

## ブラシレスDCモータのリモート制御

Remote Control of Brushless DC Motor

○川合 滋典, 秋山 宜万, 三浦 武, 谷口 敏幸

○Shigenori Kawaai, Yoshikazu Akiyama  
Takeshi Miura, Toshiyuki Taniguchi

秋田大学

Akita University

キーワード: リモート計測 (Remote Instrumentation), リモート制御(Remote Control),  
イーサネット (Ethernet), TCP/IP

連絡先: 〒010 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学 電気電子工学科 谷口研究室  
三浦 武, Tel.(0188)89-2338, Fax.(0188)37-0476, E-mail:miura@ipc.akita-u.ac.jp

### 1. はじめに

現在ローカルエリアネットワークでは多くがイーサネットを使用した形態になっており、このイーサネットLANを用いた計測、制御、モニタリングのシステム構築が最近注目され始めている。その理由として

- (1) 汎用性が高く一般に普及しているため安価である。
- (2) Windows 95などの普及により、これまでUNIXで使用されてきたTCP/IPというプロトコルがFA、LAの現場でも使われるようになってきた。

(3) 市販製品が利用できるため開発費が抑えられる。

(4) 拡張性に優れている。すなわちオープンなシステムなので新しい機器の接続も簡単にでき、配線コストを削減できる。

などがあげられる。<sup>1)</sup>

またインターネット回線を使用することができるので、例えば東京のオフィスにいるモータ制御の熟練者がアメリカのデトロイトにある工場のモータを制御したいというような場合、わざわざそこに出向かなくとも、東京からモータの動作を観測しどのように制御したらいいか指令を出すことができる。

本研究の目的はイーサネットLANを用いて標準のTCP/IPというプロトコルにより、ブラシレスDCサーボモータをリモート制御しようとするものである。現段階では具体的にモータを制御するに至っておらず、今回はリモート制御するにあたってどのような手段があり、またどのような方法があるのかについて検討を行った。

## 2. 汎用の通信システム

従来、工場内でリモート計測・制御を行う場合、工場内に専用の通信回線を引く必要があり多額の経費を必要とした。また通信容量の増大などに向け、新たに専用線を引き直さなければならないケースもあった。しかしここで汎用のネットワークボードと汎用の通信ケーブルを用いれば、安価に工場内のリモート計測・制御用のシステムを作ることができる。それはインターネットの普及によりイーサネットボードや10BASE-Tケーブル、ハブやルータなどのネットワーク関連製品が低価格で手に入れることができるようになったからである。

また今日のコンピュータの性能の高性能化、低価格化に伴い、パーソナルコンピュータもFA, LAの現場で適用できるようになってきた。加えてTCP/IPプロトコルがWindows 95に標準搭載されたことで汎用のパソコンで標準のプロトコルTCP/IPにより汎用のネットワークボードであるイーサネットボードを用いたシステムが今後普及していくものと思われる。

### 2. 1 イーサネット(Ethernet)

イーサネットは1970年代にDIX(DEC, Intel, Xerox)によって開発されたLANの規格であり初めて一般的に普及したものであった。バス型形態の伝送路でCSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)というアクセス方式を使うものと定義されている。

### 2. 2 TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

1970年代に米国の国防総省の一部局で開発された通信規約で、TCPとIPの2つのプロトコルの集合体である。このうちTCPはネットワーク上で接続すべき相手が見つかったときに接続を取り、またパケット順番制御、再送信など情報に信頼性を加える役目を果たす。IPはIPパケットをIP層の下に位置するリンク層を使って直接目的のホストに送るか、またはその経路となるルータに送る役割を果たす。インターネットの地球規模の成長でTCP/IPはネットワークの標準プロトコルの地位を固めつつあり、ISO(国際標準化機構)も国際基準として認定する動きになっている。TCP/IPのデメリットとしては厳密な意味でのリアルタイム性(一定時間内に通信処理が完了すること)が保証されないことなどがあげられる。

2)

## 3. Winsock

TCP/IPプロトコルを使用するアプリケーションを開発する一つ的手段としてソケットを利用する方法がある。これはスタックとアプリケーションとのイン

ターフェースとなって通信機能を付加するためのものである。UNIXの場合にはOSに付属しているのが普通であるが、パソコンの場合にはプロトコル・スタック製品のベンダから開発キットという形で販売されている。これはプロトコル・スタック・ベンダ間で互換性がなかった。

そこでwindows環境においては標準のsocketを作ろうとして生まれたのがwinsockであり、これは無償で配布されている。多くのAPI関数が提供され特に同期関数においては比較的簡単にプログラミングを行うことができる。

ただ同期関数を使用する際にはブロッキングという問題が発生してくる。これはデータの受信や他のコンピュータと接続するとき、この処理に要する時間があらかじめわからない上、処理が終わるまでリターンしない。この問題は制御や計測を行う上で障害になると考えられる。そこで非同期に発生する関数が必要であり、これを非同期関数と呼んでいる。これを使えば、例えば相手からのデータが到着したときや、相手からの接続要求があった時だけ自分のウィンドウでメッセージを受け取ることができる。しかしイベントドリブン型のプログラムとなるために、プログラミングが少々複雑となる。

またwindows上で制御を行うに当たって必要になると考えられるのがタイマ割り込みである。正確なタイマとしてはマルチメディアタイマを生成する方法があるが、1msecが限度である。またDLLファイルを作成してそこから読み出す必要があるためにこれもプログラミングが少々複雑となる。

今回このwindows上で非同期関

数やマルチメディアタイマを利用するプログラムを作成することができなかった。

そこでMS-DOS上で簡単にTCP/IPプロトコルを用いてデータ通信を行うことができる、TCP/IP通信の専用イーサネットボード (Interface社のAZI-4524) を用いて実験を行った。

## 4. 実験装置

### 4.1 AZI-4524

本実験で使用したイーサネットボードAZI-4524 (Interface社) に関して以下に説明を行う。本ボードはfig. 1に示すようにメモリにデータを書き込むと、相手ボードのメモリにデータが伝わるという通信方式であるメモリンク機能を搭載している。

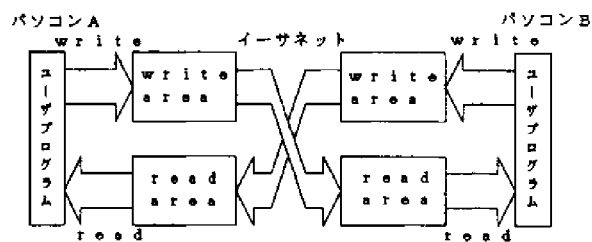


fig. 1 メモリンク

データエリアはリード用とライト用に約16kバイトのDRAMを2つ用意している。そしてあらかじめ組み込まれたTCP/IPプロトコルに基づいて通信を行う。すなわち通信異常の判定や再送処理をAZI-4524内で行っているため、ユーザープログラムではDRAMに送信データとそのサイズとSTBOU T信号 (送信開始の指示) を書き込むだけで、接続相手局にデータを送信することができる。同様にDRAMに格納されているデータとそのサイズを読み込むことでデータを受信することができる。

接続モードにはアクティブモード、パッシブモード、マスタ・スレーブモードの3種類がある。

### 1) アクティブモード

最大8台のボードを相互接続でき、ボード上のバンクを切り替えることで任意の相手との通信ができるモード。電源投入と同時に互いに接続される。

### 2) パッシブモード

電源投入後に接続要求することで任意の相手との接続がなされるモード。UNIXなどのAZI-4524を組み込まないコンピュータとの接続も可能となる。

### 3) マスタ・スレーブモード

マスタボード（親局）1台に対し、スレーブモード（子局）を8台まで接続できるモード。

本実験においてはあらかじめ決められたパソコン同士で接続するので接続処理が簡単なアクティブモードで実験を行った。

## 4. 2 実験装置

実験装置をfig. 2に示す。

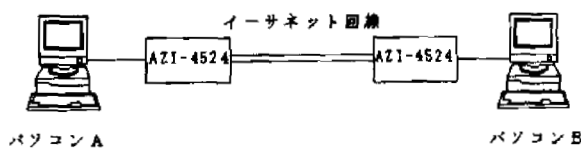


fig. 2 実験装置

本ボードは上に述べたメモリンク機能による通信機能を組み込んでおり、これはリモート計測・制御を行う上で有利となる。なぜならばパソコンが計測・制御と通信とを両方行わなければならないようリモート計測・制御システムとは違って、パソコンは計測・制御に、ボードは通信に専念

することができるからである。すなわちwindowsのようにタスクを切り替えて通信処理とは別の作業もやらせるのではなく、役割が明確となっており厳密な意味でのパラレルランニングを可能としているところに特徴がある。この様子をfig. 3に示す。

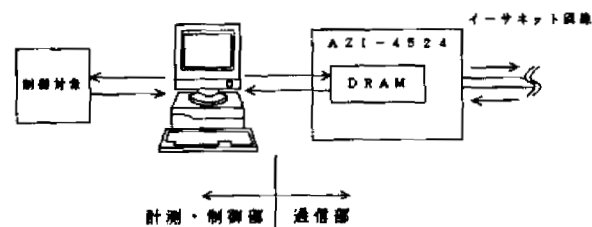


fig. 3 役割の分担

具体的にはパソコンの方ではボードに組み込まれているDRAMに値を書き込むだけでボードが後の送信処理を全て行ってくれる。またボードが受信処理をボード自らおこなってしてくれるのでパソコンの方では好きなときにDRAMの値を読み込むことで受信処理を行う。すなわちシングルタスクのMS-DOS上でも通信処理に時間をとられずに計測・制御をパラレルランニングできるということと、通信処理が簡単になるという利点を持っていると言える。

反対に通信処理をボードに依存してしまうために融通が利かないという欠点を持っている。その一例として通信処理は内部のCPU v53 (16MHz) を用いて行っているため、送信命令を出すタイミングとして最低でも20msecのインターバルをおかなければならないとされている。

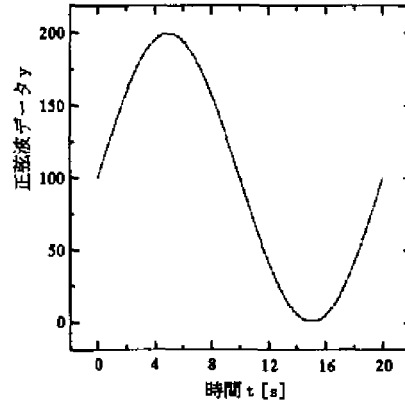
## 5. 実験方法及び結果

モータをリモート制御するには現在の運転状況を把握するためにリモート計測が必要になってくる。このリモート計測はできるだけ速く、またできるだけ正確であることが望ましい。今回はイーサネットボードAZI-4524を用いてこのリモート計測がどの程度の転送レートでどの程度の正確性をもって行えるかを確認した。転送レートが分かればそれにより波形のサンプリング時間間隔も決まってくる。

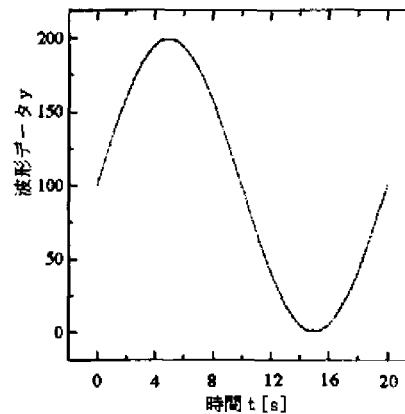
fig. 2のパソコンAにおいてfig. 4(1)に示すように式(1)

$$y = 100 \sin\left(2\pi \frac{t}{\text{interval} \times 1000}\right) + 100 \quad (1)$$

で表されるような正弦波を生成し、 $\text{interval} = 20\text{msec}$ として20msecおきに値を送信し、1000回の送信で一周期分が送られるようにする。すなわち周期20secの正弦波を1000回に分けて送信する。正弦波の値 $y$ と、それがどの時点でのデータであるかを示す時間 $t$ をそれぞれ2byteずつ、計4byteの整数値として送信する。ここで時間情報も送信するのはデータの到着に遅れを生じて正弦波がひずむのを防ぐためである。パソコンBにおいてはDRAMの値が書き換えられている、いないに関わらず正弦波の値 $y$ を読みとってその時間軸データ $t$ をもとにして値をプロットしていく。その結果をfig. 4(2)に示す。またfig. 4を拡大した図をfig. 5に示す。

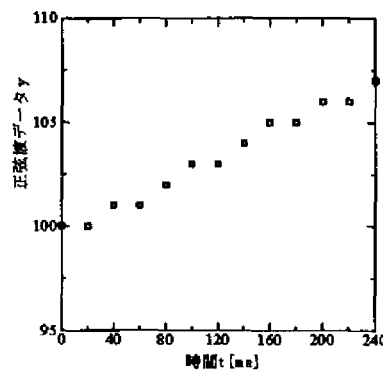


(1) 送信した正弦波波形

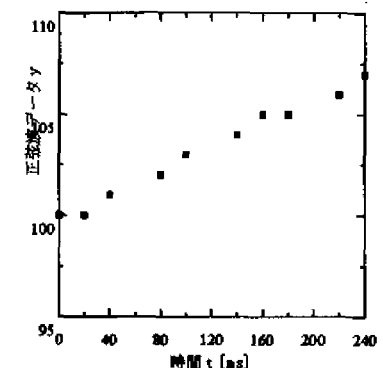


(2) 受信した正弦波波形

fig. 4 正弦波の転送



(1) 送信した正弦波の一部

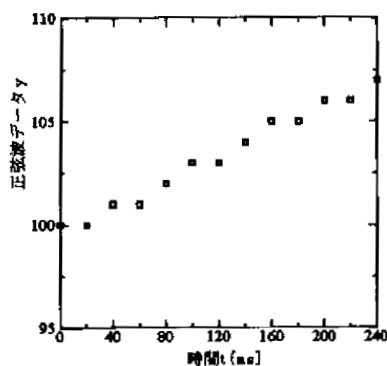


(2) 受信した正弦波の一部

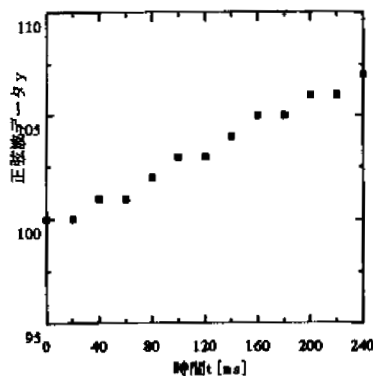
fig. 5 拡大図 (20msec 毎に送信)

fig. 5より受信側ではデータ落ちが発生していることがわかる。実際にはデータを20msec毎に合計1000回送信したにもかかわらず、受信できたのは668個であった。つまりおおよそ受信の3回に1回はデータ落ちが発生しているといえる。これはボードが通信処理をまだ行っている最中に、パソコンAがDRAMに値を書き込もうとしたためにその値は結局ボードに無視されたことが原因と考えられる。

そこで今度は送信のintervalを30msecに増やして同様の実験を行った。その結果をfig. 6に示す。この場合1000回送信されたサンプリングデータのうち997回はサンプリングできた。すなわちデータの落ちはわずか0.3%なのでリモート計測・制御用として利用できると考えられる。



(1) 送信した正弦波の一部



(2) 受信した正弦波の一部

fig. 6 拡大図 (30msec 毎に送信)

## 6. 結論

イーサネットボードを用い、TCP/IPプロトコルに基づいてデータ化けすることなくデータを送受信することができた。その際の送信インターバルとして30msec設ければ99%以上のデータはデータ落ちすることなく届くことがわかった。

今後の課題としては今回確認された転送レートをふまえながら実際にブラシレスDCモータをリモート制御することがあげられる。

## 参考文献

- 1) 白田昭司：“マルチメディア”計測ツール「Visual Designer」, Windows時代の計測・制御, 113/121, CQ 出版社 (1997)
- 2) 鎌田富久, 上田博三, 網島真一：TCP/IPとリアルタイム通信, インターフェース, vol21, 121/132 (1995)
- 3) 山崎和夫：ソケット関連APIを使ったネットワークプログラミング入門, TRY!PC, 52/85, CQ 出版社 (1997)