

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

柄本 侑哉, 山崎 大輔, 依岡 翼

大阪ハイテクノロジー専門学校 臨床工学技士科

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。

Keywords： PLC, 有線通信, 無線通信, 電力線通信

1. 緒言

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。そこで私達は、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があれば、こ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、それらを全て無線通信を用いて監視する場合、多数の無線信号が飛び交うこととなり、混線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、建物にもともとある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。

初めに plc 通信の原理について記述する。plc 通信とは、建物に通る電力線を利用する通信方式であり、商用電流を搬送波とし、信号を伝達する。本研究における機器管理システムは、この 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”と記述する）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”と表記する）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たデューティ比の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、BPF（バンドパスフィルタ）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。なお、この際高周波信号は正弦波となり、コンピュータでの処理が出来なくなるため、全波整流回路を用いて直流電流に変換する。機器管理用コンピュータは、受信した電流の電圧から機器の状態を推測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。

このシステムを構築するにあたって、以下の2点の要件を満たす必要があると考え、それぞれについて実験、考察を行った。

- 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事が出来る。
- ② デューティ比の変化による受信信号電圧の変化をコンピュータで読み取ることが出来る。

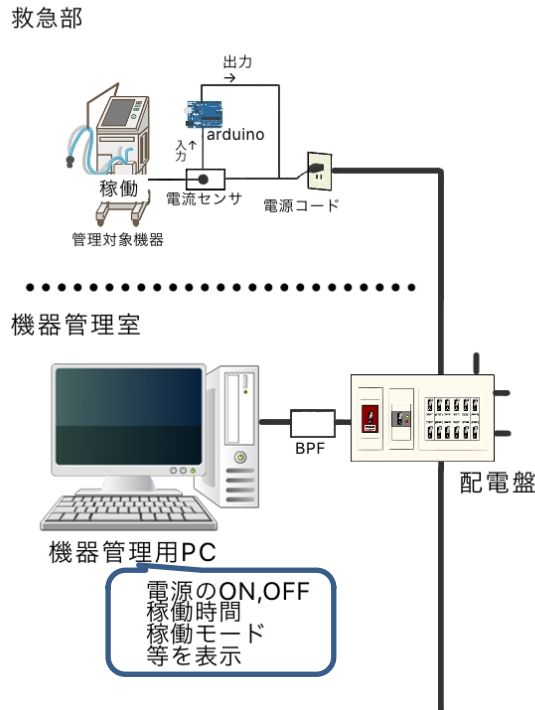


図1 PLC通信を用いた機器監視システム

2. 方法

「2.システム概要」にて挙げた2点の必要要件について、それぞれ以下のような実験を行った。

- ① →BPF の性能評価実験,
- ② →送信信号のデューティ比による受信信号の電圧変化測定,

2-1 BPF の性能評価実験

抵抗とコンデンサを用いて BPF を作成する。BPF の性能指標として、Q 値と呼ばれるものを用いる。Q

$$\text{値は, } Q = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1}$$

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、目的とする周波数を 5kHz とする。

2-1-1 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 2 に示す。

2-1-1 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、周波数を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。

3. 結果

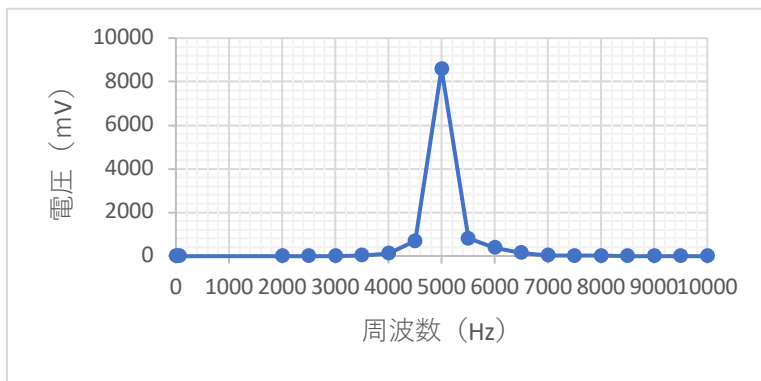


図2 BPFの周波数特性

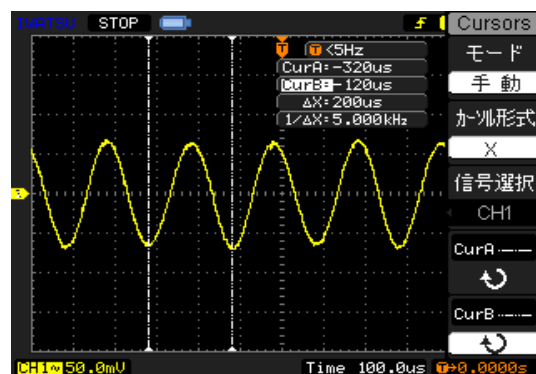


図3 BPFを通過した混信波

実験2-1-1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2-1-2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。

4. 考察

4-1 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5mV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5mV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。

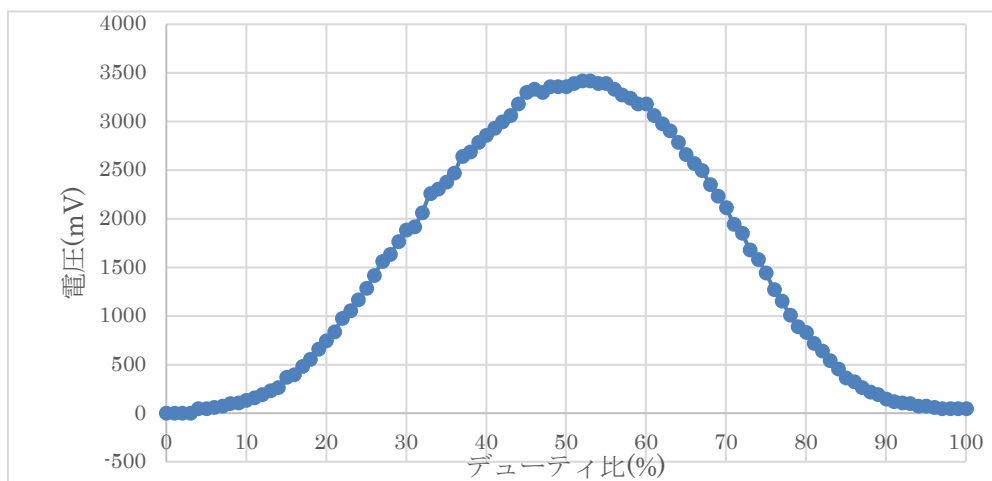


図4 デューティ比による受信信号電圧の変化

5. 結語

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。

参考文献

- [1] 電気学会(2007)『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。