦義哉, 鳥谷和正, “集光型太陽光発電システムの開発”, S E I テクニカルレビュー・第 182 号 p.21, 2013.
- [5] Masateru MINAMI, ” Solar Biscuit: A Battery-less Wireless Sensor Network System for Environmental Monitoring Applications”, In Proc. of the 2nd International Workshop on Networked Sensing Systems, 2005.
- [6] 汪少哲, 岩井将行, 瀬崎薫, ”再生可能エネルギーを利用した大規模 WSN の長期運用手法”, 電子情報通信学会技術研究報告. IN, 情報ネットワーク 112(464), 101-106, 2013-02-28.