

課題情報シート

テーマ名	低消費電力型無線センサノードの開発及び製作				
担当指導員名	安部 恵一	実施年度	平成 23 年度		
施設名	東海職業能力開発大学校附属浜松職業能力開発短期大学校				
課程名	専門課程	訓練科名	電子情報技術科		
課題の区分	総合製作実習課題	学生数	2	時間	19 単位 (342h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

2010 年度の総合制作実習では、無線センサネットワーク技術を用いた家庭用エネルギー管理システム (HEMS) の開発を行ったが、このシステムで開発した無線センサノードは、DC9V 電池 1 本で約 8 時間程度しか稼働できないという課題がありました。

そこで、2010 年度に開発した無線センサノードをベースに以下の 3 点の改良を行うことで無線センサノードの低消費電力(アルカリ単三電池 1 本で 1.5 年以上の稼働時間を基準)を行い、最終的に小型太陽電池を用いて長時間稼働できる無線センサノードの開発及び製作を目的としました。

- 1) マイコン、無線通信モジュール、周辺回路(センサ回路)全て間欠制御方式を採用する
- 2) 電源部にエナジーハーベスティングデバイス(小型太陽電池)を活用する
- 3) 無線センサノードの電源電圧を低電圧化(DC5V⇒DC3V に下げる)する

無線センサノードの製作費用を低減するため、安価な部品でしかも入手がしやすい部品として、無線通信モジュール(X B e e®)、マイコン(PIC18F2320)、各種センサ部品などを選定しました。また無線センサノード自身の省電力化を図るために、無線センサノードの待機時消費電力の省電力化を行うデザインとしました。具体的には待機時にマイコン並びに無線モジュールを省電力化モード(スリープ)に移行すると同時に、周辺回路の電源供給ラインも遮断させることで、無線センサノード自体の省電力化を極限まで行う方式としました。さらに太陽電池(発電電圧 0.5~0.7V程度)と接続して駆動できるよう DC-DC コンバータ回路(TPS61200/TI製)で昇圧させ、出力側は DC3V、100mA 程度の出力が得られる設計としました。

【訓練（指導）のポイント】

専門課程で教えていない PIC マイコン開発や無線センサネットワークなどが主になるため、事前に教育などをして、習得させる必要があります。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 東海職業能力開発大学校附属浜松職業能力開発短期大学校
住所 : 〒432-8053 静岡県浜松市南区法枝町 693
電話番号 : 053-441-4444 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/shizuoka/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

低消費電力型無線センサノードの開発及び製作

電子情報技術科 中川 昂典 三上 翔也

1 目的

センサネットワークとは、センサ自体をネットワーク化することで、身の周りの物や人、環境情報など様々な情報をデータ収集するネットワーク技術のことである。センサネットワークで情報を集めて送信するための端末のことをセンサノードという。このセンサノードには無線通信機能、温度、照度、湿度など目的に応じて各種センサを搭載する。

このセンサネットワークを応用した代表的なアプリケーションには、HEMS[1]や農業の生育監視システム、地球環境を観測するシステムなどに用いられている。

しかし、一般的なセンサノードの導入にはコストが非常に高いこと、また長期間(2年以上)のセンシングができないなどの課題が残されている

2010年度の総合制作では、無線通信のセンサネットワーク技術を活用した宅内用のエネルギー管理システム[2,3]の開発及び製作が行われたが、このシステムに開発されたセンサノードは約8時間程度しか稼働できなかった。

今回は、前年度に開発されたセンサノードをベースに以下の3点の改良を行うことで、2年以上のセンシングが可能な低消費電力型センサノードの開発を目指す。

- 1) マイコンを間欠制御方式にする。
- 2) 電源部にエネルギーハーベスティングデバイス(太陽電池)を活用する。
- 3) 主電源を5Vから3Vに下げる。

2 センサノードの概要

図1に今回開発したセンサノードのシステム構成図を示す。また、図2にセンサノードに搭載しているマイコンのプログラムの動作フローを、図3にセンサノードの外観を示す。

開発したセンサノードには環境情報を取得するための各種センサ(温度、照度)が搭載されている。各種センサの計測データは無線通信モジュールXbee(IEEE802.15.4規格)を介して、データ収集用のシンクノードへ一定周期(約10分)でデータを送信する動作にしている。PICマイコンはスリープ状態からの

起動をRTCのタイマ機能をトリガとして間欠動作を行う。MOS-FETによるスイッチング回路を使用し、センサノードが待機状態に入ったときにセンサ回路の電源供給ラインを切断させ、かつPICやXbeeもスリープ状態に移行させることで、待機時消費電力を最小限に抑えるデザインとした。センサノードの電源は、太陽電池で得られた発電電力をDC-DCコンバータ回路で増幅することで、センサノードの回路に3.3Vの電源を供給させるシステムとした。

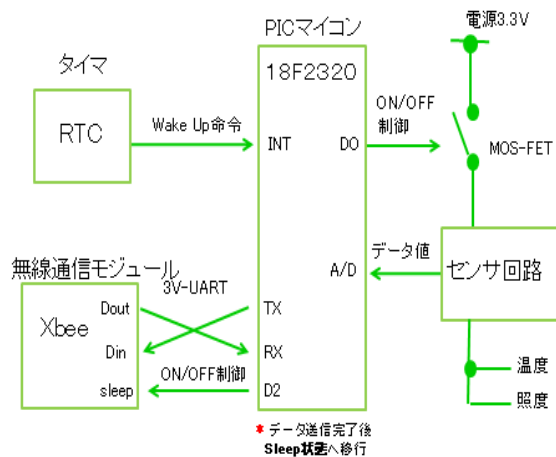


図1 センサノードの構成

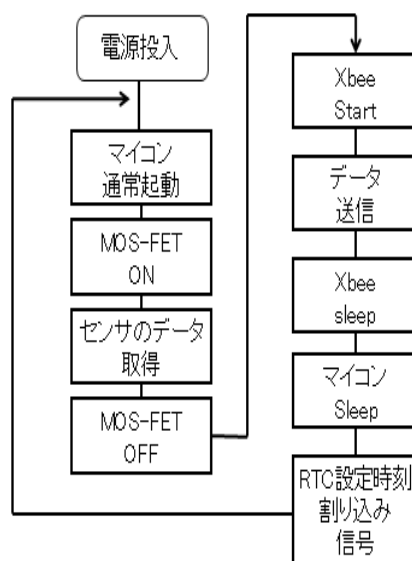


図2 HENSの動作プログラムのフロー



図3 センサノード
(温度センサ、照度センサ)

3 センサノードの消費電力評価

間欠制御による連続稼働時間（電池のみの稼働）は式(1)により、10分当たりの平均消費電流を求め、センサノードの稼働年数を算出したものを表1に示す。

I_{ave} : 平均消費電流 (mA/h)
 I_a : 動作時 (mA)
 I_w : 待機時の消費電流 (mA)

$$I_{ave} = \frac{0.1I_a + 599.9I_w}{600} \quad (1)$$

表1 センサノードの電力消費量

I_a : 動作時 (mA)	20.0	
I_w : 待機時の消費電流 (mA)	0.1220	
I_{ave} : 平均消費電力 (mA/h)	0.1253	
電池容量 (mAh)	500	2000
連続稼働時間 (hour)	3990	15960
連続稼働日数 (day)	166	665
連続稼働年数 (year)	0.46	1.82

4 開発及び製作費用

表1にセンサノード一個当たりの費用を示す。

一般に売られているセンサノードの価格は約1万~7万円と比べると、今回作成費は約5000円弱なので十分低コストといえる。

表2 センサノードのコスト

品名	値段(円)
PICマイコン	500
温度センサ	100
照度センサ	100
MOS-FET	20
Xbee	1700
電圧リファレンス	150
RTCモジュール	500
DC-DCコンバータ	840
太陽電池×2	1000
合計	4910

5 おわりに

今回の総合制作実習を通して、ハードの知識、システム開発、ハードとソフトのつながり、電力測定の手法について大変勉強になった。

今回の総合制作では昨年度のセンサノードの引き継ぎの研究を行い。昨年同様「HEMSシステムを用いると家電を改造することなく、電力をディスプレイ上で見える化を可能にし、さらに家電の自動制御や住環境状態を監視できる」ことを基本に改良に取り組んだ。センサノードを三つの対策により低消費電力化を実現し、価格も低く抑えることに成功した。今回のシステムでデータ上だけでも、アルカリ電池(2000mAh)だけで、約1.8年以上可動することができ、太陽電池からの電力供給でさらに長時間の可動ができると思われる。

今後は、太陽電池の電力を蓄電池に充電、放電を可能にすること、センサノードの量産、どのユーザーにも使えるようにマニュアルの作成、メッシュネットワークの構築、この技術をより多くの人々が活用し、家庭における省エネ活動に大きく貢献できるものにしていくのが目標である。

参考文献

- [1] 国立環境研究所: HEMS (ホームエナジーマネジメントシステム) 技術の現状と課題, 入手先 <<http://ecotech.nies.go.jp/library/report/detail.php?id=14>>
- [2] 安部恵一, 増井崇裕, 峰野博史, 水野忠則” PLC/ZigBee 相互補完通信を用いた家電機器の省エネルギー制御の提案 ” 情報処理学会研究報告 UBI-24, Nov. 2009.
- [3] Hiroshi Mineno. Yuichiro Kato. Kenji Obata. Hiroshi Kuriyama. Keiichi Abe. Norihiro Ishikawa. Tadanori Mizuno. “Adaptive Home/Building Energy Management System Using Heterogeneous Sensor/Actuator Networks.” IEEE Consumer Communications & Networking Conference (CCNC2010). Jan. 2010 (Las Vegas, USA).

課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 9月 16 日

科名：電子情報技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		低消費電力型無線センサノードの開発及び製作	
担当教員		担当学生	
○電子情報技術科 安部 恵一		○中川 昂典	三上 翔也
課題実習の技能・技術習得目標			
昨年度の総合制作実習で製作した無線センサネットワークを用いた家庭用エネルギー管理システム(HEMS)で使用する無線センサノードのバッテリーレス化を行うことで、設計、製作及び組立・調整技術等の総合的な実践力を身に付けるとともに、バッテリーレス無線ノードの設計を通して、実践的な電子回路設計技術、ソーラパネルの蓄電制御技術、組込み型マイコン開発、無線通信技術、高周波回路設計、省電力化回路設計技術、制御システム設計技術も身に付けます。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
2010年度の総合制作より、センサネットワーク技術を活用した手軽に家庭に導入できるエネルギー管理システムの開発及び製作が行われた。このシステムを用いると既存家電を改造することなくエネルギー管理システムを構築できるため、低コストでの導入が可能であり、リモコンノードを組み合わせると家電の自動制御ができることが確認されている。しかしながら、このシステムには幾つかの課題が明らかにされ未対応のままになっている。その一つがセンサリモコンノードともに消費電力が大きいのでアルカリ9V乾電池での連続動作では約9時間しかもたないという課題があった。そこで我々はまず無線ノード自体の省電力化を行うと共に太陽電池等を利用して無線ノード自体のバッテリーレス化を図る回路設計を行い、半永久的に動作できる無線センサノードの開発を目指す。現在、日本において電力などのエネルギー問題が社会問題となっているが、この技術が確立できれば電力需要側の機器の消費電力を大幅に下げるときの要素技術になりうると考えられる。			
実習テーマの特徴・概要			
ユビキタスセンサネットワーク向け無線ノードのバッテリーレス化を行う。バッテリーレス型無線ノードの開発では太陽電池などの環境発電デバイスを利用して駆動させるための回路設計から製作・評価までを一通り体験させます。無線ノードは、無線通信回路、センサ回路、太陽電池の蓄電管理回路に大別されるので、設計段階で部品等のレイアウトを十分に考え、小型になるよう設計・製作させるようにします。また、最初は無線ノード自体の省電力化を行い、その後、太陽電池による蓄電管理回路と組合せて、最終的に統合組立・調整・動作試験を行います。 また、完成後は各種性能評価試験を行い、報告書を作成します。			
No	取組目標		
①	無線センサノードの省電力化(目標値：平均消費電力50 μ W以下)の設計・部品選定を行います。		
②	省電力型無線ノードの製作・各種評価の確認を行います。		
③	環境発電デバイス(太陽電池など)の評価実験・部品選定を行います。		
④	蓄電管理回路の設計・評価を行います		
⑤	②～④を統合組立・調整、動作試験を行います。		
⑥	想定した動作が行われなかった場合には、問題を分析し、その問題の解決に取り組みます。		
⑦	5S(整理、整頓、清掃、清潔、躰)の実現に努め、安全衛生活動を行います。		
⑧	材料、工具、機器及び部品等については、チェックリストを用いて厳密に管理します。		
⑨	報告書の作成、製作品の展示及び発表会を行います。		
⑩	実習の進捗状況や、発生した問題等については、単独、グループの場合にかかわらず、担当教員へ報告します。		