

非常時のバッテリーレス・ワイヤレス位置情報通報システムの検討

日大生産工(院) ○福島 悠平

日大生産工 田中 将義

1. はじめに

ユビキタス社会では,端末に至る所に偏在させ,様々な情報を収集し活用することができる」と期待されている。

しかしながら,携帯電話,スマートフォンなどのワイヤレス端末は電池が消耗すると動作せず,長時間の充電や電池交換を必要とし,災害等の非常時の通信には向いていない。

著者らは,電池を用いず,人体の動きや自然エネルギーからエネルギーを収集し,電源の供給が困難な非常時に使用できるバッテリーレスユビキタスワイヤレス通信システムを提案している。⁽¹⁻⁴⁾

本論文では,非常時の運用を想定し,握力による手動発電を利用して,電圧が完全に零の状態であるCold状態から,充電放電を繰り返し間欠通信するバッテリーレスワイヤレスシステムを提案し,GPSを利用して端末の位置情報を報知するシステムを実現したので報告する。

2. 本バッテリーレス通信システムの概要

本バッテリーレス通信システムは,非常時の端末保有者の位置情報を周辺に報知することを想定している(Fig.1)。

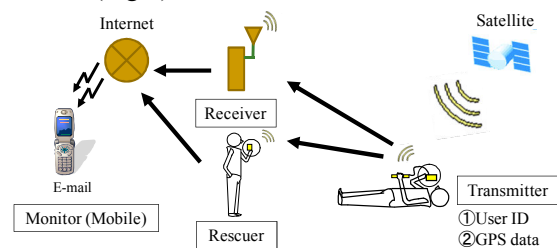


Fig.1 Positional information transmission system using battery-less ubiquitous communications

バッテリーレス端末を装着した子機は,手動発電器によって充電された電圧を利用し,親機へ自分のIDとセンシングデータを送信する。センシングにはGPSモジュールを使用し,子機が衛星を受信した際の日付,時刻,緯度や経度データを親機へ送信することにより,送信者の現在地点を報知することができる。

データを取得した親機は,保護者又は監督者の携帯電話へE-Mail転送することができる。

本研究では,手動発電器,充放電制御回路,センシングと無線通信の機能を実装した送信端末の検討,ならびに受信したデータをPCや携帯電話に伝送する受信端末並びにメッセージ表示アプリケーションの検討を行った。

3. 送信端末

3.1 無線通信端末

短距離無線通信規格の一つであるZigbeeは,国内では2.4[GHz]帯の周波数を使用し,最高38.4[kbps]の通信速度,最大100[m]の通信距離を持つ。乾電池2本で数ヶ月～数年間稼動するという低消費電力が最大の特徴であり,通信速度と通信容量が小さく本システムの無線送信器として利用できる。

Zigbeeの動作には,2.5[V]～3.6[V]の範囲で30 [ms]以上の保持が必要である。



Fig.2 Outside appearance of Zigbee

3.2 手動発電器と充放電制御回路

送信端末は,手動発電器,充放電制御回路,GPSモジュール,PIC,Zigbeeによって構成され,Fig.3にその構成図を示す。

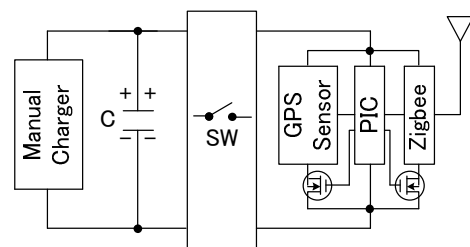


Fig.3 Configuration of battery-less wireless transmitter

本システムでは、電力の供給に最大5.5[V]を出力する握力を利用した手動発電器を使用する。手動発電器によってZigbeeを動作させるためには、Fig.4に示すようにキャパシタへの充電(Toff)と通信(Ton)をZigbeeの動作電圧範囲内(2.5[V]～3.6[V])で交互に行うように設計する必要がある。

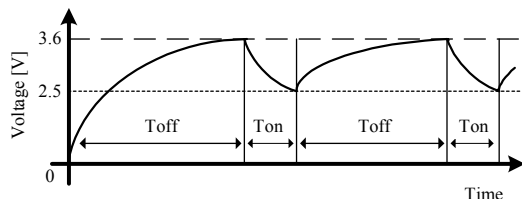


Fig.4 Voltage profile supplied to wireless system

そのため、キャパシタと端末を繋ぐSWのON/OFFの制御を電気的に行う充放電制御回路を検討した。

この条件を満たす回路として、スイッチング素子にサイリスタ、ツェナダイオード、FET等を用いFig.4のような充放電波形を実現した。Fig.5に製作した充放電制御時のキャパシタ出力波形を示す。

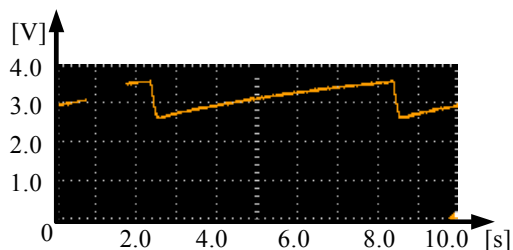


Fig.5 Profile of capacitor voltage

3.3 バッテリス通信を実現する間欠動作シーケンス

本研究では、100[ms]以下のわずかな時間内にZigbeeへの電力供給から通信完了までを行なうことを目標としているため、充放電制御回路のSWがONとなり次第直ちにZigbeeを動作させる構成が求められる。

この要件から、Zigbeeについても充放電制御回路に対応して通信状態と非通信状態を繰り返す間欠動作シーケンスを検討した。

この問題を解決するため、Fig.6のようにPICマイコン(Peripheral Interface Controller)によって送信コマンドをZigbeeに与える構成とし、Zigbeeの間欠動作を実現した。PICはROMに設計したプログラム通りに動作させることができるマイクロコントローラである。今回送信端末に搭載するPIC内部には、電圧が供給されるとGPSモジュールからのセンシングを行いZigbeeに送信コマンドを送るプログラムを設計した。

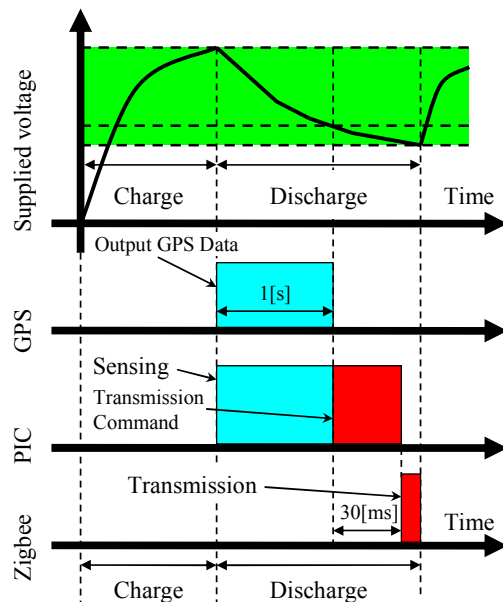


Fig.6 Sequence of intermittent performance

設計したシーケンスは以下のとおりである。

- ・ 充電完了後、充放電制御回路によってPICに電力を供給し、PICが起動
- ・ PICはGPSモジュールへの電源投入と緯度や経度情報の取得を行う
- ・ GPSモジュールは1[s]の立ち上がり時間を経過した後、PICへGPSデータを送信
- ・ PICはGPSデータの取得後、Zigbeeへ電源投入とコマンド送信を行う
- ・ Zigbeeは30[ms]の立ち上がり電源を経過した後、PICからのコマンドを受けてメッセージを送信する

3.4 GPSモジュールデータのバッテリス送信

送信されたメッセージは、通信距離内に存在するすべての受信端末にUART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter)送信される。

UARTはシリアル通信であり、13[Byte]～124[Byte]のまとまった単位のパケットで通信される。以下これをメッセージと呼ぶ。

Fig.7にメッセージのフレームフォーマットを示す。フレームフォーマットは、Headerの13[Byte]に加え、0[Byte]～111[Byte]の任意のDataを送信することができる。

メッセージのHeader内には送信端末のシリアルIDが含まれており、メッセージの表示の際に端末を特定することができる。センシングしたGPSデータはData内に格納し、一括して送信する。

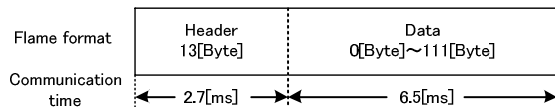


Fig. 7 Frame Format

Zigbeeの通信速度を最高速度の38400[bps]とする。これによりPICのクロック周波数は8.0 [MHz],動作電圧は3.0[V]となった。

GPSモジュールはデータの出力に0.1[s]を要し、日付、時刻、緯度、経度合わせて31[Byte]のデータとなることから、Headerと合わせて送信パケットは44[Byte]となる。このパケットを38400[bps]で送信する場合、Zigbeeの通信時間は約9.2[ms]となる。よってGPSモジュールデータを含むZigbeeの間欠動作に最低限必要な通信時間(Ton)は、GPSモジュールの立ち上がり時間1[s],Zigbeeの立ち上がり時間30[ms]を合計して約1.14[s]を要することになる。

送信端末の電荷量はGPSモジュールが50[mA]×1.1[s],Zigbeeが45[mA]×0.04[s],PICがクロック周波数を8.0[MHz]としたとき約1.8[mA]×1.14[s]となり、送信端末全体の電荷量Qは59[mC]となる。

この場合、GPSモジュールデータのバッテリーレス送信に最低限必要な通信時間(Ton)1.14[s]を満足するキャパシタ容量は約20[mF]であり、手動発電器の出力を5.5[V]とした場合、充電時間は約3[s]となる。本システムの伝送性能をTable 1に示す。

Table 1 Transmission characteristics

Transmission time [s]	1.14
Transmission volume [Bytes]	44
Charging Time [s]	3.0

3.5 バッテリーレス環境下でのデータ保存・読出し

マイクロ波の周波数帯を使用する衛星通信では、子機保有者が屋内にいる場合、GPSモジュールは衛星からの電波を受信することができない。そこで、子機がGPS衛星受信に成功したときの直近のGPSデータをPICのEEPROM(不揮発性メモリ)に保存し、屋内に移動して衛星受信に失敗したときに直近の保存データの読出しを行うアルゴリズムを検討した。Fig.8にシステムイメージを、Fig.9にGPSデータの可・不可の判断、保存・読出しの分岐を行うアルゴリズムを示す。

GPSモジュールは、衛星データ取得の有無に関わらず特定のフォーマットをPICに送信する。PICは受信したフォーマットから日付、時刻、緯度、経度情報を抽出し、正しいデータならば新規データとしてZigbeeへ送信とデータ保存を行う。取得したデー

タが不良データ(空データ)の場合、保存データを読み出しデータとしてZigbeeへ送信を行う。

以上の処理を行い、バッテリーレス環境下でのGPSデータの保存・読出しを実現すると同時に屋内においても位置情報の伝送を可能とした。

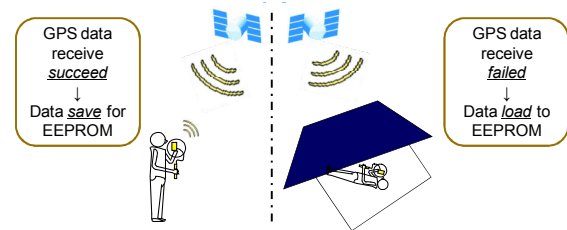


Fig. 8 GPS data up/down-loading system for EEPROM

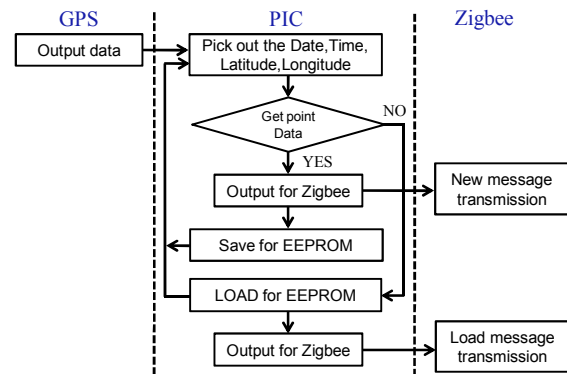


Fig. 9 Algorithm for EEPROM data up/down-loading

4. 受信端末とメッセージ表示アプリケーション

4.1 受信端末

受信端末は、Zigbee,PIC,信号レベル変換ICによって構成され、Fig.10にその構成図を示す。

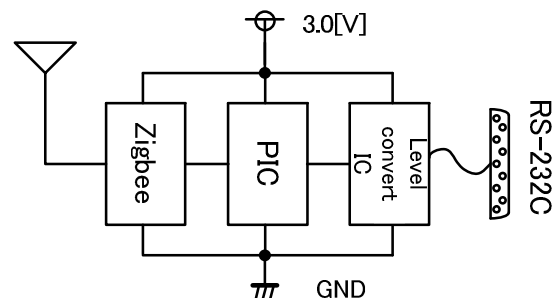


Fig. 10 Configuration of receiver unit

受信端末が受信したメッセージは、ASCIIデータとしてPICに送信され、メッセージの処理、PCへの出力を行う。PICからPCにデータを伝送するシリアルインタフェースとして、RS-232Cを使用し、PCと接続する。

UARTとRS-232とのレベル変換ICにはチャージポンプ昇圧回路が内蔵されており,外付けコンデンサを接続することで3.0[V]で動作させることができる.受信端末はPCから電力を供給する.

4.2 メッセージ表示アプリケーション

Fig.11に親機が子機からの受信データを表示するシステム構成図を示す.

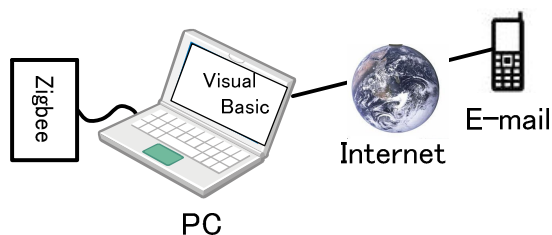


Fig.11 Configuration of receiving system

受信端末から出力されたメッセージは,RS232CケーブルによりPCに取得され,メッセージ表示アプリケーションがメッセージの表示,保存,E-mail転送を行なう.製作したアプリケーションはVisual Basic 6.0を使用した.シリアルポートの制御にはActiveXを用い,MSCommコンポーネントにより通信を行なっている.

メッセージ表示アプリケーションでは,受信地点名とE-mailアドレスを登録しておくことで,受信結果をアドレス先にインターネットを介して自動でE-mail送信することができる.また,受信結果をテキストデータに自動保存する機能も付加した.

E-mailの転送手段として,本システムではWindows Outlookを使用した.

5. 通信試験

Fig.3の送信端末,Fig.10の受信端末, Fig.11のネットワークシステムを用いて通信試験を行なった.

Fig.12に通信表示結果を示す.

手動発電器により充放電制御回路がONとなると,PICに電力が供給され,PICがGPSモジュールの起動・センシングとZigbeeの起動・コマンド送信を行いZigbee間で通信が行なわれる.そしてメッセージ表示アプリケーションに受信結果を表示させることを実現した.

本システムは間欠動作シケンスと充放電波形の電圧供給に対応し,バッテリーレス通信の回路システムとして十分適用可能であることを実証した.

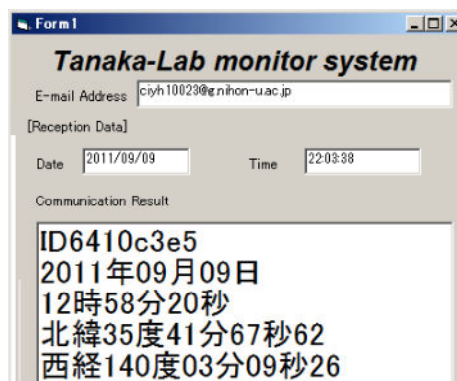


Fig.12 Result of communication test

6. まとめ

本研究では,非常時の情報発信手段確保を目的として,手動発電器の出力を利用してGPS衛星の情報を受信し,端末所有者の位置情報を周囲に報知するバッテリーレス通信システムを検討し,送信を実現した.

収集したエネルギーを効率的に端末に供給する充放電制御回路,衛星からの情報を受信するGPSモジュール,ZigbeeとPICをCold状態から間欠動作させるシケンス及びその制御プログラム,受信端末の回路構成,メッセージ表示アプリケーションを検討し,約1.1[s]を要するGPSセンシングデータのバッテリーレス通信を実現した.

バッテリーレス化において大きな課題であるZigbee電源の間欠動作については,電圧供給直後にZigbeeへ送信コマンドを自動送信する役目をPICによって実現させ,EEPROMの保存・読出しを可能にしたことで,システム構成を簡素化することができた.

約3[s]間の握力を利用した手動発電で,送信者のID,日付,時刻,緯度,経度の伝送が可能であり,短距離の非常時のバッテリーレス位置情報通報システムとして使用できる.今後は通信距離の拡大と双方向通信の実現が課題である.

参考文献

- 1) 富森 英樹, エネルギーレスセンサネットワークの構成法の研究, 平成 18 年度卒業論文
- 2) 飛内 秀典, 田中 将義: 電子情報通信学会総合大会, B-20-2, p.606, 2009
- 3) 福島 悠平, 田中 将義: 電子情報通信学会総合大会, B-20-32, p.627, 2011
- 4) 福島 悠平, 田中 将義: 電子情報通信学会サイエティ大会, B-19-31, p.449, 2011