

TCP/IP による計測・制御ネットワークシステムに関する提案

A proposal of measurement/control system based on TCP/IP network

○高樋 昌*, 尾形 直秀*, 平山 和弘*, 本田 修啓*

Takashi TAKAHI*, Naohide OGATA*,
Kazuhiro HIRAYAMA*, Naohiro HONDA*

*福島県ハイテクプラザ

*Fukushima Technology Centre

キーワード: TCP/IP, ネットワークコンピュータ(Network Computer), GPIB,
リモート計測(Remote Measurement)

連絡先: 〒963-0215 郡山市待池台 1-12 福島県ハイテクプラザ応用技術部 電子応用科
高樋昌, Tel.: (0249)59-1737, Fax.: (0249)59-1961, E-mail: ttakahi@fukushima-iri.go.jp

1 はじめに

オフィス系ネットワークシステムから発生したイントラネットブームにより、Ethernet、TCP/IP は事実上の LAN 標準プロトコルとして定着した。この流れは計測・制御が中心であるファクトリー・オートメーション(FA)分野にも及び、計測器、プログラマブル・コントローラから、NC マシンのような加工機まで TCP/IP を実装した製品が現れてきている。昨今では、制御システムと受注、発注、在庫管理等オフィス系ネットワーク、CAD/CAM 等の開発系ネットワークを互いに接続し情報交換を行なう FA イン트라ネットという形に発展してきている。

自動計測・制御システムにおいても、工場管理ネットワークの導入に伴って、TCP/IP 実装の要求が高まっている。

我々は、パーソナルコンピュータ用の UNIX 互換 OS である Linux を用いて TCP/IP 対応自動計測装置を試作した。

2 計測・制御システムとネットワーク

計測・制御が主な処理である工業用ネットワークでは、規定時間内でのデータの到達が保証されるリアルタイム性が問題とされてきた。そのため、生産現場のような直接制御に関わる部分では、Ethernet のような CSMA/CD 方式では問題があるとされ、例えば MAP(Manufacturing Automation Protocol)ではトークンパッシングバス方式が用いられてきた。

しかし、昨今では他のネットワーク機器との互換性の方が重要視されるようになり、Ethernet が生産現場に利用されるようになってきている。ワークステーション、パーソナルコンピュータ等のデータ処理系との接続を目的としてネットワークプロトコルには TCP/IP が実装されることが多い。

生産現場での現状の通信の利用形態には以下の特徴がある。

- 通信データは工程管理、品質管理、在庫管

理等のための情報収集が主であり、厳密なリアルタイム性を必要としないものが多い。

- 時間的制約の強い制御が必要な装置は、個々の装置単体で制御ループが完結するようにつくられている。
- リアルタイムを有する通信は機器、または、ベンダー独自のプロトコルによるものが多く、そのプロトコルを利用する機器群はローカルなネットワークとして構成すれば良い。

つまり、EthernetのようなCSMA/CD方式の通信でもFAネットワークで利用可能なものが大部分である。

TCP/IPには、他の機器との通信の互換性の他に、既に定義されている数多くのサービスを必要に応じて利用することができるというイントラネット的な手法が活用できるという利点がある。

3 FA ネットワークコンピュータ

オフィス用の端末ネットワークコンピュータは、クライアント/サーバ型分散環境によりネットワーク上の資源を利用することで低コスト化を図るとともに、アプリケーションのバージョンアップの容易さなど管理面でのメリットを得ている。

この方式を自動計測・制御用のパーソナルコンピュータに応用したネットワークリモート計測・制御端末、FAネットワークコンピュータを構成することにした。

3.1 基本仕様

ハードウェアは、標準の内部仕様が公開されていることから、IBM PC-AT 互換機をターゲットとした。タワー型、デスクトップ型、産業用ボードコンピュータと状況に応じて形状を選ぶことにした。

OSは、以下の条件からFree SoftであるLinuxを用いることにした。

- 通信と計測、制御を並行に行うためにマルチタスクであること
- TCP/IP ネットワークに標準で対応していること
- プロセスからI/Oポート等の入出力が可能であること
- ソフトウェア開発に高価なツールが必要ないこと
- ソースコード付属でOS内部の仕様を知ることができる
- Javaの開発環境、実行環境があること

Linuxは制御システム向けのイベントドリブン型のタスクスケジューリングを行うOSではないが、今回はTCP/IPネットワークに関する対応の方を重視することにした。

また、制御目的には、LinuxにはReal-Time Linuxプロジェクトによるカーネルパッチがあり、一般のプロセスとは別にリアルタイムのプロセスを実行することができる。

3.2 構成

ISAバスの産業用コンピュータボードを用いた場合のハードウェア構成を図1に示す。

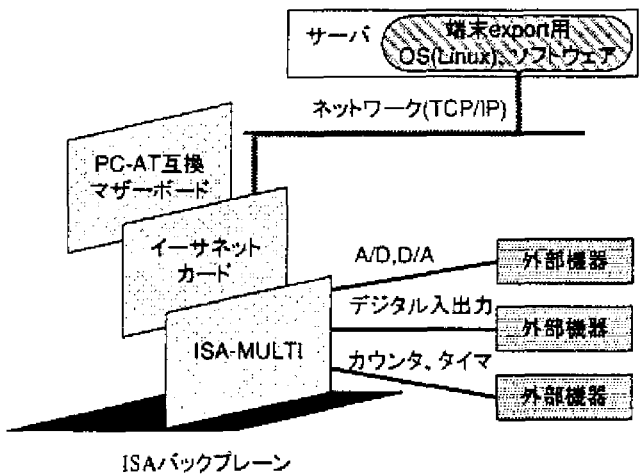


図1 FA ネットワークコンピュータの構成

ハードウェアは PC-AT 互換マザーボードと Ethernet カードをバックプレーンと呼ばれるボードに差し込んだものである。これに、必要に応じて計測・制御用インターフェースカードを追加することで構成する。

ブートアップはイーサネットカードのソケットに装着したブート用 ROM により、BOOTP サーバを通じて実行される。

ファイルシステムも同様に NFS サーバからの供給を受ける。

このシステムには次のような特徴がある。

- 計測制御端末アプリケーションがサーバ側で集中的に管理できる。
- 複数の端末がある場合、サーバ上のファイルを共有して使うことができるため、ディスク容量を節減することができる。
- ディスクレスであり粉塵など環境の良くない場所であっても使用できる。
- 故障等による端末交換の際に、以前のファイルをそのまま使うため交換が容易に行える。
- telnet 等によりリモートメンテナンスが行える。

タワー型のケースに以下のハードウェアを組み込んだものをプロトタイプとした。

- マザーカード
MPU AMD 社 5x86 40MHz4倍速、メモリ 32Mbyte
- イーサネットカード
ELECOM 社 NE2000 互換、10BASE-T、ジャンパピン/ジャンパレス選択タイプ
- マルチファンクションカード ISA-MULTI
実験、研修用に開発した A/D、D/A、デジタル入出力、カウンタ・タイマを搭載した ISA バス用カード

ISA-MULTI の各入出力に関して Java 等の高級言語から使用できるようにするためデバイスドライバを開発し、それぞれテストプログラムにより動作確認を行った。

FA ネットワークコンピュータを利用した計測・制御システムの構成例を図 2 に示す。

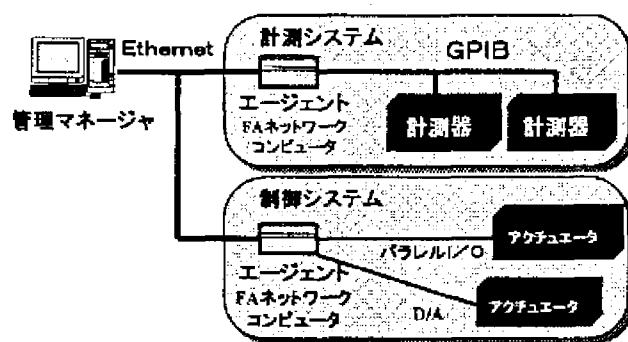


図 2 FA ネットワークコンピュータを利用した計測・制御システム

4 自動計測器の試作

FA ネットワークコンピュータの動作を評価するために、リモート GPIB 計測システムを開発した。

イントラネット等におけるマルチプラットフォームでの利用、アプレット化を考慮し、アプリケーションは Java で記述した。

実験は、マザーカードを山下システムズ社の産業用ボードコンピュータ AS-3210+DX2 に変更し、ナショナルインスツルメント社の GPIB カード、AT-GPIB を追加して行った。

4.1 GPIB デバイスドライバ

GPIB デバイスドライバには、Linux Lab Project の Linux-GPIB を利用した²⁾。

まず、このドライバを Java 言語で使用するために、図 3 に示す Java 用インタフェースを開発した。

インタフェースは、Java RMI によるクライアント、サーバに分かれており、サーバ側は、Linux-GPIB のライブラリをネイティブメソッドとして呼び出している。

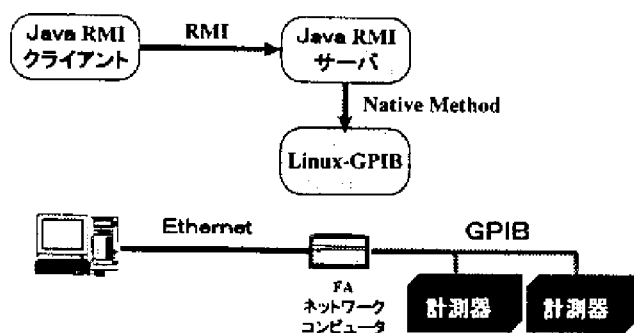


図 3 GPIBドライバ Java 用インタフェース

Java RMI はネットワークトラブルなどによる通信不能状態におけるタイムアウト処理を実装していないため、計測用タイムアウト処理ルーチンをクライアントアプリケーションに追加し、サーバ、クライアント間の通信不能状態に対応させている³⁾。

4.2 評価実験

GPIB ライブラリを利用した計測用アプリケーションを比較的使用頻度の高い測定器について開発し評価実験を行った。対象とした測定器は以下の通りである。

- 横河電機 デジタルマルチメータ 7552
- 横河電機 デジタルマルチ温度計 7563
- YHP データロガー 3852A
- アドバンテスト 微小電流計 R8340

基本的にほぼ同じプログラムで各測定器が動作するようにプログラムを作成した。各測定器毎の GPIB コマンドの違いは、コマンド専用ルーチンを各測定器毎に用意することで対応した。

実験を行うにあたり、館内 LAN を介した連続運転時のシステムの安定性を見るために、図 4 に示す温度監視・冷却システムを組んだ。YHP 3852A に熱伝対 2 本を接続し、室内温度とサーバマシンの CPU 温度を測り CPU 温度がある一定値を越えた場合に CPU ファンを起動する。CPUファンの ON/OFF にはマルチファンクションカードのデジタル出力を用いた。

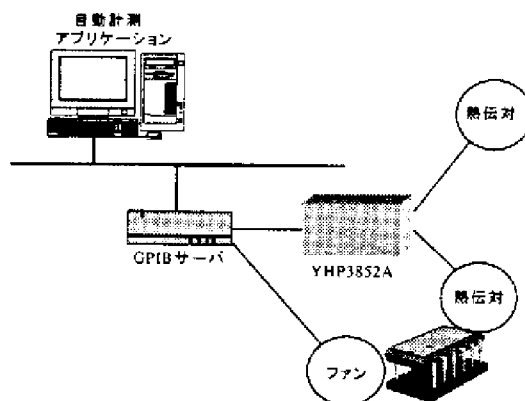


図 4 温度監視・冷却システム

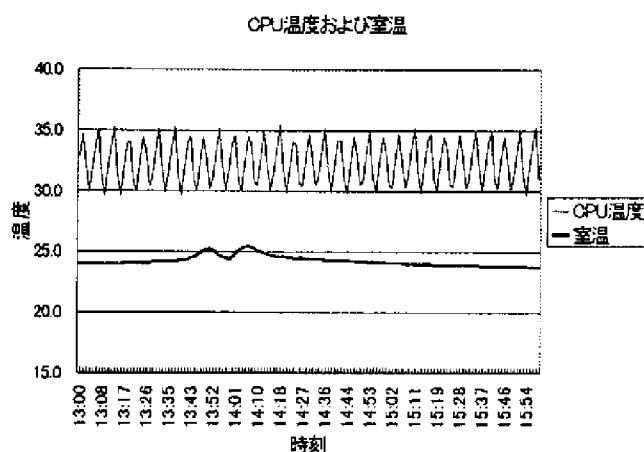


図 5 温度測定データ

図 5 に温度測定データを示す。これによると測定の間、通信エラー、データの読み飛ばし、冷却不能などもなくリモート計測システムが正常に稼働していることがわかる。実際には 1 週間以上連続運転を行っており、やはり、動作不良などは発生せず安定に動作することを確認した。

4.3 実施例

実際の生産工程を想定し、他研究チームの行っている有機薄膜の成膜実験に本リモート計測システムを導入し適正条件のモニタとデータ収集を行った。実験には図 6 に示すシステムを用いた。

実験室での実施例になるが、実際の生産と同じ工程で有機薄膜を成膜しているため、このまま企業で応用することが可能である。

有機薄膜は大きく分けて

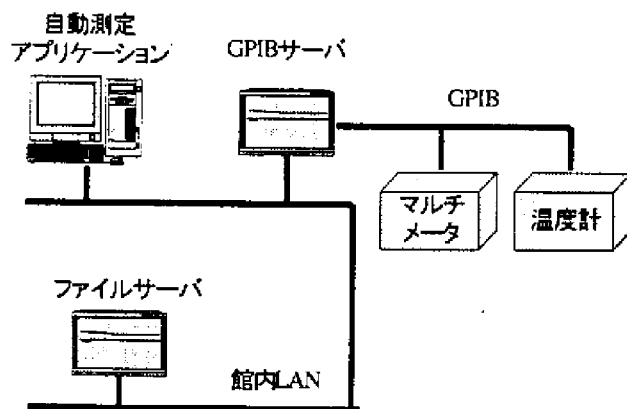


図6 評価実験システム

- 蒸着 → 配向 → 検査 → 製品(出荷)

という工程で生産される。各工程を見てみると、蒸着工程は常時モニタリングの必要もあまりなく作業者はさほど時間的に拘束されない。検査、製品工程は工程あたりの拘束時間があまりない。

一方、配向工程は1工程につき1時間程度かかり、かつ、適正条件をモニタするために常時人が立ち会う必要がある。例えば有機薄膜圧電素子などを作成する場合、図7に示す様にある条件で適正な電流が流れなければ薄膜が配向せず、素子として機能しなくなるため、作業者は具体的な作業として、電圧(電界)を一定に保ったまま規定温度まで昇温し、同時に電流変化をモニタしなければならない。

上記のほかに、ライン数が多くなればなるほど人員あるいはモニタ用のコンピュータが必要になることも考慮しなくてはならない。

しかし、本システムを導入することによりネットワークを介して工程の一元監視ができるようになり、さらにはローカルコンピュータ上でのデータ処理に専念すればよくなるので作業員の拘束時間も短縮することが可能となる。

そこで、実際の拘束時間がどの程度短縮できるのかを調べた。有機薄膜の成膜実験は企業との共同研究であるため制御値やモニタ値など具

体的な値は現在公表できないが、本リモート計測システムを導入することにより1時間の拘束時間がほぼ半分になった。

現在は配向工程でのモニタを行っているが、蒸着機での蒸着作業や製品評価まで一貫して管理するシステムの構築を検討中である。

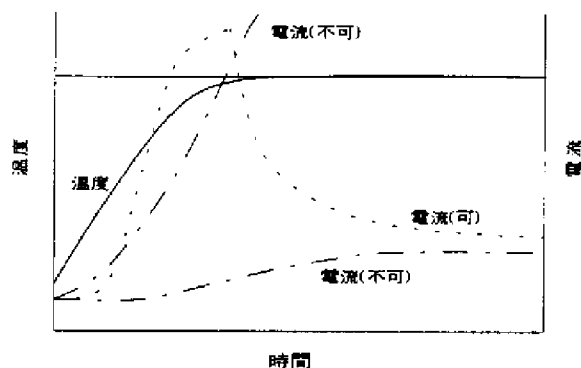


図7 制御値およびモニタ値

5 今後の課題

他の製品の生産現場へ導入し、本リモート計測システムの有効性を実証する必要がある。

また、今回作成したリモート計測システムをさらに一般化するために、SNMPを導入し計測・制御用のMIBオブジェクトを新たに定義することで、計測・制御システム全体をSNMPにより管理する総合計測制御管理システムのプロトタイプ構築を進める⁴⁾。

参考文献

- 1) Real-Time Linux
<http://rtlinux.cs.nmt.edu/~rtlinux/>
- 2) The Linux Lab Project Home Page
<http://www.llp.fu-berlin.de/>
- 3) Elliotte Rusty Harold, Java Networking Programming, O'REILY
- 4) The UCD-SNMP Project Home Page
<http://www.ece.ucdavis.edu/ucd-snmpp/>