

パワーエレクトロニクス用無線データ転送のリアルタイム性及び効率改善に関する検討

日大生産工 (学部)

○横山 慎悟

日大生産工

新井 雅之

1. まえがき

パワーエレクトロニクス回路では、回路内部のセンサによって電圧・電流の計測が行われる。センサの信号を有線通信で送信する場合、多点の信号検出において配線の複雑化が問題となる[1]。多点の信号検出を行うため、佐藤らは無線通信規格の一つである Wi-Fi を用いたデータ伝送手法について検討を行っている[1, 2]。しかし、無線データ伝送を採用するには、標準のプロトコルを使う必要があり、ビットレートと遅延の面でいくつかの課題が存在する。

本稿では、RAW ソケットを用いたオーバーヘッドの削減手法について検討する。有線/無線上で送受信時間測定実験を行い、効果を確認する。また、電圧・電流データの圧縮についても検討する。

2. パワーエレクトロニクス用無線データ転送の想定環境

本研究におけるパワーエレクトロニクス用無線データ転送の想定環境を図 1 に示す[1]。

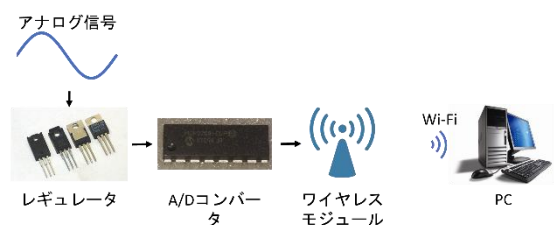


図 1. パワーエレクトロニクス用無線データ転送の想定環境

アナログ信号を A/D 変換によりデジタル信号へと変換し、それをワイヤレスモジュールおよび Wi-Fi を経由して PC へ送信する。

文献[2]では、IEEE802.11n/g/b に対応する Wi-Fi チップと 10bit の A/D コンバータ、マイクロコントローラが搭載された開発ボードである ESpr Developer が用いて実験が行われた。本稿でも同様の条件を想定するが、ESpr Developer の代わりに Raspberry Pi を使用する。

3. RAW ソケットを用いた伝送実験

3-1. 概要

従来手法[1,2]では UDP を用いて送受信が行われていた。本稿では、RAW ソケットを用いた通信システムを実装し、評価を行う。

RAW ソケットを用いて送信する場合、イーサネットヘッダと IP ヘッダのみでデータを送信することが可能となる。本稿の実験では、インターネット層およびトランスポート層を迂回するため、IP ヘッダ上では ICMP プロトコルであると偽装してパケットを作成した。

RAW ソケットを用いた受信では、プロミスキャスモードを使用する必要があるが、この場合 NIC に到達する全てのパケットをプログラムが受信してしまう。このため、送信側の MAC アドレスと、データ部に含まれる時刻データのフォーマットに基づいてフィルタリング処理を行った。

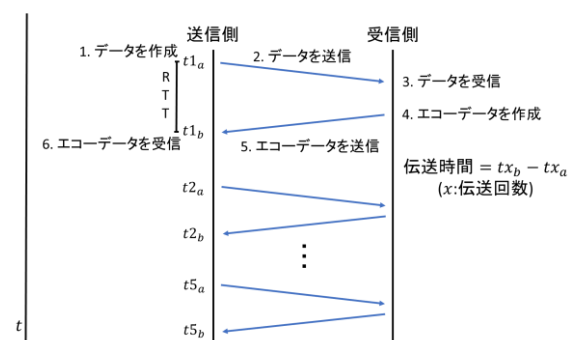


図 2. RTT とプログラムの動作例

図 2 にプログラムの動作例を示す。実装したシステムでは、図 2 に示すように、データ送信開始時の時刻とエコーデータ受信終了時の時刻の差分として、ラウンドトリップタイム(RTT)を計測する。本稿では RTT を 1/2 したものを伝送時間として扱う。

3-2. 結果

送信側に Raspberry-Pi 3 Model B を、受信側

に PC (CPU:Core i7 6700 3.4GHz, メモリ: 24GB, OS: Ubuntu16.04)を用いて実験を行った。実験では、図 2 に示すように、あるデータサイズにつき 5 回の送受信を行い、平均の伝送時間を求めた。データサイズは 26~1446 バイトの間で 1 バイト刻みに変化させた。データ部には 21 バイトの時刻データと 5 桁の数字で作成したダミーデータが含まれる。

実験は有線通信と無線通信の両方で行った。有線通信時には IEEE802.3 を、無線通信時には IEEE802.11n を使用した。図 3 には有線通信時、図 4 には無線通信時の測定結果を示す。いずれの場合も UDP と RAW ソケットで伝送時間の比較を行っている。横軸はデータサイズである。

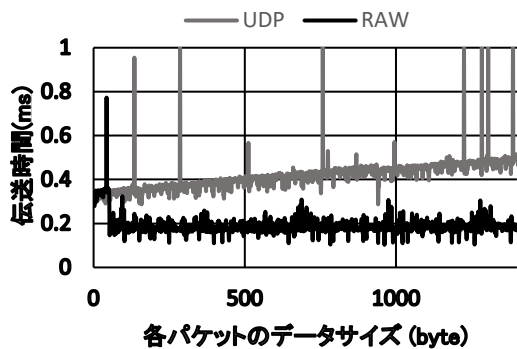


図 3.有線通信時のデータサイズと伝送時間の測定結果

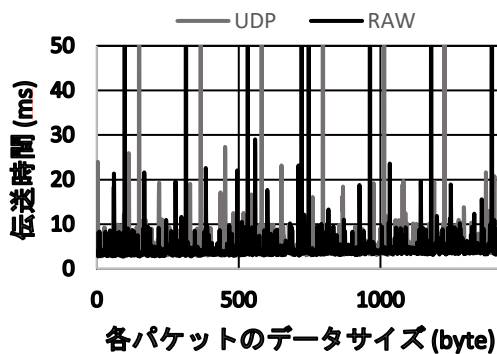


図 4.無線通信時のデータサイズと伝送時間の測定結果

図 3 から、有線通信時には UDP よりも RAW ソケットを用いた場合の方が低遅延でデータを伝送することが可能であった。すなわち、RAW ソケットによりオーバーヘッド削減が達成されていると考えられる。

一方で、図 4 に示す通り、無線通信時では有線通信時よりも伝送時間が長くなった。また、UDP と RAW ソケットの間にはほぼ伝送時間の差は無かった。現在、原因を究明中である。

4. DPCM を用いた電圧・電流データの圧縮

次に、電圧・電流データの圧縮についても検討を行った。手法としては、電圧・電流データを整数化し、隣接する標本値との差分を取る。DPCM (Differential Pulse Code Modulation) を適用する差分値を符号+絶対値として表し、絶対値の上位の '0' を削除して有効ビット数を算出した。

電圧・電流データに模した sin 波を DPCM で圧縮する評価実験を行った。Excel 上で周期 50 μ s, 周波数 20kHz, 振幅 2047, サンプリング周期 40ns の sin 波に振幅の 1% を標準偏差とする正規分布に従うノイズを加算した波形を生成し、DPCM で圧縮した。DPCM で圧縮した時の有効ビット数を図 5 に示す。

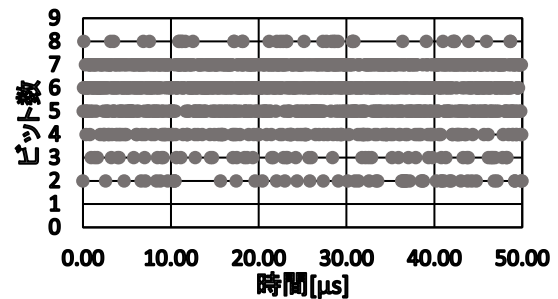


図 5.DPCM で圧縮した時のビット数

図 5 より、今回の実験では DPCM を用いることで元の 12 ビットの波形信号を 8 ビットまで圧縮できることがわかる。

5. まとめ

本稿では、パワーエレクトロニクス回路を対象とした無線データ転送のオーバーヘッドの削減を検討した。検討は、RAW ソケットを使い有線/無線上で送受信測定時間測定実験を行う方法と、電圧・電流データを圧縮する方法の 2 通りで行った。

RAW ソケットを用いてオーバーヘッド削減を試みたところ、有線通信では期待通りの効果が見られた。無線通信においては実験を継続中である。

電圧・電流データを圧縮する方法では、DPCM を用いることで元データの 12bit から 8bit に圧縮することができた。

参考文献

- [1]佐藤龍太郎, 和田圭二, “パワーエレクトロニクス用ワイヤレスセンサのデータ伝送の検討”, H29 年電気学会全国大会プログラム, Paper 4-076, p.129, 2017 年,
- [2]佐藤龍太郎, 和田圭二, “パワーエレクトロニクス用ワイヤレスセンサのための同期手法の検討”, H29 年電気学会産業部門大会, Paper1-53, 2017 年