

ネットワークを介したステッピングモータ 制御システムの位置制御

Position Control of a Stepping Motor Control System through Network

○松尾 健史*, 三浦 武*, 谷口 敏幸*
○Kenshi Matsuo*, Takeshi Miura* and Toshiyuki Taniguchi*

*秋田大学
*Akita University

キーワード: ステッピングモータ (stepping motor), 制御システム (control system),
IP ネットワーク (IP network), 通信遅延 (time delay)

連絡先: 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学 工学資源学部 電気電子工学科
松尾健史, TEL: (018)889-2338, FAX: (018)837-0406, E-mail: matsuo@ipc.akita-u.ac.jp

1. はじめに

近年, IP (Internet Protocol) 技術の発展により, インターネットを利用したさまざまなサービスが提供されている. 身近なところでは, 例えば, 電子メール, WWW などがある. さらに最近では, IP 電話などリアルタイム性を求められるサービスも増えている.

また, インターネットは世界的に最も普及したネットワークであり, その結果, ハブやルータなどの機器も低コストで入手できる.

そのような背景により, 各種制御システムに IP ネットワークを取り入れることは, これからますます重要になると予想される. まず, 取り入れる部分として, コンピュータなどのコントローラと計測器間の信号の送受信を RS-232C や GP-IB など接続して行うものか

ら, Ethernet で LAN 接続された IP ネットワークに置き換えることが考えられる. このようにすることで, ネットワークの拡張が容易になり, インターネットを介せば, 遠距離間の通信も可能になる.

IP ネットワークは, パケット通信であるため, 1 本の回線を共有して, 複数で利用することが可能になる利点はある. しかし, 通信の負荷状況により, 通信時間の遅延や変動, パケット損失が起こることがある. 制御用に利用する場合はこれらの原因で, システムを不安定にする欠点がある.

さて, 筆者らはモータ制御の立場から, IP ネットワークを介した制御システムについて考えたい. まず, 最も基本的なモータである DCモータを用いた研究については, 近年, 報

告¹⁾³⁾が増えつつある。

一方、ステッピングモータを用いて、IP ネットワークを介した制御に関する報告は、筆者が知る限り見られない。そこで、本研究ではこれに関する研究を行う。

ステッピングモータはセンサを必要としない開ループ制御で行うことができるモータであり、DC モータ駆動システムなどのフィードバックを有しているシステムとは異なる。IP ネットワークを介して制御を行う場合、基本的な作り込みで、これまでのネットワークを介さない制御系に比べて、どの程度の制御性能を有するか調べる必要がある。本研究では、実際に IP ネットワークを介したステッピングモータ制御システムを構築し、IP ネットワーク構成により、どの程度制御できるか調べることにする。

2. 本実験システム

本実験で用いるネットワークを介したステッピングモータ位置制御システムを図 1 に示す。本制御は開ループで制御を行う。そのため、フィードバック機構を有していない。

本実験で用いたステッピングモータは、オリエンタルモーター社製 PX244-02B である。このモータは 2 相ハイブリッド形ステッピングモータであり、定格電圧 6[V]、定格電流 0.8[A]、基本ステップ角 1.8[deg.]である。

ステッピングモータは、位置決め点を順次変更することで回転する。ドライバがパルス入力を 1 つ受けることで、次の位置決め点に移動する。

本制御システムでは、PC1 から IP ネットワークを介して、パルス指令が送られる。ここでは、位置決め点を移動したい場合は 1 のデータが送信されるとする。そして、PC2 がそのパルス指令を受信する。PC2 はドライバの役割を果し、入力してきたパルスに従って、駆動回路に励磁指令を与え、モータが駆動される。本研究は、1 相励磁方式で駆動させることにする。また、無負荷で実験を行っている。

モータの角度は、分解能 5000[pulses/rev.] のロータリーエンコーダにより検出され、4 通倍されることにより 20000[pulses/rev.]で PC2 に入力される。前述のように、本制御では開ループ制御で駆動しているため、ロータリーエンコーダにより得られる角度情報は、単に実験の計測をするためだけに使用する。PC1 と

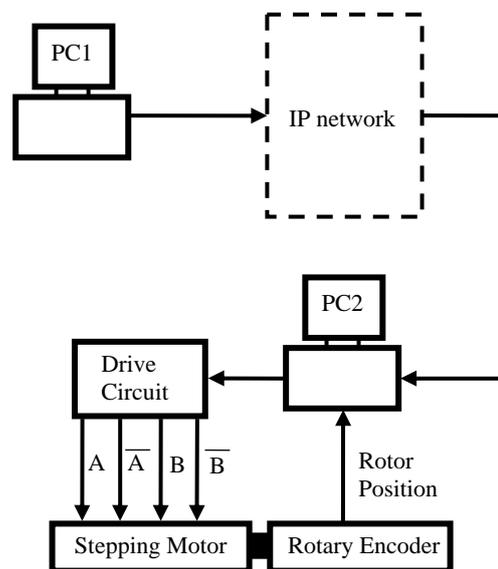


図 1 IP ネットワークを介したステッピングモータ位置制御システムの構成図

Fig.1 Schematic diagram of a position control system for a stepping motor through IP network

PC2 は、どちらもサンプリング時間 1[ms]であり、OS は Vine Linux を用いている

また、PC1 と PC2 は、100Base-T の NIC (Network Interface Card) が装着されており、そこから IP ネットワークに接続されている。本制御システムにおいて、IP ネットワーク上のデータ送受信は UDP プロトコルを用いることにする。UDP は、最も一般的な TCP より即応性に優れているが、TCP のように受信側が確認応答しないため信頼性は低い。

IP ネットワークでは、ネットワークの状況により通信時間の遅延があり、さらにその遅延時間が変動する。また、途中でパケット損失が起こることもある。通信遅延時間が変動することにより、例えば、図 1 において、PC1 から PC2 へデータを送った場合、PC1 が送った順番と PC2 が受け取った順番とが異なる場合が起こる場合もある。つまり、後に送ったデータが先に着く場合もある

ステッピングモータ制御システムにおいて、モータを次の位置決め点へ動かしたいとき、PC1 から PC2 へパルス指令を送るが、パルス間隔がモータ回転速度になる。また、PC2 に入力されるパルス数がモータの回転する角度になる。例えば、本制御系でサンプリング時間ごとに、PC1 から PC2 へパルス列を送信することにする。一定パルス間隔、すなわち、一定速度で回転させようとするとき、ネットワークの状況により、送信されたパルス情報が入ったパケットが欠損すると、PC2 側ではその入力パルスが来ないため、励磁切換ができず、等速で駆動できないことになる。

3. ネットワーク環境を変えたときの位置制御実験とその結果

この章では、IP ネットワークの環境を変えて、位置制御実験を行ったときの結果を示すことにする。

実験では、角度目標値 54[deg.]とし、回転速度 10[pps], 100[pps], 500[pps]のそれぞれ場合で実験を行う。ネットワークの環境は以下で説明する 3 つの場合で行った。

始めに、IP ネットワークがないシステムにおけるステッピングモータ駆動実験を行うことから始める (ネットワーク環境(I))。つまり、図 2 に示されるような構成で実験を行い、これを基準にして、実際に IP ネットワークを介したとき、どのように制御性能が変化していくか見ていくことにする。

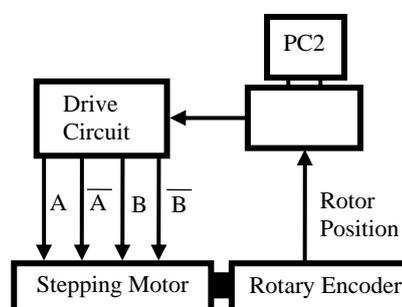


図 2 IP ネットワークなしの場合

Fig.2 In case without IP network

なお、IP ネットワークを介している場合は、PC1 がコントローラの役割を果し、PC2 はただ PC1 から送られてきたパルスに従って駆動回路に励磁切換指令をするだけであるが、この実験は IP ネットワークを介さないので、便

宜的に PC2 自身がコントローラの役割を持たせ、励磁切換指令を行い駆動させた。PC1 は使用していない。

次に、最も簡単な IP ネットワークの構成である LAN ケーブルで直結した構成で実験を行う (ネットワーク環境(II))。この構成図を図 3 に示す。

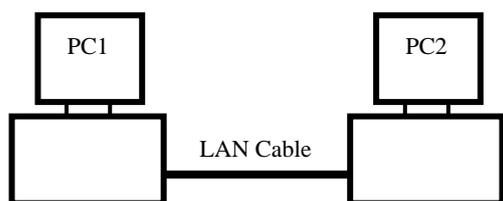


図 3 PC1 と PC2 間が LAN ケーブルで直結されている IP ネットワークの場合

Fig.3 In case of an IP network connected directly by a LAN cable between PC1 and PC2

最後に、PC1 と PC2 の IP ネットワーク間にハブが挿入されている場合を考える (ネットワーク環境(III))。この構成図を図 4 に示す。ただし、このハブには Nist Net⁴⁵⁾ と呼ばれるネットワークエミュレータがインストールされており、通信遅延や、通信遅延時間の変動、パケット損失などがエミュレートすることができる機能を持っている。本実験では、通信遅延時間は一定時間 50[ms]とし、パケット損失が 5%の割合で起こるネットワークを設定し、実験を行った。

前述の通り、いずれも角度目標値は 54[deg.]であるが、回転速度 10[pps], 100[pps], 500[pps]において、それぞれネットワーク環境(I)-(III)

の下で実験し、その結果を図 5, 図 6, 図 7 に示す。これらの図で分かるように(I)(II)の場合ではほとんど違いは見られない。(III)の場合

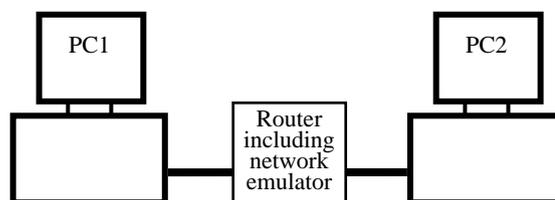


図 4 PC1 と PC2 間にネットワークエミュレータがインストールされているルータを介している IP ネットワークの場合

Fig.4 In case of IP network through the router including a network emulator between PC1 and PC2

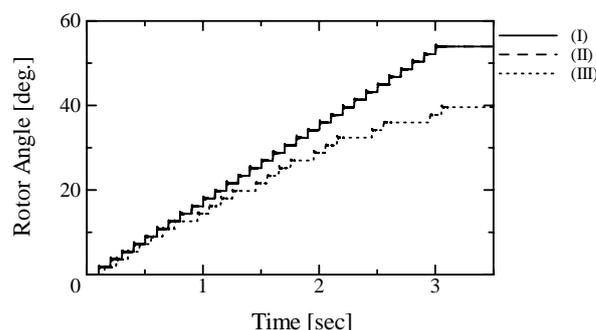


図 5 回転速度が 10pps のときの実験結果

Fig.5 Experimental results when the motor speed is 10pps.

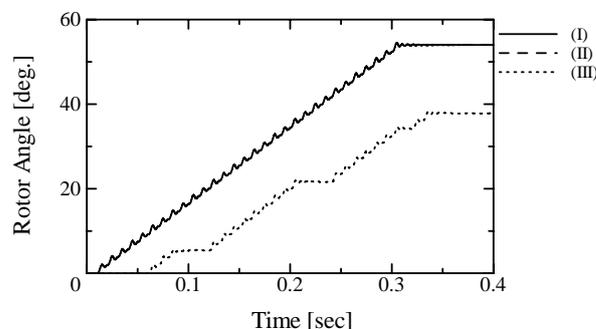


図 6 回転速度が 100pps のときの実験結果

Fig.6 Experimental results when the motor speed is 100pps.

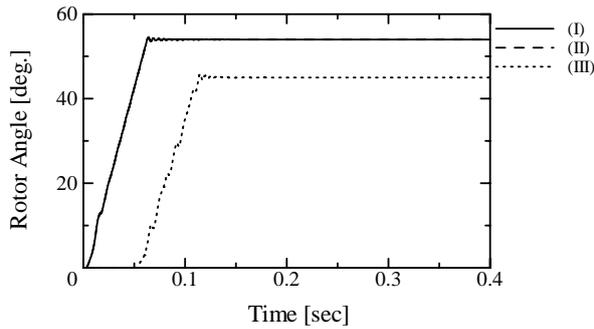


図7 回転速度が 500pps のときの実験結果

Fig.7 Experimental results when the motor speed is 500pps.

は、IP ネットワークの通信遅延時間によりその時間分立ち上がりが遅れている。また、パケット損失の影響で、パルスが損失したため PC2 に指令が届かず、目標位置まで達していないことが分かる。

4. まとめ

IP ネットワークを介したステッピングモータ位置制御システムを構築した。本研究で構築した IP ネットワークは LAN ケーブルで直結されている場合、ネットワークエミュレータがインストールされたルータを介して接続されている場合である。このとき、通常のステッピングモータ制御システムで駆動したときと比較をした。この結果、LAN ケーブルで直結しただけのシンプルな構成では、ネットワークを介しない場合とほとんど違いが見られなかった。しかし、ネットワーク間でパケット損失が起こる場合では、パルスが損失して目標位置に到達してないことが分かった。つまり、これまでのステッピングモータの駆動方法に準じて、モータを動かしたいときに

パルスを送信するだけでは、ネットワーク環境が悪くなれば、制御性能も悪くなることが分かった。

今後の課題としては、どのような送受信方法やデータ処理法が、ネットワークによる悪影響を受けないようにできるか、詳しく検討していきたい。

参考文献

- 1) Y. Tipsuwan and M.-Y. Chow: Gain Scheduler Middleware: A Methodology to Enable Existing Controllers for Networked Control and Teleoperation-Part I: Networked Control, IEEE Trans. Ind. Electron., **51**-6, 1218/1227 (2004)
- 2) Y. Tipsuwan and S. Aiemchareon: A Neuro-Fuzzy Network-Based Controller for DC Motor Speed Control, Proc. IEEE IECON 2005, 2433/2438 (2005)
- 3) K. Matsuo, T. Miura and T. Taniguchi: Speed Control of a DC Motor System through Delay Time Variant Network, Proc. SICE-ICCAS 2006, TA15-3, 399/404, (2006)
- 4) NIST Net,
<http://www-x.antd.nist.gov/nistnet/>
- 5) M. Carson and D. Santay: NIST Net: A Linux-based Network Emulation Tool, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, **33**-3, 111/126, (2003)