

PC/Linux による VMEbus ベースの データ収集システムの現状

仲吉一男

kazuo.nakayoshi@kek.jp

安 芳次

Yoshiji.ASU@kek.jp

高エネルギー加速器研究機構
素粒子原子核研究所オンライングループ

概 要

素核研オンライングループでは、PC/Linux による VMEbus ベースのデータ収集 (DAQ) システムの開発を行なっている [1]。本報告では、我々が開発および性能評価を行った PCI-VME Adaptor による DAQ システムと VME CPU ボードについて現状を報告する。前者のシステムは、PC の PCI slot と VME クレート間に各々アダプターを入れ、両者をケーブルで接続して使用する。そのデータ転送速度は、Programmed I/O で約 2MB/s (DB2), DMA で約 20MB/s (DB2 BLT) であった。また、後者の VME CPU ボードは、PentiumII (333MHz) プロセッサ搭載の Dual-slot 6U の VME ボードで、ビデオおよびネットワーク等のインターフェイスを標準で持っている。また、DMA 転送時には VME の MBLT モードにより高速なブロック転送が可能である。VME CPU ボードの DAQ 基本性能は、PIO で 4 - 6MB/s, DMA で約 30MB/s (MBLT), VMEbus からの割り込み応答時間は、約 16 μ s であった。

1 背景

VMEbus は 高エネルギー物理実験ではフロントエンド・モジュールのバスとして、あるいはワークステーション (WS) と CAMAC や TKO [2] とのインターフェイスとして、また組み込み機器分野では各種機器の制御用バスとして長年使用されてきた。

一方、Linux は POSIX 仕様でフリーの UNIX 互換 OS であり、現在は多くのパッケージが存在する。また、Pentium に代表されるパーソナルコンピュータ (PC) の CPU 性能は、年々高くなっており、そのコストパフォーマンスは WS に比べて高い。その PC に Linux をインストールすると高性能な PC UNIX システム (PC/Linux) となる。PC/Linux では、高エネルギー物理分野でデータ解析等に使用されている CERN Libra を使用することができる [3]。また、Linux は Intel x86 以外にも SARC や PowerPC Alpha など数多くのプラットフォームに対応している。近年、いわゆる組み込み機器分野 (Compact や VMEbus での Linux) に関連した開発事例や製品が急増していることは注目すべきことである [4]。

我々は 1997 年に PCI-VME bAdaptor (BS 社の 616 / 617) を用いた VMEbus ベースの PC/Linux データ収集 (DAQ) システムを構築した [8]。このシステムの特徴は、(1) コストパフォーマンスの優れていること、(2) PC の OS として Linux を採用していることである。現在そのシステムは、長基線ニュートリノ振動実験や VME のテストベンチで使用されている。

1999年には、Intel Pentiumプロセッサを搭載したVMIC社のVME CPUボード (VMVME7696) のデータ収集基本性能の性能を測定し評価した [9] .

本報告では、この二つの PC/Linux による VMEbus ベースの DAQ システムについてそれぞれ述べる .

2 PCI bus-VMEbus Adaptor による DAQ システム

2.1 システムの概要

2.1.1 ハードウェア構成

本システムのハードウェア構成を以下に示す .

- PCI バスをもつ PC/AT 互換機
- SBS Bit3 社 Model 617/616 [7]
- VME クレート

Linux がインストール可能で PCI バスをもつデスクトップ PC であれば、DAQ システムの構築が可能である .

2.1.2 ソフトウェア構成

本システムのソフトウェア構成を以下に示す .

- GNU/Linux システム (Linux Kernel 2.0.x または 2.2.x およびその配付パッケージ)
- Bit3 社 Model 617/616 用デバイスドライバ vmehb [10]
- Linux 用 VME ライブラリ vnelib

Bit3 社 Model 617/616 には、Windows 用のドライバーが付属するので、Windows 環境でも DAQ システムの構築が可能である .

2.2 システムの特徴

本システムの特徴を以下に示す .

- PC の電源を切らずに VME クレートの電源を ON/OFF できる
- VMEbus へのアクセスは、アドレス幅 16/24/32bit, データ幅 16/32bit が可能
- 存在しない VME アドレスにデータを書いてもシステムがクラッシュしない
- デバイスドライバは、必要なときにロードできる

2.3 システムの DAQ 基本性能

本システムのデータ転送速度を測定して、以下の表にまとめた。

		Bit3 616	Bit3 617
PIO (MB/s)	D32 READ	1.8	1.8
	D32 WRITE	1.9	1.9
DMA (MB/s)	D32 NON BLT R	-	7.6
	D32 NON BLT W	-	7.8
	D32 BLT R	-	24.9
	D32 BLT W	-	19.4

表 1: Bit3 617/616 のデータ転送速度の測定結果。Bit 616には、DMA の機能はない。表より DMA 転送速度は、BLT モードと BLT モード無しでは、約 2.5-3 倍の差がある。

2.4 Bit3 617/616 用 VME ライブラリ (vmelib)

このシステムを使用して利用者が容易にプログラムを開発できるように、これまでオンライングループが提供している標準 VME ライブラリ [11] と同じ関数をもつ Linux 用のライブラリを新規に作った。ライブラリの構成は、表 2 のようになっている。このライブラリの関数をプログラム中でコールすることにより VME モジュールに容易にアクセスすることができる。

Function	Description
vme_map open()	VME アドレス空間をユーザプロセスのアドレス空間へ mapping する
vme_map close()	ユーザプロセスのアドレス空間へ mapping した VME アドレス空間の解放
vme_dmaopen()	DMA 転送モードの設定
vme_dmaclose()	DMA 転送モードの解除
vme_dmaread()	DMA 転送によるデータの読み込み
vme_dma write()	DMA 転送によるデータの書き込み

表 2: Bit3 617/616 用 VME ライブラリ (vmelib) の関数。

Bit3 617/616 用 VME ライブラリは、配付キット [12] としてまとめ WWW 上からダウンロードが可能である。配付キットには、ハードウェアおよび VME ライブラリのインストール方法、VME ライブラリの使用方法、サンプルプログラムが含まれている。

2.5 DAQ システム構築例

長基線ニュートリノ振動実験 (K2K) では、ニュートリノ・ビームラインのビームモニター [13] の一部 (GPS システムのデータ読みだしと電磁ホーンの電流モニター) に本システムが使用されており 1999 年 1 月から現在 (2000 年 6 月) まで安定に稼働している。

3 VME CPU ボードによる DAQ システム

Bit3 617/616 による DAQ システムについては, Li mx から VME へアクセスするためのライブラリを作り, 利用者がハードウェアを準備すればすぐに VME にアクセスできるような環境を構築したが, VME CPU ボードによるシステムは, まずその性能評価を行なった後に利用者が簡単に使用できる環境を構築したいと考えている.

3.1 評価に使用したシステムの概要

3.1.1 評価に使用したハードウェア構成

VME CPU ボードの評価に使用したハードウェア構成を以下に示す.

- VME CPU ボード (VMC 社 VMVME7696) [14]
- VME floppy/IDE HD モジュール (VMC 社 VMVME7452) [14]
- VME 高速メモリボード (Chrislin Industries社 CI VME64)
- VME Interrupt Register [15]
- VME 100MHz スケーラ [16]
- VME クレート

VMVME7452 は, VMVME7696 と VME P2 コネクター間をケーブルで接続している. また, オプションで最大 48 MB のフラッシュ・メモリを搭載できる.

3.1.2 評価に使用したソフトウェア構成

VME CPU ボードの評価に使用したソフトウェア構成を以下に示す.

- VME-PCI Bridge Chip Universe [17]用 デバイスドライバー [18]
- データ転送測定プログラム
- VMEbus 割り込み応答時間測定プログラム

3.2 VME CPU ボード (VMVME7696) の特徴

VMC7696 は, PC/AT 機として以下の特徴をもつ [19].

- Intel PentiumII 333MHz を搭載
- DRAM は, 最大 256 MB まで増設可能
- 64 bit AGP SVGA ビデオグラフィック・アクセラレータを搭載
- バッテリー付 clock/calendar を搭載

- リセットスイッチがフロントパネルにある。
- キーボード，マウス，Ultra-IDE HD，フロッピー，SCSI，イーサネット，ビデオ，シリアル×2，パラレル，USBのポートをオンボードで持っている

以上のことから PC/AT 機の機能・装備としては，一般のデスクトップ PC と変わらないことがわかる．VMI C7696は，VME CPU ボードとしては，以下の特徴をもつ [19]．

- デュアル・スロットで 6 U の VMEbus ボードである
- ハードウェアによる byte/ words wrapping機能がある
- マルチプレックス・ブロック転送 (MBLT) のサポート

3.3 VMI VME7696 の性能評価

CAMAC および VMEbus へのアクセスや DAQ システムに必要なシステムコールや semaphore や signal の性能を評価するために開発された DAQBENCH [20] を使用して VMI VME7696 の性能を測定し，Pentium 搭載のデスクトップ PC と比較を行なった [9] が，有意な差はなかった．

DAQ の基本性能を評価するための重要なパラメータとなるデータ転送スピードと VMEbus からの割り込み応答時間の測定を行った．データ転送スピードについては，Programmed I/O (PIO) と Direct Memory Access (DMA) の 2 つのモードで測定を行った．すなわち高速の VME メモリボードに対してデータの読み込み/書き込みをしてその実行時間を測定した．PIO は CPU を使用して転送を行うので少量のデータ転送に適している．またオーバーヘッドは DMA より小さい．DMA 転送は，CPU を使用せず専用のハードウェアが行うため大量のデータ転送に適しているがオーバーヘッドは PIO より大きい．

3.3.1 PIO によるデータ転送テスト

mmap 関数を使った PIO によるデータ転送テストの結果を表 3 に示す．アドレス幅は 32 bit，データ幅を 16/32 bit で各々データサイズを変化させながら転送時間を 1000 回測定し，その平均値をグラフにプロットした．そのグラフの傾きから転送スピードを求めた．

	READ (MB / s)	WRITE (MB / s)
A32D16	2.9	4.3
A32D32	4.2	6.7

表 3 : mmap を使った PIO によるデータ転送テスト結果．Data width を 16，32 bit にして各々で測定を行った．

3.3.2 DMA によるデータ転送テスト

DMA によるデータ転送テストの結果を表 4 に示す．アドレス幅は 32 bit で転送モードを BLT，MBLT にして，各々転送するデータサイズを変化させながら，転送時間を 1000 回測定し，その

平均値をグラフにプロットした．そのグラフから転送スピードとオーバーヘッドを求めた．

	READ(MB/s)	WRITE(MB/s)	Overhead (μ s)
A32D16 BLT	4.4	5.9	20
A3 2 D3 2BLT	18.0	24.0	20
A3 2 D6 4BLT	34.0	31.0	20

表 4 : DMA によるデータ転送テスト結果．DMA のモードを BLT , MBL T にして各々で測定を行った．

3.3.3 VMEbus からの割り込み応答テスト

VMEbus 割り込み応答時間の測定を VME Interrupt and I / O Register と VME 100 MHz Visual Scale および NI Multiclock Generator 等を使用して行った．我々が測定した時間は VMEbus から割り込み信号が発生し，それがデバイスドライバを経由して測定プログラムに伝わるまでである．測定に使用した回路や手順は [9] を参照．図 1 に上述の方法で測定したデータをヒストグラムにしたものを示す．グラフより割り込み応答時間はおよそ 16μ sec であることがわかる．

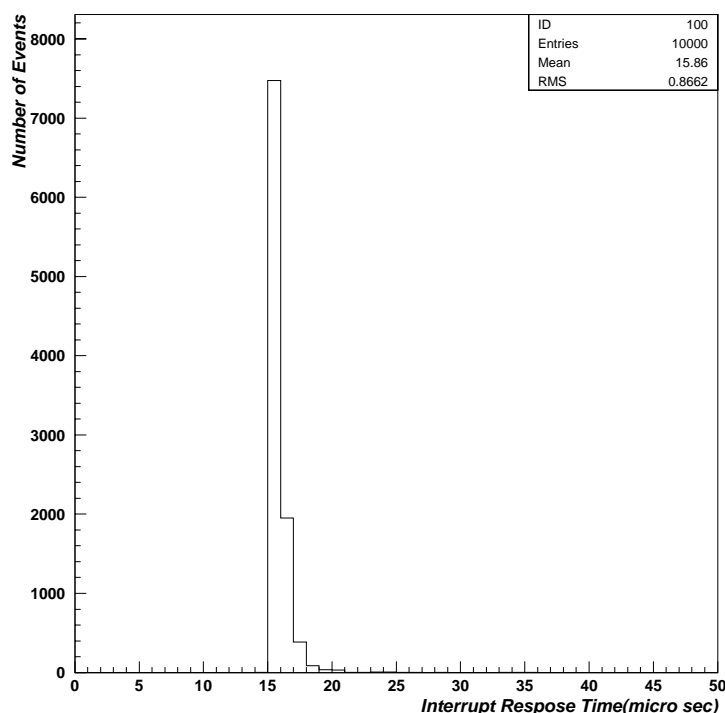


図 1 : VMEbus 割り込み応答時間のヒストグラム．横軸は，割り込み応答時間 (μ sec)．縦軸は，イベント数．このヒストグラムから割り込み応答時間は，およそ 16μ sec であることがわかる．

4 まとめ

オンライングループでは PC/Linux による VMEbus ベースの DAQ システムの開発および評価を 1997 年から行なってきた。1997 年には PCI bus-VMEbus Adaptor を用いた DAQ システムを構築した。この DAQ システムはコストパフォーマンスに優れていることが特徴である。その性能は、PIO によるデータ読み込みおよび書き込み速度は 2MB/s、BLT モードでの DMA によるデータ読み込み速度が 25MB/s、書き込みが 19MB/s である。

1999 年に PentiumCPU ボードに Linux をインストールし、DAQ の基本性能の評価を行なった。PIO によるデータ転送スピードは、A32D32 モードで読み込みが 4.2 MB/s、書き込みが 6.7 MB/s であった。DMA によるデータ転送スピードは A32D32 BLT モードで読み込みが 18 MB/s、書き込みが 24 MB/s であった。A32D64 MBLT モードでは、読み込みが 34 MB/s、書き込みが 31 MB/s であった。VMEbus 割り込みに対する応答時間は 16 μ s であった。

謝辞

PCI bus-VMEbus Adaptor による DAQ システム構築および VME CPU ボードの性能評価については奥野英城氏をはじめとする KEK 田無分室の ES グループの皆様にお世話になりました。ここに感謝致します。PCI bus-VMEbus Adaptor のテストの際に、PC 等をお貸し頂いた E362 実験グループの方々に感謝致します。PC/Linux による DAQ システムの開発に際し、日頃からご支援を頂いている藤井啓文氏をはじめとする KEK オンライングループの皆様には感謝致します。

参考文献

- [1] オンライングループの PC/Linux による DAQ システム (VMEbus, CAMAC) のページを参照。URL は、<http://www.onlineek.jp/online/Linux/Linux.html>。
- [2] KEK Data Acquisition Development Working Group, TKO SPECIFICATION, KEK Report 85-10, 1985.
- [3] <http://wwwinfo.cern.ch/asd/cernlib/nsi/online.html>。
- [4] 日経エレクトロニクス, 1999 8-9 (no. 749) pp. 168-180.
- [5] 特集「リアルタイム OS としての Linux 活用法」, インターフェイス, 1999 年 11 月号。
- [6] 特集「開発者のための UNIX/Linux 入門」, インターフェイス, 2000 年 4 月号。
- [7] SBS Bit3 社のホームページを参照。URL は、<http://www.bit3.com/> 国内では、SBS Bit3 社 PCI-VME Adaptor 616/617 はソリトンシステムズが販売している。URL は、<http://www.soliton.co.jp/>
- [8] 仲吉一男, 安芳次, PC/Linux による VMEbus ベースのデータ収集システムの構築, KEK Interna98-6, September 1998.
- [9] 仲吉一男, 安芳次, Pentium搭載 VME CPU ボードのデータ収集基本性能の評価, KEK Interna99-12, December 1999.

- [10] PCI-VME Adaptor 616/617 用のドライバ vmehb の開発者 N. Kruszynska 氏のホームページを参照。URL は、
<http://www.nikhef.nl/user/natalia/projects/vnehb.html>。最新の vnehb は以下の URL からダウンロードが可能である。
<ftp://nikhef.h.nikhef.nl/pub/projects/vnehb/>。
- [11] <http://www.online.ek.jp/~online/VME/>。
- [12] SBS Bit3 616/617 の VME ライブラリの配付キットについては、次の URL を参照。
<http://onlax2.ek.jp/~nakyosi/>。
- [13] 小浜光洋，長基線ニュートリノ振動実験におけるニュートリノビームの特性，神戸大学大学院自然科学研究科 博士論文，March 2000。
- [14] <http://www.vmic.com/>。日本の総代理店は，セントラル・コンピュータ・サービス株式会社。URL は，<http://www.ccs.co.jp/>
- [15] 村上 武 他「VME InterruptRegisterModule 開発」，第 48 回日本物理学会，1993 年。
- [16] 島崎昇一 他「VME 100MHz Visual Scalerの開発」，第 46 回日本物理学会，1991 年。
- [17] TUNDRA 社の PCI-VMEbus ブリッジ・チップ。詳細は，
<http://www.tundra.com/> を参照。
- [18] Universe ドライバの開発者 J. Hannappel 氏のホームページを参照。URL は，
<http://lisa2.phik.uni-dnn.de/~hannappe/>。
- [19] VM VME-7696 Product Manual,VMC, 22-Jan-1999.
- [20] Y. Yasu and Y. Tajima, Performance Evaluation Tool of DAQ Computer DAQBENCH, Proceedings of the International Data Acquisition Conference on Event Building and Event Data Readout in Medium and High-Energy Physics Experiments, Fermilab, Batavia, Illinois, U. S. A., October 26-28, 1994.