

DEVELOPMENT OF A PC/104-PLUS BASED CPU MODULE WITH POWER OVER ETHERNET CAPABILITY

Miho Ishii^{1,A)}, Takemasa Masuda^{A)}, Toru Ohata^{A)}, Ryotaro Tanaka^{A)}

^{A)} Japan Synchrotron Radiation Research Institute

1-1-1 Kouto, Sayo, Hyogo, 679-5198

Abstract

We developed a PC/104-Plus based CPU module with Power over Ethernet (PoE, IEEE 802.3af) capability. It is based on RENESAS Technology SH-4 CPU that is used for embedded applications requiring both high performance and low power consumption. We ported Linux 2.6 kernel to the CPU module and set up to run on diskless environment of NFS root. By stacking a dedicated PoE low power module onto the CPU module, it runs without a direct DC power supply. The PoE capability has advantages of power cable saving and power management by remote operation via a power sourcing equipment such as a switching hub. We can choose stackable PC/104 or PC/104-Plus peripheral I/O modules from a variety of commercial products such as analog inputs and outputs or digital inputs/outputs. Therefore, we can assemble a compact, flexible and low-cost embedded-measurement instrument. As a first application, we have a plan to apply the CPU module to an analog-signal measurement such as a digital multi mater. We will report the influence of the PoE power sourcing on the measurement.

Power over Ethernet対応PC/104-Plus CPUモジュールの開発

1. はじめに

SPring-8における加速器やビームラインの機器制御系は、VMEbusシステムを中核として構成されており、広大な施設内に数多く分散設置されている。VMEbusシステムはモジュールの組み替えにより、用途に合わせたシステムを構築することができる。一方で、例えば数点の入出力や数軸のモーター制御しか必要としない場合など、19インチラックを設置するための場所の確保、ラックの運搬などに伴う設置の手間、費用を考慮すると、VMEが最良の解とは言い難い場合もある。

そこで、より簡便に導入できる制御システムの検討を勧めてきた中で、小型制御システムへのアプローチとして、PC/104-Plusに着目した。PC/104-Plusは、ISAバス(PC/104バス)とPCIバス(PC/104-Plusバス)を持った組み込みコンピュータの仕様で、フォームファクタサイズは90.17 mm x 95.89mmである。VMEのようなバックプレーンを持たないかわりに、複数のモジュールをスタックさせて組み込みシステムを構築する。CPUモジュール以外に、最大4枚のモジュールをスタックさせることができる。したがって、用途に合わせた汎用的な小型組み込み計測器を構築することができる。

また、SPring-8では、分散制御システムを構築する上で、設置において高い自由度をもつPower over Ethernet (PoE) 技術を以前より積極的に導入してきた。PoEは、IEEE802.8afで標準化されており、カテゴリ5以上のイーサネットケーブルを通じて電力を供給する技術である。給電側機器 (Power Sourcing Equipment, PSE) からは最大48V/15.4W、最長100m

まで電源供給可能である。これは、通常のイーサネット通信で扱える距離と同じである。イーサネットケーブル1本で通信と給電の両方が行えるので、電源が容易に取れない様な場所にも受電側機器を設置することができる。このメリットを生かしたPoE対応の計測器として、精密温度測定器^[1]が導入されている。

現状では、PoE対応の汎用的な組み込み用 CPU ボードは、あまり市販されていない。そこで汎用的な小型計測システムの構築を目指して、PC/104-Plus CPUモジュール (ND-PC104P-SH4) を開発した。ND-PC104P-SH4は、専用のPoEパワーモジュール (ND-PC104P-POE)をスタックすることにより、PoEで動作する。

2. モジュール開発

当初、CPUモジュールにPoEモジュールを搭載し、CPUモジュール1枚だけでPoE動作させることを考えた。しかし、PC/104とPC/104-Plusの両コネクタが基板上で大きな面積を占めてしまい、物理的にPoEモジュールを搭載させることができなかった。そこで、PoEによる電源供給部を分離し、別モジュールとした。

2.1 CPUモジュール (ND-PC104P-SH4)

PoEで動作させるためには、低消費電力のCPUが必須である。そこで、線型加速器のパルスモーター制御の為に導入されているマルチコントローラユニット^[2]や測温抵抗体を使用したPoE対応精密温度測定

¹ E-mail: ishii@spring8.or.jp

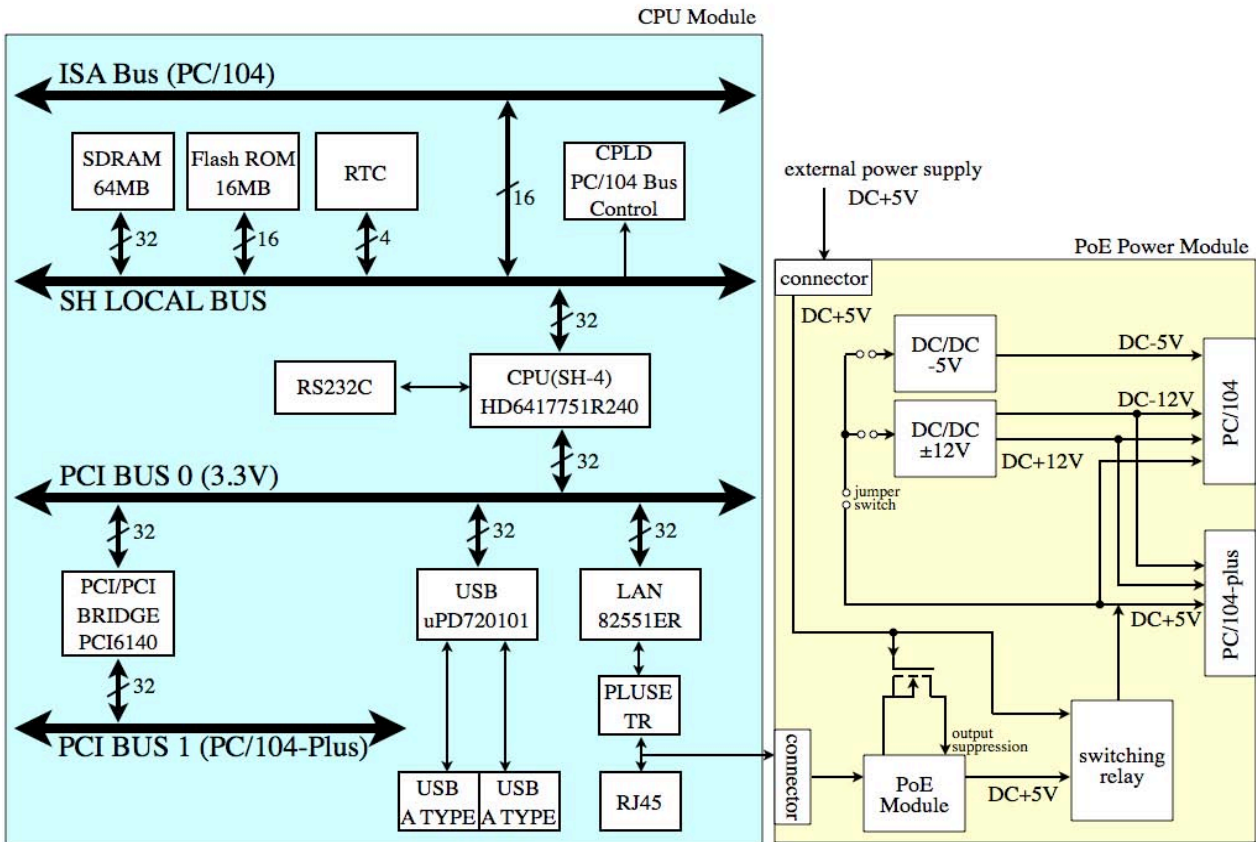


図1：青色部 ND-PC104P-SH4のブロックダイアグラム、黄色部 ND-PC104P-POEの電源構成ブロックダイアグラム

器で運用実績があったルネサステクノロジのSH-4を採用した。図1 青色部にブロックダイアグラムを、図2にND-PC104P-SH4の仕様を示す。また、ND-PC104P-SH4は外部電源からの給電が可能なので、単体でも動作可能である。

Processor	SH7751R (SH-4) 240MHz
Memory	Flash ROM 16MB SDRAM 64MB (Main Memory)
Interfaces	1 x 10/100Mbps Ethernet 2 x USB 2.0 1 x RS-232C 1 x H-UDI/JTAG
Power Supply	DC +5V, -5V, +12V, -12V
Size	112.57mm x 95.89mm

図2：ND-PC104P-SH4の仕様

2.2 PoEパワーモジュール (ND-PC104P-POE)

ND-PC104P-POEは、ND-PC104P-SH4専用のPoE電源供給モジュールである。PSEからND-PC104P-SH4のRJ45コネクタで受けた電圧は、ND-PC104P-POEへケーブル接続で給電される。ND-PC104P-POEに搭載された市販のPoEモジュール (TEXAS INSTRUMENTS, PTB48540AAH^[3])でDC+5Vを生成し、各電源電圧 (DC+5v, -5V, +12V, -12V) を、PC/104

コネクタおよびPC/104-plusコネクタを通して、スタックされた基板へ給電する。外部電源DC+5Vが接続されると、PoEからの給電を止め、外部電源からの給電を開始する。図2 黄色部に、ND-PC104P-POEの電源構成ブロックダイアグラムを示す。

ND-PC104P-SH4とND-PC104P-POEの2枚をスタックしたときのシステムブート時の消費電力は約4.1W、起動後システムに負荷をかけない状態での消費電力は約2.8Wである。図3に、ND-PC104P-SH4とND-PC104P-POEをスタックした状態を示す。



図3：PC104P-SH4 (上側) とND-PC104P-POE (下側)

3. Linuxカーネルの移植

CPUモジュール上で動作するLinuxカーネルやアプリケーションプログラムを開発するためには、Linuxの動作するPC/AT互換機上でクロス開発環境を構築する必要がある。SH-Linuxのクロス開発環境は、Linux 2.6.24上で構築した。SH用クロスコンパイラは、sh4-linux-gcc 3.4.4、SH用C標準ライブラリは、glibc 2.3.5を使用した。ND-PC104P-SH4にSH-Linuxを移植するためには、まず、オリジナルのLinuxカーネルソース^[4]に、SH4用のパッチ^[5]を適用する必要がある。次に、ND-PC104P-SH4のハードウェアに依存する部分を実装しなければならない。外部割り込みに対するハンドリング処理やMemory Management Unitに対応したアドレス変換処理などを実装した。ND-PC104P-SH4には、Linux 2.6.16を移植した。

実行環境については、ネットワークブートによりディスクレス環境を構築した。通常、組み込み機器は、搭載されているFlash ROMやCompact Flash (CF)にOSやファイルシステムを書き込む。ただし、Flash ROMやCFは書き込み回数制限があるので、頻繁な書き込みは注意すべきである。特に開発段階では、カーネルコンフィギュレーションを変更したり、デバイスドライバやアプリケーションの追加、修正を加えたりすることが頻繁に発生する。このような場合は、ネットワークブートの方が、開発効率が格段に上がる。

ND-PC104P-SH4にLinuxを移植したことにより、SPRing-8制御フレームワーク (MADOCA) に合わせたアプリケーションのカスタマイズが容易に行える。

4. アナログ／デジタル変換の精度測定

ND-PC104P-SH4の応用として、デジタルボルトメータのようなアナログ信号計測を検討している。そこで、ND-PC104P-SH4に直接外部電源から給電した場合と、ND-PC104P-POEを使いPoE給電した場合について、アナログ／デジタル変換 (ADC)の精度を測定した。ADCモジュールには、分解能16bit (0.305mv/digital) のマイクロサイエンス製PC/104バス対応ADM-616PC104^[6]を使用した。電圧信号源には、分解能16bitアナログ出力を持つ光伝送COMBOボード(HIMV-731C^[7])を使用した。測定は、ADM-616PC104に0.0Vを入力し、1秒周期で3600回読み出した。1枚目にND-PC104P-POE、2枚目にND-PC104P-SH4、3枚目にADM-616PC104をスタックした。図4に外部電源を使用した場合とPoE給電した場合の測定結果を示す。標準偏差は、外部電源使用時6.26mV (デジタル値20.55) 、PoE給電時9.82mV (デジタル値32.22)であった。PoE給電時に精度が低下した原因として、ND-PC104P-POEはPSEの供給電力から電源を生成するためにスイッチング電源を使用しており、スイッチングノイズの影響を受けていることが考えられる。

5. まとめ

小型計測システムの汎用的なCPUモジュールとしてND-PC104P-SH4を開発した。ND-PC104P-POEをスタックすることによりPoEで動作し、設置において高い自由度を持つ。用途に合わせた周辺I/Oモジュールを選択し、PoE対応小型組み込み計測器を構築することができる。

ND-PC104P-SH4にはLinux 2.6カーネルを移植し、ネットワークブートによりディスクレス環境を構築した。また、MADOCAとの親和性も高く、加速器制御に導入しやすい。

高精度アナログ計測での利用を視野に入れ、PoEが与えるADCの精度への影響を測定した。その結果、外部電源使用時と比較して、PoE給電時は測定精度が下がることがわかった。今後は、さらに高分解能のADCモジュールを使用して、どの程度の精度差が生じるかを評価する予定である。

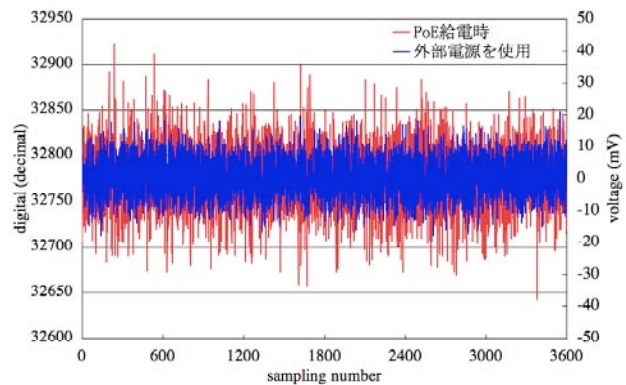


図4：ADM-616PC104のAD変換測定
左軸は、デジタル値を示し、右軸は電圧値に変換した値を示す。

参考文献

- [1] T.Masuda, et al., "Development of an Linux-based small-size controller using PoE technology", Proc. Of ICALEPCS'05, Geneva, Switzerland, 2005
- [2] T.Masuda, et al., "Development of an Intelligent Motor Control Unit with Ethernet Connectivity", Proc. Of PCaPAC'05, Hayama, Japan, 2005
- [3] <http://www.ti.com/>
- [4] <http://kernel.org/>
- [5] <http://www.sh-linux.org/>
- [6] <http://www.microscience.co.jp/>
- [7] <http://ndssf.co.jp/>