

# 15 インターネットを利用した機器の遠隔診断

## 平成 17 年度広島県地域研究者養成事業「組み込みシステム技術を利用した機器の開発」

藤原義也, 川上 聡\*, 村河亮利

Remote diagnostics system for industrial equipments over Internet

FUJIWARA Yoshinari, KAWAKAMI Satoshi, and MURAKAWA Akitoshi

By the recent spread of cheap and high-speed Internet, a remote diagnostics system which enables us to grasp the breakdown status of the industrial equipments is desired, in order to do a quick and secure fixing.

In the research, we developed a remote diagnostics system for industrial equipments. The Embedded Linux is used to connect the industrial equipment to network. By utilizing the open source software, the development period required for system construction could be reduced.

キーワード：組み込み Linux, 遠隔診断, uClinux, 産業機器, シリアル通信

### 1 緒 言

安価で高速大容量のインターネットの普及に伴い, 産業機器の分野では, インターネットを利用して産業機器の故障状況を把握し, 敏速かつ確実な故障対応を行うため, ネットワークを利用した遠隔診断のニーズが高まっている。

また, 産業機器故障時の遠隔診断以外に, 産業機器のメンテナンスのため, 制御プログラムのバグ修正や機能向上のためのバージョンアップなどを行うことができれば, 顧客に対する保守サービス品質の向上につながる。

本研究では, 産業機器をネットワークに接続するために組み込み Linux 端末を用い, 産業機器の制御プログラムをネットワークを介してバージョンアップを行うシステムを構築した。

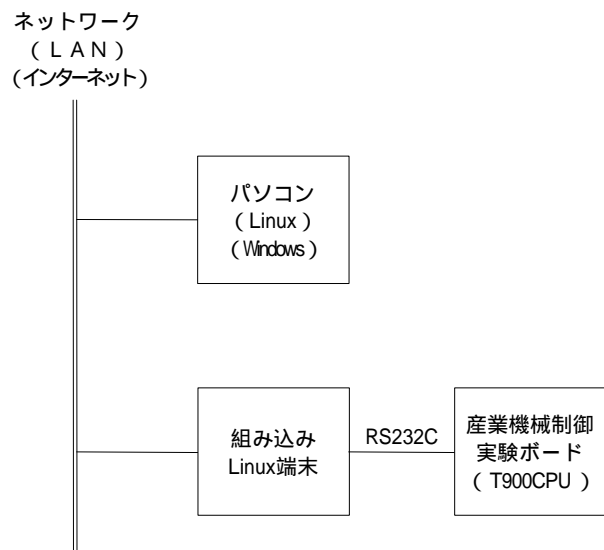


図 1 システム構成

### 2 システム構成

本システムは図 1 に示すように, 組み込み Linux 端末, 産業機械制御実験ボード, および, バージョンアップ操作を行うパソコンで構成される。組み込み Linux 端末と実験ボードは RS232C により接続する仕様とした。RS232C は多くの産業機器がサポートしているシリアル通信方式であるため, 産業機器ごとに制御部のみ開発するだけで, 本システムを他の産業機器へ応用することが可能である。

### 3 組み込み Linux 端末

#### 3.1 組み込み Linux

Linux は近年サーバとしての運用実績により OS としての堅牢性が認知され, ネットワークを利用した組み込み機器に搭載する OS として注目されている。

Linux を採用するメリットとして, Linux カーネルを

\* (株)メタソフト・フジ

はじめ、Web サーバや ftp サーバなどの多数のアプリケーションがオープンソースソフトウェアとして公開されており、ネットワークを利用したシステム構築の際に開発期間の短縮・開発コスト削減を図ることができる点が挙げられる。

また Linux は ARM ,SH など組み込み用途で利用されるさまざまな CPU に対応しており、ソフトウェアの再利用がしやすいことも、組み込み機器開発に Linux が採用される事例が増えている一因と考えられる。

本研究では、組み込み Linux 端末として、(株)アットマークテクノ社の Armadillo-J を用いた。表 1 に Armadillo-J の仕様を示す。Armadillo-J は Ethernet インターフェイスと UART インターフェイスを備えており消費電力も 1.2W と小さい。uClinux はメモリ管理ユニット (MMU)を持たない安価な CPU でも動作するように開発された Linux である。また Web サーバの tthttpd は Apache に比べてプログラムサイズが小さく軽量であるが、CGI やユーザ認証機能も利用可能である。

表1 Armadillo-Jの仕様

CPU	ARM7TDMI
SDRAM	8MB
FLASH	2MB
シリアルポート	UART(1ch)
LAN	10BaseT/100BaseTx
OS	uClinux
Webサーバ	tthttpd

### 3.2 組み込み Linux 開発環境

一般に、組み込み Linux 端末はディスク容量が少なくコンパイラなどの開発環境を導入できないことが多い。また、開発環境を導入できたとしても CPU の性能が低いためコンパイルに時間がかかり、開発効率が低下してしまうという問題がある。そこで組み込み Linux 開発ではクロスコンパイル環境を構築し開発を行うのが一般的である。本研究では、Linux をインストールした開発ホストパソコン ( CPU:Celeron 500MHz, OS:VineLinux 3.3.2 )にクロスコンパイル環境( Atmark-dist-20051017, Linux カーネルバージョン:2.4.22 ) を構築し開発を進めた。

### 3.3 ソフトウェア開発

本システムでは、組み込み Linux 端末で Web サーバ (tthttpd)を動作させ、CGI(Common Gateway Interface)を利用してバージョンアップファイルを組み込み Linux 端末にアップロードし、シリアル通信により産業機械制

御実験ボードの CPU と通信を行うことでプログラムの書き換えを行う構成とした。

一般に CGI は Perl 言語が用いられることが多いが、Armadillo-J はフラッシュメモリのサイズが 2MB と小さく Perl 言語を組み込むことができないため、C 言語により CGI を開発した。

ファイルアップロードの CGI を作成し、動作確認をしたところ、ファイルサイズが小さい場合は正常にアップロードできるが、サイズが約 4K バイトを越えるファイルをアップロードした場合、CGI がフリーズする問題が生じた。

不具合箇所の絞込みを行うため、MMU を搭載した CPU(Intel Celeron)で動作確認を行ったところ同じ CGI プログラムで正常動作した。MMU の有無が影響する不具合であると考え、MMU が影響するのは子プロセスを生成する関数を使用する Web サーバが考えられるため、tthttpd のソースコードを調べたところ、親プロセスと子プロセスがプロセス間通信を行うコード部分でプログラムが停止していたことが分かった。

tthttpd の動作をソースコードで調べたところ、tthttpd では CGI でデータを受け取る際に子プロセスを生成し、pipe()関数によるプロセス間通信を行い、ブラウザから受け取ったデータを CGI プログラムに受け渡すようになっていた。このアルゴリズムでは子プロセスの生成に fork()関数を使用すれば正常に動作するが、vfork()関数を使用した場合、プログラムが停止する可能性がある。

ここで子プロセスの生成について簡単に説明する。vfork()関数は MMU を持たない CPU で fork()関数が使えないことを補うために uClinux など実装されている関数である。fork()関数と vfork()関数の動作の違いとしては fork()関数の場合、親プロセスと子プロセスは完全に独立して実行されるが、vfork()関数の場合子プロセスが exit()関数もしくは execve()関数などを実行するまでは、親プロセスは停止状態になる点が挙げられる。

MMU を持たない CPU を搭載した Armadillo-J では、子プロセスの生成に vfork()関数を使用するため、プロセス間通信を行う pipe()関数のバッファサイズである 4K バイト以上のデータを送信するとバッファがいっぱいになりロック状態になることが、今回生じた問題の原因であった。そこで、ソースコードを修正し正常動作を確認した。

## 4 実験ボード開発

実験ボードは(株)メタソフト・フジで開発・販売している印刷機制御ボードを想定し、シリアル通信インターフ

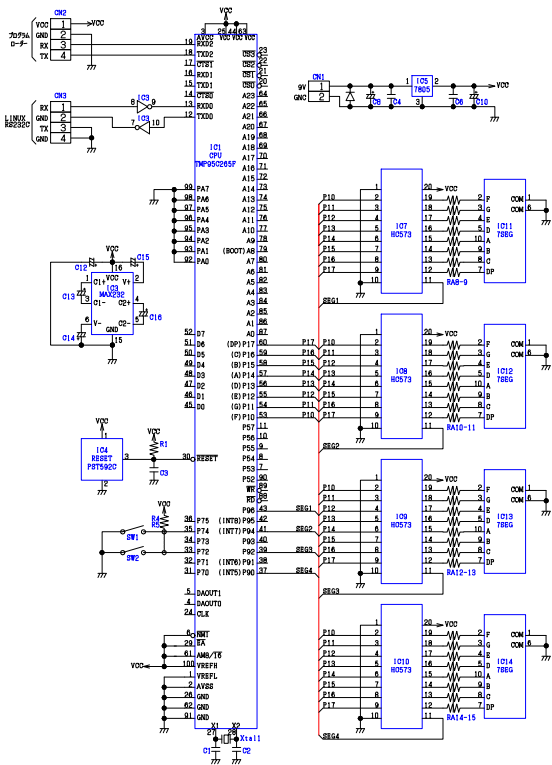


図2 回路図

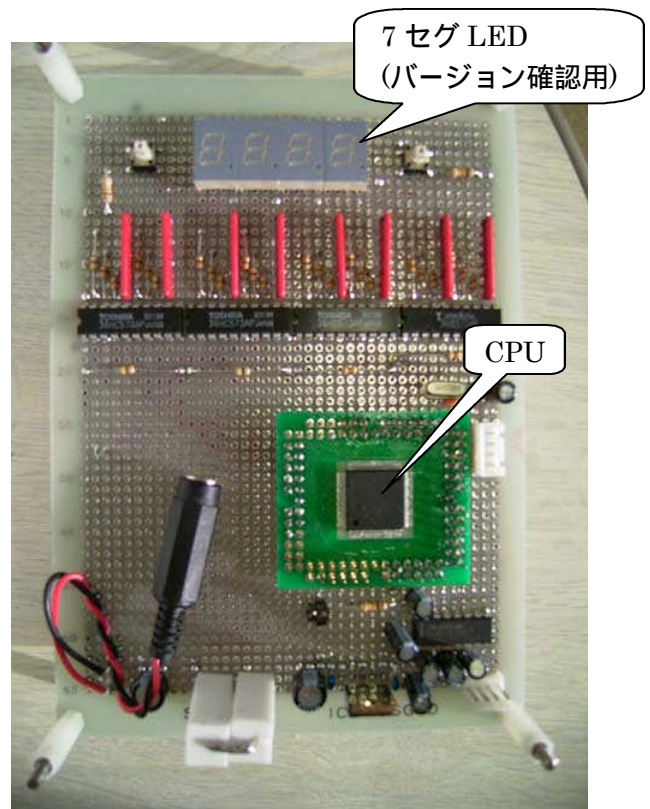


図3 実験ボード基板

エースを追加したボードを作製した。試作した実験ボードの回路図を図2に、写真を図3に示す。この実験ボードでは、フラッシュメモリを搭載したCPU（東芝TMP95FY64）に制御信号を送ることで、フラッシュメモリに保存されているプログラムを書き換え、7セグLEDによりフラッシュメモリに保存されているプログラムバージョンの確認を行うことができる。また、フラッシュメモリの書き換え時に、動作中のプログラムをメモリに退避させ実行することで、制御対象となる産業機器の動作を止めることなくプログラムのバージョンアップを行うことができる仕様となっている。

TMP95FY64のプログラム開発には、T900CPU開発環境である「SW96WNO-ZCC Ver1.2」を用いた。

システム全体の動作確認を行い、制御ソフトのバージョンアップが正常に行われCPUの正常動作を確認した。

## 5 結 言

組み込みLinux端末を用いて産業機器をネットワークに接続し、産業機器の制御プログラムをネットワークを介して遠隔でバージョンアップするシステムを構築した。OSやWebサーバにオープンソースソフトウェアを利用することで、ネットワークを利用したシステム構築にかかる開発期間を短縮できた。また、既存ソフト

ウェアに不具合があった場合にもソースコードを調べることで対応できた。

今回開発したシステムは暗号化などのセキュリティ対策を行っていないため、インターネットで利用する場合には、VPN(Virtual Private Network)などの併用が望ましい。

今後は、インターネットを介して安全にバージョンアップを行うため、セキュリティーを確保したシステムに発展させる必要がある。

また、組み込みLinux端末に関しても、さまざまな産業機器に対応させるため、産業機器の遠隔診断に必要なAPIを実装した汎用遠隔監視ユニットを開発する予定である。将来的にはこの汎用遠隔監視ユニットに無線通信機能を搭載すれば自動車などの移動機器の遠隔メンテナンスにも応用可能である。

なお、本研究は平成17年度広島県地域研究者養成事業を活用して実施したものである。

## 文 献

- 1) <http://armadillo.atmark-techno.com/armadillo-j>
- 2) 1999「Linuxプログラミング」Neil Matthew, Richard Stones ソフトバンクパブリッシング株式会社