

バッテリーレス・ユビキタス・ワイヤレス通信の研究

日大生産工 (院)
日大生産工

○ 飛内 秀典
田中 将義

1. はじめに

現在、ワイヤレス端末を用いたユビキタス社会が浸透しつつある。しかし、現在のワイヤレス端末は電池が消耗すると動作せず、いつでもという観点から課題が残る。

本研究では、電源に圧電素子や太陽電池などを用いて人体の動き、および自然エネルギーを利用し発電するバッテリーレスワイヤレス端末を開発し、これを用いたユビキタスワイヤレスシステムの適用例を検討した。

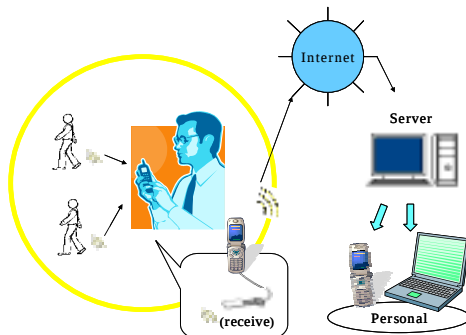


Fig.1 Outline of ubiquitous wireless system

2. システムの概要

圧電素子を靴に組み込み、歩行時の運動を利用して発電、あるいは太陽電池を用いて発電し通信するシステムを検討した(Fig.1 参照)。本システムではこれらの電源によりキャパシタを充電し、ワイヤレス端末を動作させる。

使用した圧電素子(Fig.2 参照)は、歪ませる事で瞬時的に最大 15V の出力を得ることができる(Fig.3 参照)。また、圧電素子と併せて太陽電池を用い、ハイブリッド電源の検討を行った。使用した太陽電池は、小型のアルファス太陽電池であり、開放電圧(日照時)は 2V である。

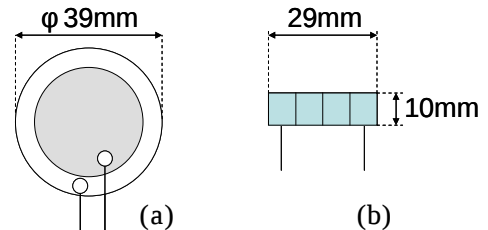


Fig.2 Piezo-electric power source (a) and Solar cell (b)

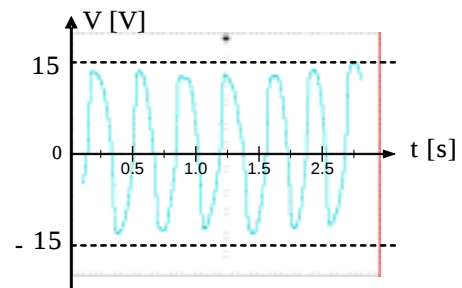


Fig.3 Voltage profile of Piezo-electric power source

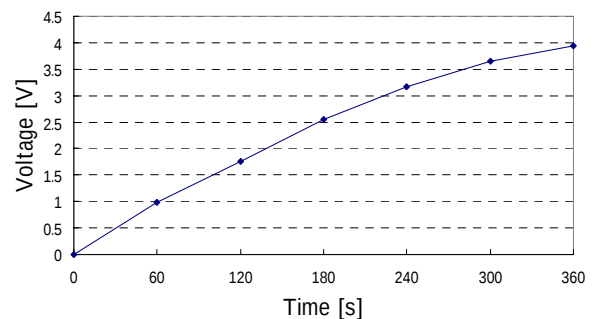


Fig.4 Voltage profile of Solar cell power source

Fig.4 には、この太陽電池を 2 枚直列にし、出力 4V とした時のキャパシタ充電特性を示した。

小型ワイヤレス端末として低消費電力端末である ZigBee を使用した。この動作には、2.5V ~ 3.6V の電圧を 50ms 程度保持することが必要である。

3. 発電回路の構成と電圧変動の検討

3.1 発電回路の構成とスイッチング動作

ZigBee を動作させる電源回路の構成を Fig.5 に示す。

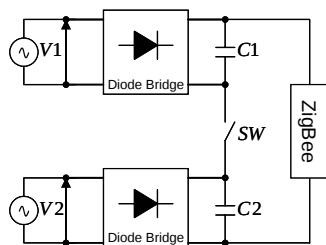


Fig.5 Configuration of Piezo electric power source for Zigbee terminal

この回路は容量 C1, C2 のキャパシタを別々の圧電素子で充電し、それぞれ 1.8V に達したとき、SW を直列に繋ぎ合成することで 3.6V の出力を得る昇圧型回路である。キャパシタは、Fig.4 のように、充電電圧が高くなるにつれ、充電が困難になってくる(0~1V では充電時間が 60s であるのに対し 3~4V では 130s 程度)。このことを避け、充電のしやすい低電圧範囲を利用することで充電時間を速めている。

Fig.5 の SW 動作を Fig.6 に示した。同図(a)は、C1 と C2 が 1.8V 充電完了後、SW を接続し(b)となる。その後、負荷への供給が行われ(c)P-Q 間電圧が 2.0V に降下した際に開放、(d)となる。

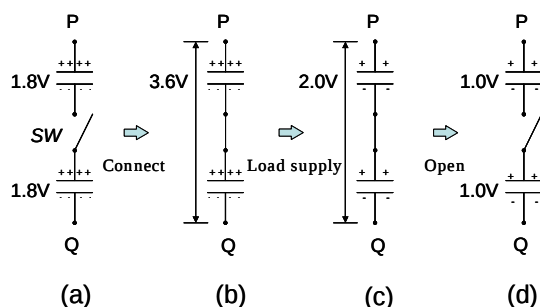


Fig.6 Principle of capacitor switching

3.2 電圧変動の検討

Fig.7 に ZigBee 端末への供給電圧を示す。下段がキャパシタ C1 の両端電圧である。

Fig.5 回路により、通信時にキャパシタに充電さ

れた電荷が放電し、電圧が動作下限値に達すると通信が断となる。この後、圧電素子により、再充電が行われる。したがって、充電と通信が交互に行われる。これにより ZigBee を 80ms 動作させることができる。(1~2 個のパケットの送信:44~88Bytes に相当)。

圧電素子を 2 枚並列に繋ぎ、約 5Hz 程度の振動を与えた場合、キャパシタが 2.0V に達するまでの時間は、約 10s である。

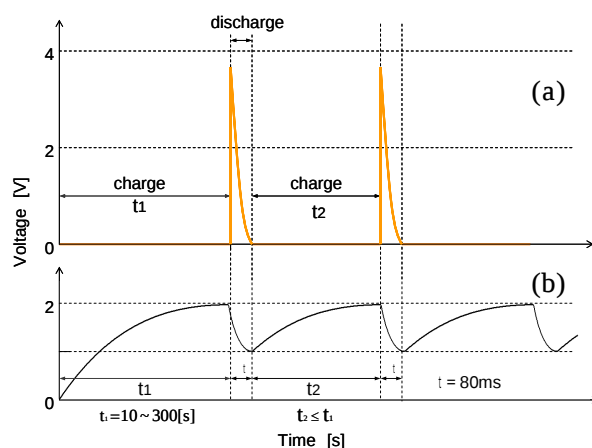


Fig.7 Voltage profile of Zigbee bias voltage (a) and capacitor C1 (b)

3.3 靴への実装

実際に圧電素子を靴に組み込んだものを Fig.8 に示す。同図(a)は積層にした圧電素子、(b)は靴のかかと部、(c)は回路を搭載した靴である。



Fig.8 Piezo cell installed in a shoe

3.4 ハイブリッド電源の検討

本システムの最大の課題は、キャパシタへの充電時間である。この時間が短くなるほど、通信頻度を上げることができる。圧電素子のみでキャパシタを充電した場合、圧電素子を歪ませていない間は充電が行えない。

そこで、人が運動していない間も充電を行うために、小型のアルファ太陽電池を併用したハイブリッド電源を検討した。

Fig.4 で使用した、出力 4V の太陽電池を 3 組並列接続し、ひとつの電源とした。この太陽電池電源のみでキャパシタを充電するのにかかる時間を Table 1 に示す。

Table 1 Charging characteristics of Solar cell

Target voltage [V]	Required time[s]
2	42
4	107

Table 1 から、4V の充電に要する時間は 1 分 47 秒であった。これを、Fig.9 のように圧電素子と並列に接続した靴で歩行し、同様にキャパシタの充電時間を測定した。(Table 2)

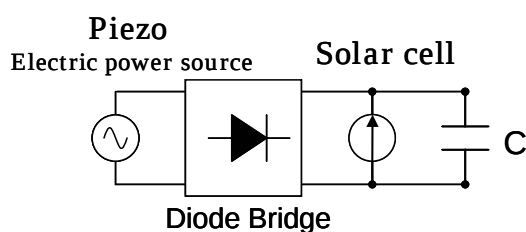


Fig.9 Configuration of hybrid power system

Table 2 Charging characteristics of hybrid system

Target voltage [V]	Required time[s]
2	20
4	50

Table 1 と比較すると、Table 2 では目標電圧に到達する時間が、約半分になった。3.1 で示した回路を用いた場合、目標充電電圧は 2V となる。ハイブリッド電源を用いれば 20 ~ 42 sec 毎に 1 回通信を行うことが可能である。

4. 通信システムの検討

4.1 通信システム実験系

Fig.10 のような、通信システムを実現するために、Fig.10 のように実験系を検討した。

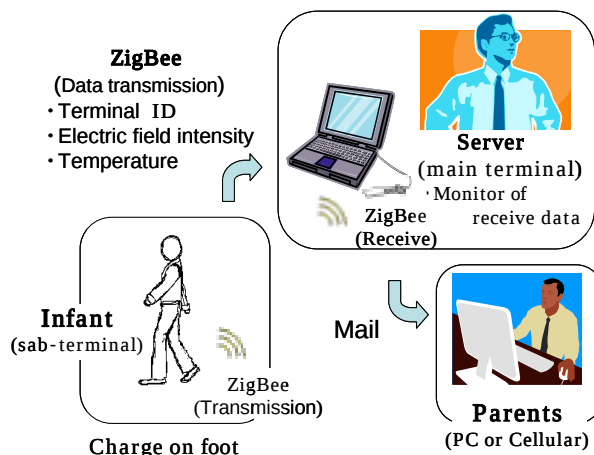


Fig.10 Outline of batteryless wireless system

子機は本terminalを用いており、歩くことにより発電する。キャパシタへの充電を終えると、子機は自動で親機にデータを送信する。このとき送るデータは、子機の端末ID、電界強度、温度(気温)とした。親機は受信データをモニターすることができ、データの保存を自動で行う。また、受信データが異常な場合、あるいは通信が長く途切れた場合、親機からは公衆回線を通じ、他のPCまたは携帯電話に自動でMailを送ることができる。今回の実験では親機を持ち運びができるよう、ノートパソコンに(RS232C)接続した形としたが、将来的にはZigBeeをより小型な端末(携帯電話やPDA等)に接続したものとする。

4.2 送信データのフレームフォーマット

ZigBee のデータ通信には UART 通信(Universal Asynchronous Receiver Transmitter)を使用した。各フィールドは、13 ~ 124Byte 以内のまとまった単位のパケットで通信を行っており、以下ではこれをメッセージと呼ぶ。

Fig.11 にメッセージのフレームフォーマットを示す。

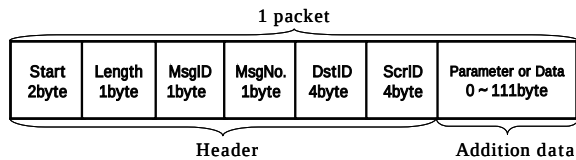


Fig.11 Frame format of Message

メッセージのstart ~ SrcIDまでは13Byte,
Parameter or Dataは固有のパラメータであり0
~ 111Byteのデータが入る。

実験では、メッセージを44Byteとした。1パケット
44Byteの場合、通信時間は30ms ~ 40msとな
る。本terminalでは80msの通信が可能のため、
1回の通信で最大2パケットのメッセージが送信でき
る。(Fig.12 参照)

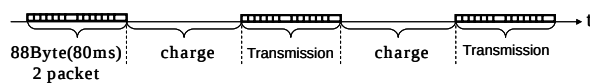


Fig.12 Communication image

4.3 電界強度と距離

Fig.13 は、受信電界強度と距離の関係を示
す実測値である。親機(引率者)はこの受信電
界強度から、子機(幼児)とのおおよその距離
が把握できる。

ZigBee の最大通信距離は見通しで約 70m
である。- 90dBm を受信した場合、子機が
通信可能範囲の境界付近に存在していると
判断できる。

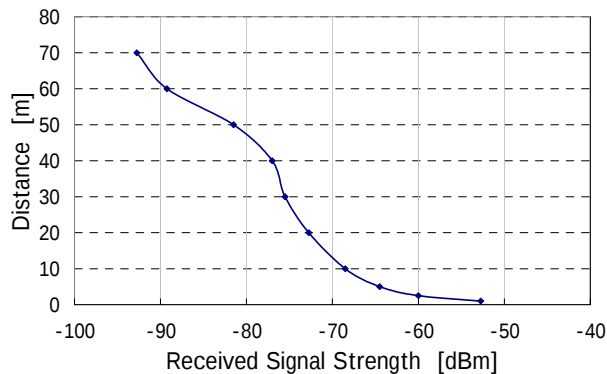


Fig.13 Distance versus received electric field intensity

5. バッテ리스コピキス通信の適用例

システムの適用例を Fig.14 に示す。幼児がグル
ープで行動する場合、幼児の靴に本 terminal
を組み込み、引率者の Zigbee との間で自動的
に通信を行う。引率者の親機は子機からの
ID および電界強度情報を受信し、幼児が近
くにいるかどうかを確認することができる。
さらに受信電界強度と距離の関係から、集団
から離脱しようとしている幼児を事前に察知
することが可能である。

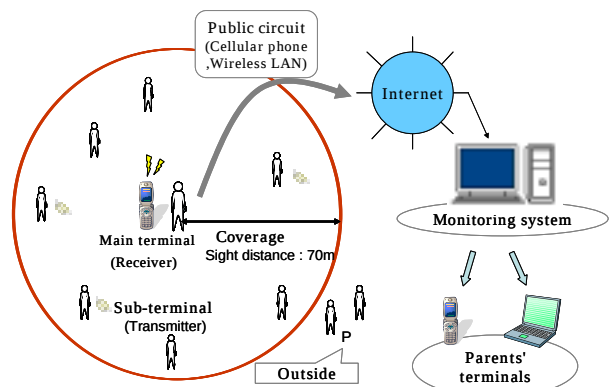


Fig.14 Infant movements monitor system using battery-less ubiquitous terminals

6. まとめ

本研究では、圧電素子と太陽電池により
ZigBee を動作させるバッテ리스コピキス通
信を検討し、具体例として幼児の集団行動時
の動態にシステムを検討した。この結果、端末を
保持する幼児の行動がリアルタイムで把握可
能であるとの見通しを得た。今後は、電源回
路の改良と効率的なデータ収集方法を検討
する。

「参考文献」

- 1) J.Kymiss, C.kendall, J.Paradiso, N.Gershenfeld: 「Parasitic Power Harvesting in shoes」 IEEE Computer Society Press, pp. 132-139, October 1998.
- 2) 飛内秀典, 田中將義: 2007 年電子情報通信学会サテライト大会論文集, B-20-13, p.392(2007)
- 3) 平成 18 年度 飛内秀典 卒業研究論文
- 4) 平成 18 年度 富森英樹 卒業研究論文