

PLC 通信原理を用いた、機器管理用信号伝達システムの開発

大阪ハイテクノロジー専門学校臨床工学技士科

阿部 貴弘, 柄本 侑哉, 東出 祐也, 山崎 大輔, 依岡 翼

要旨

医療機器を効率よく管理することは、医療機器に起因する事故を減らす上で重要なことである。本研究では、その手段として、医療機器を一括で管理できるシステムを考案した。また、このシステムの通信方式として、PLC と呼ばれる通信方式を用いることで、電波障害を抑えつつ機器監視システムを導入できると考え、このシステムの実用性を検証した。

1.はじめに

医療現場では、医療機器の電源の断線や接続不良などが原因となり、事故につながる事例がある。そこで本研究では、機器の稼働状態をリアルタイムで知ることができる機器監視システムにより、上記のような事故を早期発見し、防止することができると考えた。しかし、医療現場では、医療機器は多数用いられており、それら全てを無線通信による監視を行う場合、多数の無線信号が飛び交うこととなり、混信や電波減衰などによる通信障害の原因となる。そこで私たちは、電波を用いることなく通信ができる、PLC(Power Line Communication)通信という通信方式に着目した。PLC 通信とは、建物内に設置された電力線をもちいた通信方法で、商用交流を搬送波とし、信号を伝達する。この通信方式は、電波を用いないため、無線通信で起こりやすい電波障害を防ぐことができる。

2.システム概要

本研究における機器管理システムは PLC 通信を用いて機器の状態を把握し、監視しようとするものである。まず、監視対象機器(※以下“機器”と記述)の電源ケーブルに電流センサ(URD 社 CTL-10-CLS)とマイクロコンピュータ(arduino uno※以下“arduino”と表記)を取り付け、機器に流れる電流の値を取得し、arduino に送信する。arduino は、受け取った電流値に応じてデューティ比を変化させた高周波信号を送信し、商用電流に混信させる。電力線を通ってきた商用交流と高周波信号の混信波を、バンドパスフィルタ(以下“BPF”と表記)によって分波し、目的の高周波信号のみを機器管理用コンピュータに送信する。受信側では、高周波信号を全波整流回路により直流電圧に変換する。この電圧値で送信側の信号(電流値)を読み取る。機器管理用コンピュータは、受信した電圧から機器の状態を推測¹しモニタに表示する。また、機器ごとに送信信号の周波数を固定することで、機器一つ一つを判別することが出来る。ここまでの原理を(図1)に示す。

3.実験方法及び結果

システムを構築するにあたり、以下の2点の要件について実験を行った。

- ① 多数の信号が重畳した搬送波から、目的の周波数信号のみを取り出すための、BPF の性能評価

¹ 信号のデューティ比が変化すれば、実効値が変化するため整流後の電圧が変化する。この値から受信信号の強度を表記できる。

- ② 機器に取り付けたセンサの出力電圧の値をデューティ比の変化に変換して送受信できる。

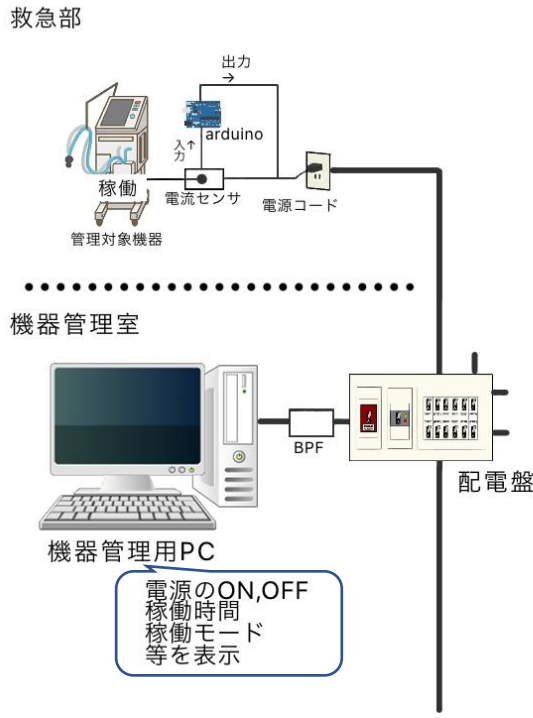


図1. PLC通信を用いた機器管理システム

I.BPFの性能評価実験

抵抗とコンデンサを用いてBPFを作成した(図2)。BPFの性能指標として、Q値と呼ばれるものを

用いる。Q値は、
$$Q = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1}$$

で定義される無次元数で、 ω_0 、 ω_1 、 ω_2 はそれぞれ共振ピークでの共振周波数、共振ピークの左側において振動エネルギーが共振ピークの半値となる周波数、共振ピークの右側において振動エネルギーが半値となる周波数である。

Q値は、抵抗とコンデンサの値によって変化し、高いほどBPFの性能が良いとされる。本実験では、目標とするQ値を200とし、目的とする中心周波数を5kHzとした。

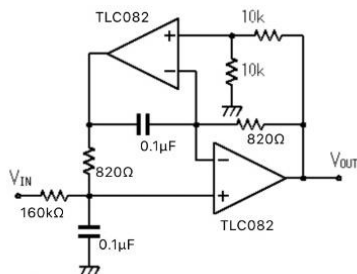


図2. 作成したBPFの回路図(中心周波数5kHz, Q値=200を目標とする)

I-A:作成したBPFの周波数特性

FG(ファンクションジェネレータ)とBPFを直列に接続する。FGからBPFに、10V,60Hzおよび

2kHz~10kHz の信号を 0.5kHz ずつ変化させ入力し、BPF を通過した電流の電圧を測定する。FG から BPF までの距離は約 1 m であり、回路全長は約 1.8m である。結果を、(図 3) に示す。

I -B:多数の信号の混信波から目的の周波数信号のみを取り出す

FG を 4 台使い、それぞれの FG から、10V,60Hz, 500mV で 2KHz,5kHz,8kHz の信号を発信し、混信させる。4 つの信号が混信した電流を BPF に入力し、BPF を通過した電流の電圧と、周波数はオシロスコープを用いて観察する。FG から BPF までの距離は約 1.2m であり、回路全長は約 2.3m である。

本実験では、安全性の問題から 100V の商用交流を用いるのが困難であったため、代わりに FG を用いて実験を行った。10V,60Hz の正弦波を搬送波とし、500mV, 2kHz,5kHz,8kHz の信号を、通信用高周波信号とした。結果を (図 3) に示す。

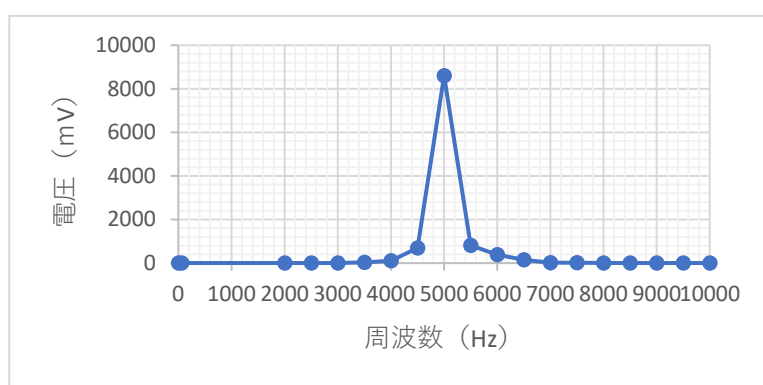


図 3a. BPF の周波数特性

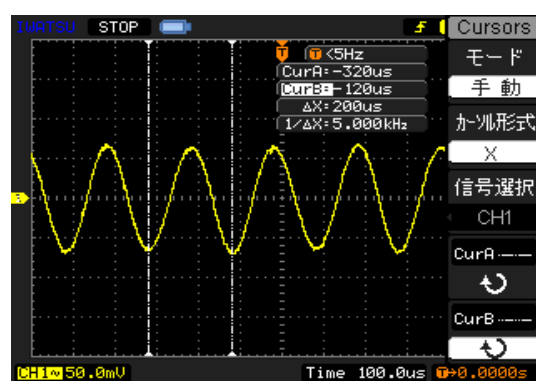


図 3b. BPF を通過した混信波

実験 I -a での結果をもとに計算した結果、作成した BPF の Q 値は 23.2 と目標を大きく下回ってしまった。しかし、この BPF でも、5V,60Hz の信号は 0.56mV とほぼ雑音レベルまで低下しており、実際に搬送波となる 100V,60Hz の正弦波を流したとしても十分に電圧を減衰出来ると考えられる。何 V まで下げれば問題ないという明確な値はないが、減衰量が多いほど通信できる機器数は増えるため、この結果は BPF の実用性を証明するものとしては十分な結果だと考える。

実験 I -b では、綺麗な正弦波が現れており、周波数も目標通り 5kHz となっている。計測電圧は約 55mV と小さくなっているが、これは FG4 台を並列に接続しているため、FG の内部抵抗も並列につながれてしまい、それによって電圧が低くなっているものと考えられる。

II 送信信号のデューティ比による受信信号電圧の変化測定

信号のデューティ比を変化させることで、受信できる信号の電圧も変化する。デューティ比を 1% 変化する毎に、受信する信号の電圧がどのように変化するかを測定する。実験 I で用いた回路に非反転増幅器と全波整流回路を直列接続し、測定できる電圧が最大で 3.5V になるよう調整する。FG から発信する信号のデューティ比を 0~100% の間で 1% ずつ変化させた時の抵抗 R にかかる電圧を記録する。結果を (図 4) に示す。受信信号はコンピュータでデータ処理するため、電圧は最低でもコンピュータが読み取れる値で変化する必要がある。本実験では、受信用コンピュータには「arduino uno」を用いており、これはおよそ 5 mV 以上で電圧変化を読み取ることが出来る。すなわち、送信信号のデューティ比が 1% 変わる

ごとに、受信信号の電圧が5 mV 以上変動していれば、データ処理が可能となり、機器の状態を推測することが出来るようになる。実験結果をみてみると、デューティ比が20%~40%、60%~80%の間では40~150mVの電圧変動があるため、この範囲のデューティ比であれば、余裕をもって機器に流れる電流の値を推測できることが分かった。

デューティ比を20%の範囲で変えられるという事は、機器に流れる電流を20段階で評価できるという事であり、単に機器の電源のオンオフ、断線の有無だけでなく、機器の稼働モードなども推測することが出来ると考えられる。

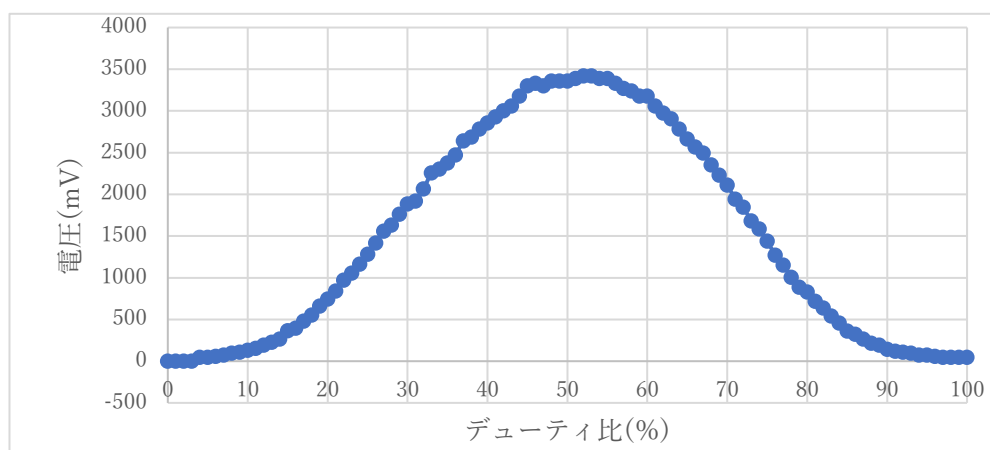


図4.デューティ比による受信信号電圧の変化

4.まとめ

本研究では、PLC という通信方式を用いて、電波障害の可能性を最小限に抑えつつ、医療現場にて使われる医療機器を一括で管理するシステムを構築し、PLC通信が実用的であるのかを検証した。その結果、多数の信号が混信した搬送波からでも、特定の周波数信号のみを分波し、コンピュータでデータ処理を行うことが可能であることが分かった。これにより、PLC通信の実用性の証明に大きく近づくことが出来た。

しかし、実験の安全性の不確かさや、設備、予算の不足などで妥協せざるを得なかった部分が多々あるのも事実である。実際に100Vの商用交流を用いた際に、本研究と同じ結果になるのか、PLC通信のデメリットとも言われる電波漏洩がどれだけの規模で起こり、周囲にどれだけの影響を及ぼすのか、それらを防ぐ手立てはあるのか、等、本研究において追求できる箇所は多く存在する。今後、こういった検証を進めていくことで、PLC通信の実用性が証明されれば、本研究で構築した機器監視システムだけでなく、医療現場に用いられる様々な無線機器に応用することで、医療現場で起こりえる電波障害を無くしていくことが出来るのではないかと考える。

文献

1)電気学会・高速電力線通信システムとEMC調査専門委員会:高速電力線通信システム(PLC)とEMC,オーム社,2007

指導教員

大阪ハイテクノロジー専門学校臨床工学技士科

山本 益士