

UHF 帯を使用した非常用バッテリーレスワイレス通信システムに関する研究

日大生産工(院) ○渡邊 啓佑 日大生産工 田中將義

1 まえがき

スマートフォンなどの携帯端末や近距離ワイレス通信は日常不可欠な通信手段となってきた。

しかし、スマートフォンなどの携帯端末の使用には、バッテリーが必要であり、さらに通信網のインフラ設備の稼働が前提である。非常災害時に、インフラの通信遮断やバッテリー切れが発生すると救援の要請が困難である。この問題を解決するため、著者らは、災害時の電力インフラと通信インフラの遮断時でも通信が可能な非常通信用バッテリーレスワイレス通信システムを提案している⁽¹⁻³⁾。Zigbee 等の 2.4 [GHz]帯を使用する場合、通信距離が 100 [m]程度と短距離である課題がある。そこで、本論文では UHF 帯を用いて通信距離を拡大する非常用バッテリーレスワイレス通信システムの検討を行った。

2 本バッテリーレスワイレス通信システムの概要

図1に非常用バッテリーレスワイレス通信システムのイメージを示す。

本バッテリーレスワイレス通信は、非常時に被災者が安否情報を、周辺を巡回する救助隊に送信することを想定している。本システムでは、手動充電器を用いて端末の充電を行い、自動的に ID とあらかじめ選択されたメッセージを送信する。救助隊側では、受信機と接続されたパソコンの画面にて受信した ID とメッセージを表示する。メッセージを受信した救助隊は送信元にアンサーバック(ACK)を返す。双方向通信により、被災者は救助要請が無事救助隊に通知できたことを確認することができる。

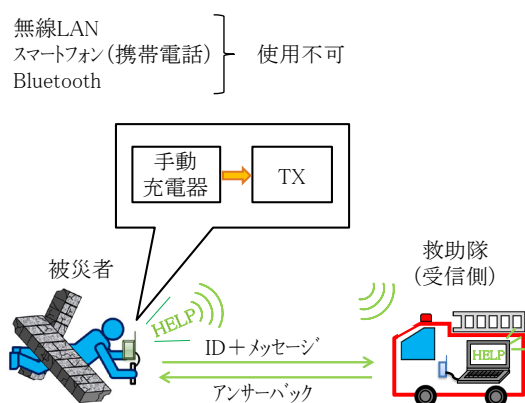


図1 非常用バッテリーレスワイレス通信システムのイメージ

3 バッテリーレスワイレス通信システムの構成

本端末の構成図を図2に示す。手動充電器、充放電制御回路、小型プロセッサ(PIC)、無線端末(TX)、送信確認用LED、受信確認用LEDとPICに接続されたメッセージ選択用のトグルスイッチから構成される。

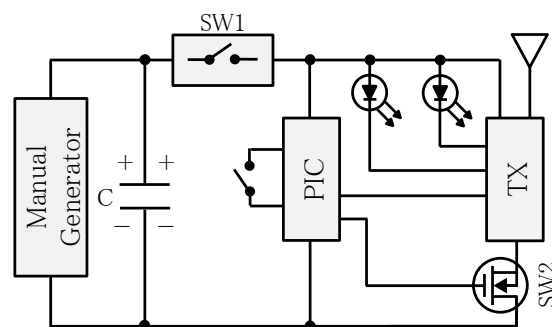


図2 PIC制御型バッテリーレスワイレスシステム構成図

図3に示すように、本システムでは、手動充電器により充電されたエネルギーを有効利用するため、SW1、SW2とPICで構成された充放電制御回路により、キャパシタへの充電と端末の動作電圧範囲内での放電(通信)の切り替えを自動で行う。したがって、本端末で通信を行う際に被災者が行う行動は、小型充電器で充電を行い、トグルスイッチにて送信するメッセージを選択するのみであり、その他は自動で送受信動作する。

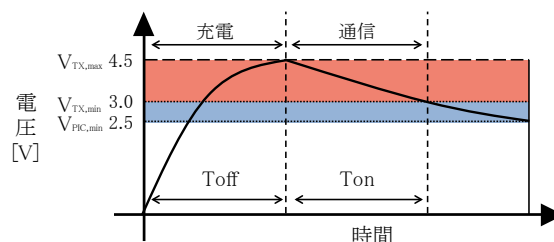


図3 充放電プロフィール

Study on Battery-less Wireless Communication System using UHF Band for Emergency Use

Keisuke WATANABE, Masayoshi TANAKA

4 動作シーケンス

本システムの動作シーケンスを図4に示す。

通信時のシーケンスは以下のようになっている。

- ① 端末（子機）の充電完了後，PICに電源が投入され，PICからのコマンドによりTXの電源が投入される。
- ② TXの起動時間100 [ms]経過後，PICが周辺の通信状況をモニタするためにキャリアセンスのコマンドを出力，TXがキャリアセンスを開始し，結果をPICに出力する。
- ③ TXからのキャリアセンス結果から，通信可能ならば，PICに接続されたスイッチによって選択されたメッセージ（EPROMに事前保存）を送信し，送信確認用LEDを点灯させる。通信不可の場合130 [ms]の待機時間後に再度キャリアセンスを行う。
- ④ メッセージ送信後，TXは，親機側からのACKを受信するまで待機状態となる。親機側ではメッセージの受信後，自動で子機側に受信確認のためACKを送信する。
- ⑤ 子機側では，ACKを確認した後に受信確認用LEDを点灯させ，PICのコマンドによって電源がOFFとなる。

受信確認用LEDを点灯することにより，救助隊要請が通知できたことを確認することができる。

本システムの起動時間(T_{on})は，システムの制御とキャリアセンスに必要な時間121 [ms]と通信時間を合わせた時間である。

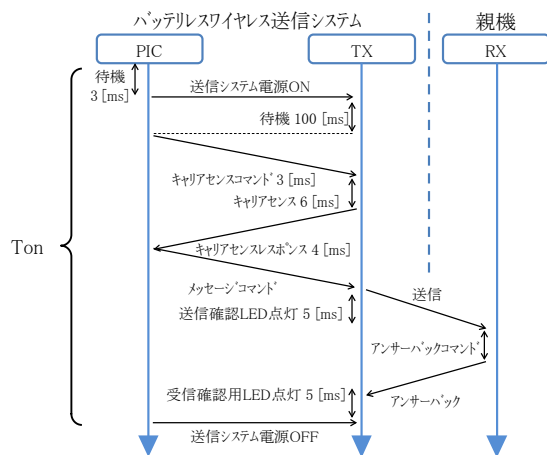


図4 非常用パッドレスワイヤレス通信システムの動作シーケンス

5 充電用キャパシタ容量

本送信システムで使用する充電用キャパシタの充電時間 T_{off} は式(1)，放電時間 T_{on} は式(2)で求められる。

$$T_{off} = CR_1 \cdot \text{Log}_e \left(\frac{V_s}{V_s - V_{TX,max}} \right) \quad (1)$$

$$T_{on} = CR_2 \cdot \text{Log}_e \left(\frac{V_{TX,max}}{V_{TX,min}} \right) \quad (2)$$

C：キャパシタ容量

T_{on} , T_{off} ：放電時間，充電時間

R_1 ：充電器の内部抵抗

$V_{TX,max}$, $V_{TX,min}$ ：動作間電圧の上限と下限値

R_2 ：負荷抵抗

V_s ：充電器の解放電圧

図5に，出力抵抗:7.3 [Ω]，解放電圧:5.8 [V]の手動充電器を使用した時の充電用キャパシタの容量と充放電時間の関係を示す。

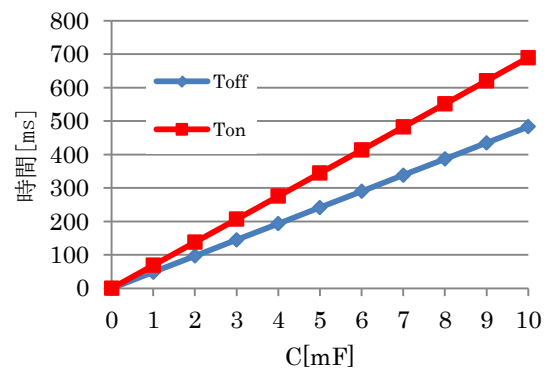


図5 キャパシタ容量と充放電時間の関係

本システムの通信時間 T_{on} (放電時間)に対応したキャパシタ容量を用いることで最小限の充電時間で通信を行うことができる。

本システムは送信するメッセージのデータ量によって図4のメッセージコマンド，送信時間，返信コマンド，返信の時間が変わり，その結果通信時間も変わる。

図6に送信メッセージ量と本システムの充放電時間($T_{off} + T_{on}$)の関係を示す。

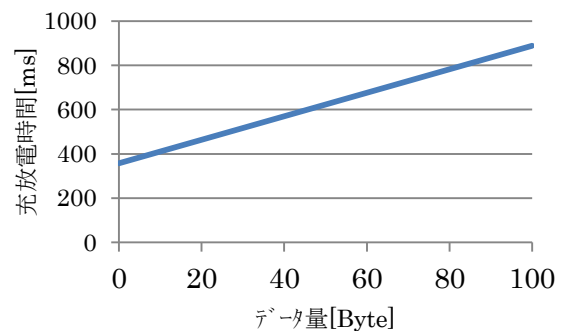
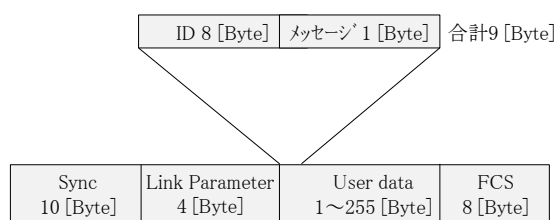


図6 送信データ量と充放電時間の関係

6 伝送情報とフレーム構成

本システムが送信する情報のフレーム構成を図7に示す。



送信するメッセージのフレームフォーマットは、オーバーヘッドの22 [Byte]に加え、1~255 [Byte]の任意のメッセージを送信することができる。オーバーヘッドの構成は、送受信の同期をとるためのSyncが10 [Byte]、Link Parameterが4 [Byte]、Link Parameterとは、本システムが使用しているTXが送信先を決定するための複数のIDである。そしてエラーを検出する8 [Byte]のFCSで構成されている。

ユーザーデータには最大255文字のメッセージを選択することができるが、User dataのデータ数が大きいほど充電時間が長くなるため、データ数は可能な限り小さいことが望ましい。そのため、送信するデータ数は、送信者を特定するためのIDが8文字、送信者の状況を伝えるためのメッセージ1文字の合計9文字のユーザーデータの送信を検討している。8文字の送信者IDは32進数を用いることにより最大で12桁のIDを表すことができる。

メッセージに使用する1文字(a,b,...h)は、表1のように送信する1文字のメッセージに対応した内容を予め決めて、送信に使用するデータ数を最小限にし、被災者の状況に応じたメッセージを救助隊側に送信することができる。

表1 救助メッセージパターンの例

メッセージ	内容
a	けがをしている。
b	土に埋もれている
c	複数人がある
・	・
・	・
・	・
h	建物の中に閉じ込められている

送信するメッセージ1文字は図8に示すようにPICに接続された複数のトグルスイッチのON, OFFの組み合わせにて決定することができる。

PICには多数のトグルスイッチを接続することが可能であるが、本システムの回路の小型化のため、図8のように本システムに使用するトグルスイッチは3個程度を検討している。

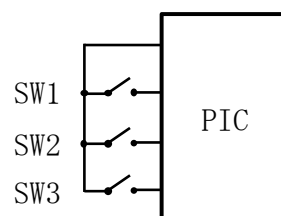


図8 メッセージ選択スイッチ

7 実験結果

7.1 バッテリレスワイヤレス通信システム動作実験

本システムの動作実験として、図9に本システムの充電用キャパシタにC=3.5 [mF]を用いて、9文字のメッセージを送信し、通信を行った時のときのキャパシタ両端の出力電圧プロファイルを示す。

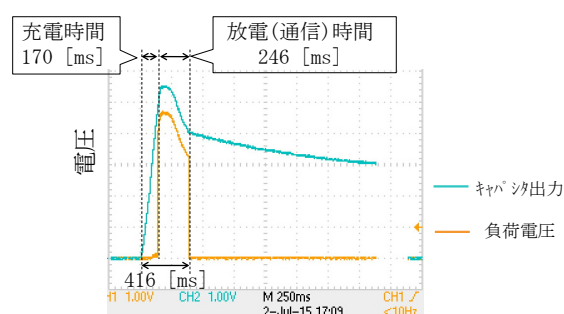


図9 キャパシタ両端の出力電圧プロファイル

図9に示したように、本システムは充電用キャパシタに170 [ms]で充電を行い、充電が完了後自動で負荷に電圧が印加され、246 [ms]の放電を行う。そして通信終了後に自動で電源がOFFになる。9文字のメッセージを送信する場合、充電から通信完了まで416 [ms]で行うことができる。

7.2 消費電力

本システムの消費電力を測定するため、4.3 [V]電源を10 [Ω]の抵抗を介して端末に接続し、この抵抗の両端の電圧より消費電力の測定を行った。

図10にその両端の電圧の測定結果を示す。

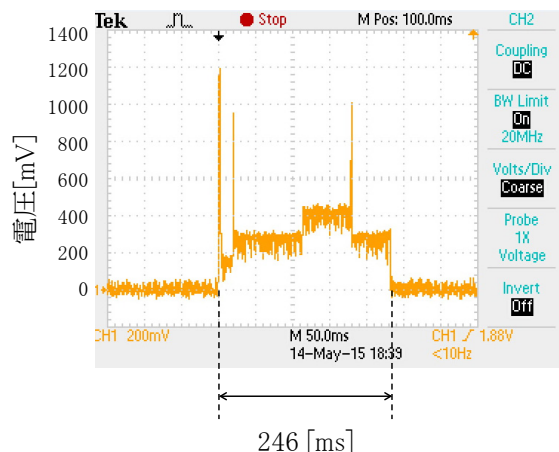


図10 送信システムに接続された低抵抗の両端電圧

図10から、本システムの通信時の平均消費電力は151 [mW]である。

7.3 通信実験

通信試験として、本通信システムを表2の通信条件にて市街地、平地、TXを土の中に30 [cm]埋めた状態の3つの環境で親機との通信を行った。

表2 通信条件

情報	9 characters
周波数	429 [MHz]
送信電力	10 [mW]
送信速度	4800 [bps]

通信試験を行った結果、市街地では通信距離800 [m]、平地では1800 [m]、端末を土の中に30 [cm]埋めた状態では500 [m]の間で通信が可能であることを確認した。

8 通信性能

表3に本システムの通信試験を通して確認したバッテリーレス通信システムの性能を示す。

本システムの通信に必要な平均消費電力は151 [mW]であるが、この消費電力は、出力抵抗:7.3 [Ω], 解放電圧:5.8 [V]の手動充電器を一握りすることで充電できる電力量で充分通信できる電力量である。

本システムでは、通信が終了時に自動で電源をOFFにするが、その際、充電用キャパシタに余ったエネルギーは次の通信に再利用される。

表3 通信性能

情報		9 characters
通信時間		246 [ms]
通信距離	市街地	800 [m]
	平地	1800 [m]
	土の中	500 [m]
平均消費電力		151 [mW]
空中線電力		10 [mW]
充電時間		170 [ms]

9 まとめ

本研究では、非常災害用バッテリーレス通信システムの通信距離の拡大を図るため、UHF帯の周波数を使用し、手動充電器、充放電制御回路、PICによりシステムを間欠動作させ、被災者の負担を減らすため、最小限の操作によって通信を行うことができる端末の検討を行った。

その結果、151 [mW]の消費電力で通信距離を市街地で800 [m]、平地で1800 [m]、送信側を30 [cm]土に埋めた状態での通信では500 [m]の通信を可能にし、いずれも先に開発したZigbeeを用いたバッテリーレス通信システム^(1,2)の通信距離である100 [m]を越えて、通信距離を拡大できることを確認した。

端末を土に埋めた状態で通信が可能であることから、被災者が土に埋もれた状態でも本システムで救助要請が可能であることも示した。

9文字のメッセージを送信する場合、通信時間246 [ms]、充電時間170 [ms]と充電から通信まで短時間で行うことが可能であることを明らかにした。また、トグルスイッチにてメッセージを選択することにより、被災者が簡単な操作で状況を救助者に伝達することが可能になった。

今後は、受信強度から被災者の位置を特定する方法と充電器の小型化などの充電方法の検討を進めていく。

「参考文献」

- 1) 福島悠平, 田中將義:信学会総合大, B-19-10, (2011)
- 2) 福島悠平, 田中將義:信学会ソサエティ大, B-19-31, (2012)
- 3) 渡邊啓佑, 田中將義:信学会ソサエティ大, B-18-5, (2015)