

## 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

尾形 直秀 高樋 昌 平山 和弘 本田 修啓  
福島県ハイテクプラザ

### 概要

自動検査装置は、柔軟性、ソフトウェアの開発の容易さからパーソナルコンピュータをコントローラとして実現されることが多い。近年、工場管理ネットワーク導入が進むのにつれて、TCP/IP ネットワークに対応した自動化装置の実現が要求されている。しかしながら、パーソナルコンピュータで多く使われている Windows、MS-DOS では、ネットワークの対応し安定に動作する装置を実現することは困難であった。

我々は、IBM PC-AT 互換パーソナルコンピュータに Free Soft である Linux を搭載して自動計測装置を試作した。以上の成果をもとに、ネットワーク管理プロトコルである SNMP を計測制御用に応用した、総合計測制御管理システムのプロトタイプ構築を進めている。

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

Naohide OGATA Takashi TAKAHI Kazuhiro HIRAYAMA Naohiro HONDA  
Fukushima Technology Centre

### Abstract

Currently, most measurement/control instruments are controlled by personal computers (PCs) because of the functional flexibility of PCs and the ease of programming. The recent spread of networked factory automation has increased the need of measurement/control instruments compatible with the TCP/IP network.

However, such instruments with sufficient robustness have been difficult to obtain by using the MS-Windows or the MS-DOS. Thus, we developed a prototype instrument using the Linux operating system on a PC and have confirmed that the expected performance is achieved. We are now planning to construct a prototype of group control system by applying the SNMP to measurement and control.

### 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。

さらに、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。

## 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트라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 IO ポートの入出力が可能であること

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 内部の仕様を知る事ができる
- 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[1]。

### 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。

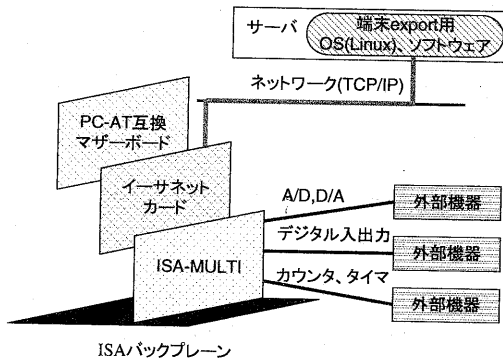


図1 FA ネットワークコンピュータの構成

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 I/O 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。
- 故障など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 等によりリモートで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 40MHz 4倍速、メモリ 32 Mbyte

#### ●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。

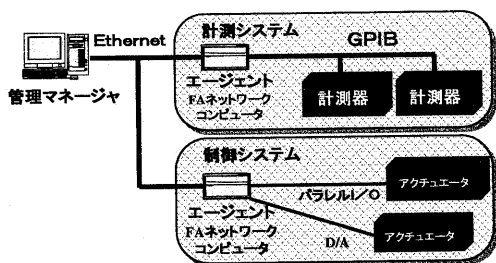


図2 FA ネットワークコンピュータを利用した計測・制御システム

#### 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。

実験には、上記プロトタイプに、GPIB カード、ナショナルインスツルメント社 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。

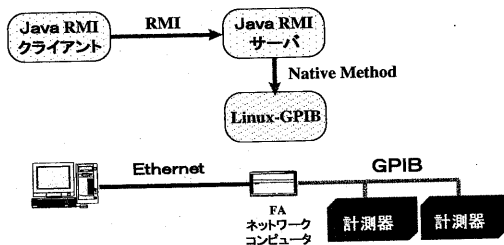


図3 GPIB ドライバ Java 用インタフェース

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。

#### 4.2 評価実験

はじめに、マルチメータを使用して抵抗値を測定する試験用アプリケーションを開発し、1週間連続運転を行い、安定に動作することを確認した。

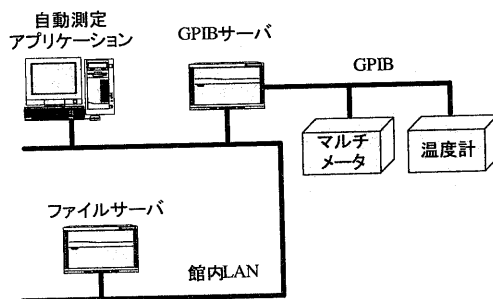


図4 評価実験システム

次に、図 4 に示すリモート GPIB 計測システムを開発し、館内 LAN を介しての動作させ、データ読み飛ばし等の不具合なく動作すること確認した。

#### 5 SNMP による計測制御管理

計測・制御管理プロトコルの標準化を図るため、ネットワーク管理用プロトコル SNMP を計測・制御データの転送に利用することを検討した。

SNMP の利用は、プロトコル標準化の他に次のようなメリットがある。

- ネットワークと、計測、制御のすべてが SNMP で管理できるため、1つの管理ツールのみでシステム全体を管理することができる
- SNMP の Set\_Request は受信側の動作に対して強制力を持たない弱い制御である。このため、他の機器の制御動作に影響を与えるお

それが少ない。

- 機器毎に異なるコマンド、出力フォーマットを、MIB 定義により統一化を図ることができる
- 既存の SNMP ツールを利用して、開発期間を短縮できる

実用のためには、以下の点について、検証する必要がある。

- SNMP 通信処理が、計測、制御処理時間に与える影響
- リクエストからレスポンスが返ってくるまでの応答時間

### 5.1 既存ツール利用の検討

今回は、SNMP の計測、制御への利用の可能性の検討にあたって、既存ツールを利用し計測データの収集を試みた。

SNMP エージェントには、MIB 拡張部分でユーザ定義で外部コマンド実行ができる UCD-SNMP を上記のリモートを下記のシステムに組み込んだものを使用した[4]。

- PC-AT 互換機  
(Pentium 90MHz, メモリ32M)
- OS Linux(kernel 2.0.33)
- Java 環境 Linux-jdk(jdk 1.1.3 相当)

管理マネージャは、Java で開発したテスト用のツールを、以下の環境で実行した。

- Sun Sparc station5、メモリ32M
- OS SunOS 5.6
- Java 環境 Java WORKSHOP 2.0

実験は、図5のように UCD-SNMP のエージェントの設定で拡張 MIB に対するコマンドに

/bin/date を設定しておき、管理マネージャから 1 秒おきと5秒おきに間隔を変えて、それぞれ3分間繰り返し読み込みを行った。

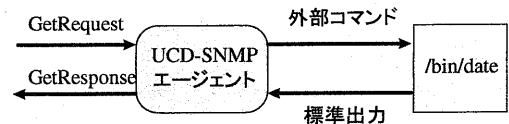


図5 エージェント側の内部動作

2種類の読み出し間隔を設定した理由は、UCD-SNMP の外部コマンド呼び出しは、同一の識別子を指定した Snmp GetRequest が続く場合は、前回の外部コマンド呼び出しから30秒経過するまで、実際の呼び出しは行われず、直前の値を返すという実装になっているため、測定条件を変えて、実際に呼び出しを行った際の消費時間を算出するという目的のためである。

受け取った/bin/date の値から読み取った経過時間と、レスポンスの数、読み込み間隔から、Snmp GetRequest から Snmp GetResponse を受け取るまでの平均時間を算出しようとしたが、試行時間が3分間では、特に読み出し間隔の有為さは見られず、トータルで1秒以内の遅れしか検出されなかった。

今回は、就業時間後での測定のため、ネットワークの使用率が低く、レスポンスの状態が良かったと思われる。

さらに、長時間での試験、さらに、ネットワーク使用率の高い条件下での試験を行う必要がある。

## 6 今後の課題

今回作成した自動計測器や、SNMP を応用した計測データの転送を、実システムとして稼働させる場合、本装置が使用可能であるか判断する

ための目安として、さらに以下の検証が必要となってくる。

まず、信頼性に関して、1ヶ月程度の連続運転において、アプリケーションで異常が発生しないか、また、データの取りこぼし等発生しないかということを試験する必要がある。

次に、応答の即時性について、どの程度までの処理速度が見込めるかという目安が必要である。これは、ネットワークの使用率との関連を含めて調べる必要がある。

## 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-snmp/>
- [5] William Stallings:SNMP バイブル, アジソン・ウェスレイ・パブリッシャーズ・ジャパン
- [6] G.Carpenter and B.Wijnen, SNMP-DPI, RFC1228 May