KEK–PS 実験 (E248 AIDA) でのデータ収集システムの開発
= HP–RT を使った UNIDAQ =

Development of data acquisition system for KEK–PS experiment (E248 AIDA)

田島 靖久 (東工大理)、安 芳次 (KEK)
tajimay@kekvax.kek.jp, yasu@kekvax.kek.jp
http://kekux1.kek.jp/~tajimay/rcnp_daq_ws/

Abstract

Data acquisition(DAQ) system for KEK–PS AIDA(E248) experiment has been developed on VME board computers, HP743rt with real-time UNIX and HP743i with HP–UX. The experiment needs fast system response and UNIX compatibility for the DAQ system because high speed read-out and easy porting of UNIX based software are expected. Thus, HP–RT based on LynxOS has been adopted as the real-time UNIX. KEK standard DAQ software, UNIDAQ, has been ported on the DAQ system. Device drivers for VME, CAMAC and TKO systems have been developed for CAMAC and TKO systems as the front-end and VME system as the rear-end. The DAQ performance has been measured by using a DAQ performance evaluation tool, DAQBENCH. The result shows that the DAQ system satisfies with the requirements of AIDA experiment.

1 はじめに

KEK–PS 実験 E248 AIDA グループでは VME ボードコンピュータとリアルタイム OS –HP743rt– を使ったデータ収集システムを KEK オンライングループと共同で開発した。現在では多くの KEK–PS 実験グループで採用されている。ここでは AIDA 実験のデータ収集システムの開発状況について報告する。

2 AIDA 実験とデータ収集システムに要求される性能

E248 AIDA 実験 「$pp \to K^+K^+X$反応での H 粒子の探索」[1] は KEK–PS の 12GeV の陽子ビームと液体水素ターゲットが反応したときに発生する 2 個の K^+粒子を 2 台のスペクトロメータで捕まえ、その missing mass 分布より H dibaryon を探索する実験である。実験のセットアップを図 1 に、また実験で使用される検出器及び channel 数を表 1 に示す。AIDA 実験のデータ収集システムに要求される条件は 1event 当たりのデータ量、event rate ともに KEK–PS 実験としてごく標準的で、最大約 2kB/event, 500Hz で 1MB/s 程度のデータ量である。KEK–PS 実験の特徴は加速器からのビームの取り出しが、2 秒間ビームが出て、2 秒間ビームが止まる 4 秒周期のスピル構造をしていることである。そのためにデータ収集もビームが出ている間はハードウェアのバッファにデータを貯めておき、ビームが止まっている間にコンピュータが読み出し、記録、解析する方式が取られることが多い。

3 ハードウェア

現在 PS 実験では読み出し用の回路が CAMAC から TKO system[2] に移る過渡期であるために、AIDA では MWDC, カウンターの ADC については TKO system を、MWPC, カウンターの TDC には CAMAC system を使用している。TKO system は TRISTAN 実験用に開発された system ではあるが、今では PS 実験でも標準的に使用されており、最高 8MB/s

のデータ読み出しが可能である。使用しているハードウェアを図 2 に示す。イベントトリガーは TKO では VME–SMP, CAMAC では buffer memory[3] に入れられ、それぞれの持っているバッファへのデータの収集が行われる。どちらのモジュールもエンコード機能があり、データのないモジュールを読み飛ばすことができ効率の良い収集が可能になっている。VME–SMP は 1MB×2(double buffer)、buffer memory は 16kB のバッファがあり、それぞれビームの出ている 2 秒間、データを貯め続ける。AIDA 実験ではこの VME–SMP を 5 台、buffer memory を 15 台使用することで、スピル当たりのデータ量の最大値の 2MB が発生した場合でも、それぞれのバッファがあふれない様にデータを配分している。

ビームが止まったときにデータは VME–SMP では直接、buffer memory では Crate controller Kinetic 3922, VME interface Kinetic 2917 を介して VMEbus より読み出される。VME–SMP ではブロック転送で 10MB/s 以上、CAMAC では 1MB/s でのデータ転送が可能である。

4 HP743 システムの開発とその評価

AIDA 実験立ち上げ当初、KEK–PS ではいくつかのデータ収集システムが使用されていたが、我々の要求を満たすシステムが存在せず、さらに KEK のオンライングループも次のデータ収集システムの開発を検討していたので、共同して新しいデータ収集システムを開発することになった。データ読み出し用のコンピュータに対しては以下の様な条件で検討を行った。

1. **VME システム**
   VMEbus をプラットホームにしてデータ収集システムを開発しているので、VMEbus に接続が出来ること

2. 携帯性
   テスト実験等で別の場所で行う場合があるので運搬が容易であること

3. 高速性
   割り込み応答、CAMAC, VME access、プロセスの切替え、プロセス間通信等データ収集システムにおいて重要なパラメータが速いこと

4. 互換性
   UNIX 上で動作しているプログラムの移植が簡単であること

5. 操作性
   開発環境、運用環境の使い勝手がよいこと

これらの条件を満たすものとして、ハードウェアには高速の CPU が低価格で供給され始めた VME ボードコンピュータ、OS としては UNIX interface を持った real-time UNIX の LynxOS をターゲットとした。採用した HP743rt は PA–RISC を使った VME ボードコンピュータで、OS には LynxOS をベースに作られた HP–RT が使用されている。さらに、VMEbus へのアクセスについても、DMA の master 機能を持ち、BLT, MBLT(VME64) 機能をサポートしているため、高速のデータ収集の可能性が期待できた。そこで、我々は KEK のオンライングループと共同でこの HP743rt 上で、1) CAMAC, VME device driver の作成 [4, 5]、2) UNIX 上の汎用データ収集システム UNIDAQ[6] の移植を行った [7]。

これらの開発の途中で環境整備のため様々な UNIX で使用されているプログラム (less, tcsh, Tk/Tcl etc.) の移植も行った。HP743rt は開発環境はクロスコンパイルである以外、login してからの環境、プログラムの移植性では他の standard UNIX と同等に使用でき、HP–RT(LynxOS) はすでに UNIX の一つの flavor として十分認識ができた。

さらにデータ収集システムとして今回選定した HP743rt を評価した。評価にはデータ収集パラメータを測定する DAQBENCH[8] を使用し、同一のハードウェアで standard UNIX (HP–UX) を載せている HP743i との比較を行った [9]。結果を表 2 に載せる。

表 2 をみると、HP–UX に対して、HP–RT はプロセス間の切替えが速く、プロセス間通信についてもオーバーヘッドが小さい。これは real-time UNIX の特徴でもある。実際のデータ収集システムにおいては、通信のオーバーヘッドが小さいということは重要な要素といえる。この結果より、standard UNIX と比較して real-time UNIX はデータ収集システムを構築するのにより適していることが確認できた。そして今回の開発の目的である AIDA 実験のデータ収集システムとして十分な性能が期待できることも分かった。

5 ソフトウェア

AIDA のデータ収集システムでは HP743rt と HP743i の 2 台のボードコンピュータを使用して、HP743rt では CAMAC, TKO system からのデータ収集、テープへの記録を行い、HP743i ではオンラインデータ解析、システム全体の制御を行うようにした。このシステムのデータの流れ、ソフトウェアの構成を図 3 に示す。AIDA のデータ収集ソフトウェアのベース部分は UNIDAQ のベース部分をそのまま使用して構成されている。データの管理、制御は buffer manager の NOVA が各 process に対して行っている。collector process はビーム停止時に VME–SMP, CAMAC よりデータを読み出し、NOVA に渡す。NOVA は受け取ったデータを recorder, transfer の各プロセスに順序よく、CPU の負荷も考慮して振り分けていく。recorder process では SCSI で接続されたテープドライブ (DDS2 or DLT) に記録を行い、transfer process はデータをオンライン解析をするために HP743i へデータを socket を使って送っている。データ転送には VMEbus を使った TCP/IP の VME backplane network を用いていて、約 3MB/s で転送が可能である。データを受けた HP743i では net_ana process が CERN Library の PAW を使ってデータ解析、ヒストグラムの表示等を行っている。

また HP743i 上でこれらのデータ収集プログラムの制御を行うプログラムを現在開発中である。実際のデータ収集の中心のプロセスは HP743rt 上で走っている。それらのプロセスの制御は ethernet を通して UNIDAQ の message handling を使用して行うようにしている。user interface は開発、保守、操作を簡単にするために Tk/Tcl をベースとした GUI を現在作成している。

このデータ収集システムの特徴は負荷の多いデータ収集とオンライン解析を 2 台のコンピュータに分散させ、さらにその間のデータの流れる経路と、制御用の経路とを分離することで、データ転送が他の影響を受けずに安定して行えるようになったことである。

6 まとめ

KEK–PS E248 AIDA 実験のデータ収集システムは real-time UNIX と UNIX 汎用データ収集システム UNIDAQ を使って HP743rt を中心に構築中で、現在ベースになる部分は完成し、テスト実験において 400byte/event, 100Hz でのデータ収集が動作している。また

DAQBENCH を用いた評価で real-time UNIX が standard UNIX と比べてデータ収集システムにより適していること、AIDA 実験のデータ収集システムにおいて十分な性能を得られることが確認できた。現在さらなる tuning と user interface 部の開発を進めており、来年度から始まる本実験に向けて、今年中に全システムが完成する予定である。

参考文献

[1] KEK Progress Report 94-1, Experiment 248 Search for the H particles via the $pp \to K^+K^+X$ reaction, Experiments at the KEK 12-GeV PS in 1991–1995, p56.

[2] T.K. Ohska et al., TKO Specification., KEK-85-10

[3] M. Ikeno et al., Data Acquisition System with Encoder and Buffer Memory Modules, Nucl. Instr. Meth. 225(1984), 347.

[4] Y. Yasu and Y. Tajima, DAQ Performance of Real-time UNIX on New HP VME Board, KEK Internal 93-11.

[5] Y. Yasu et al., VMEbus based computer and Real-time UNIX as infrastructure of DAQ, Proceedings of the Computing in High Energy Physics '94, San Francisco, USA, April 1994; KEK Preprint 94-19.

[6] M. Nomachi et al., UNIDAQ, Proceedings of the International Conference Computing in High Energy Physics '94, LBL-35822(1994), p.114.

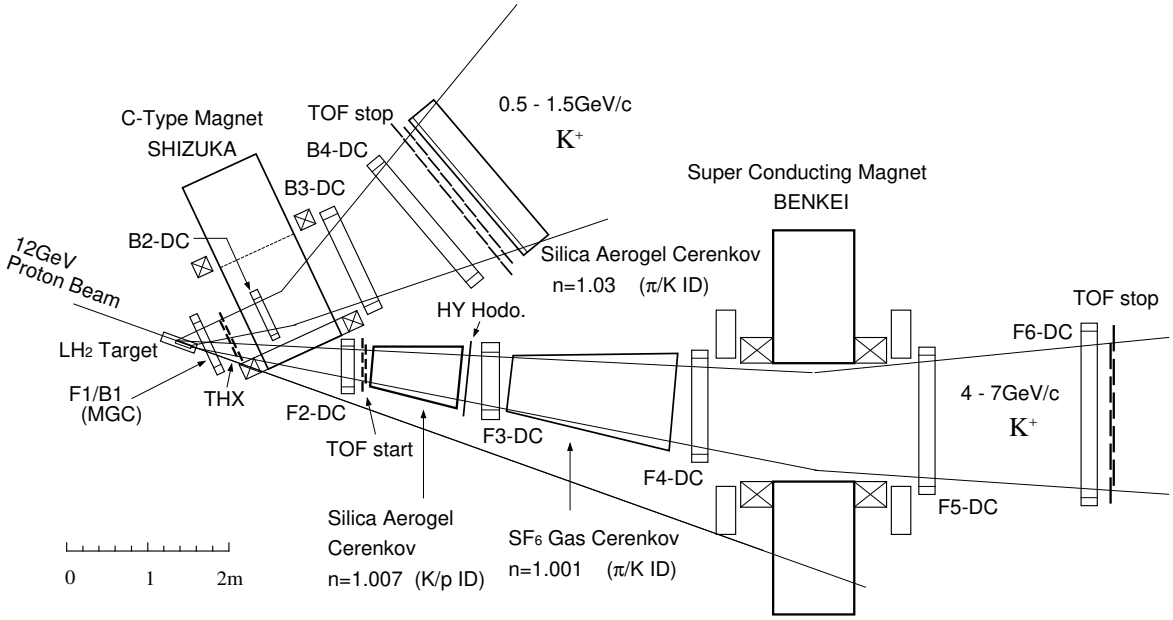
[7] Y. Yasu and Y. Tajima, Lynx–HP and DAQ–System (in Japanese), 平成 6 年度天文観測機器と計算機制御研究会集録、国立天文台、三鷹、December 1994; KEK Preprint 94-191.

[8] Y. Yasu and Y. Tajima, Performance Evaluation Tool of DAQ Computer DAQBENCH, Proceedings of International Data Acquisition Conference on Event Building and Event Data Readout in Medium and High-Energy Physics Experiments Fermilab, Batavia, Illinois, USA, October 1994; KEK Preprint 94-137.

[9] Y. Yasu et al., Evaluation of DAQ Performance, the Computing in High Energy Physics '95, Rio de Janeiro, Brazil, September 1995.

検出器	台数		channel	electronics	
MWPC	1 台		700ch	CAMAC	MWPC memory
MWDC	8 台		3200ch	TKO	32ch TDC
Counter	8 台	ADC	180ch	TKO	32ch ADC
(TOF, Cerenkov)		TDC	220ch	CAMAC	8ch TDC

表 1: AIDA で使用する検出器



AIDA : Asymmetrically Installed Double Arm Spectrometer

図 1: E248 AIDA setup

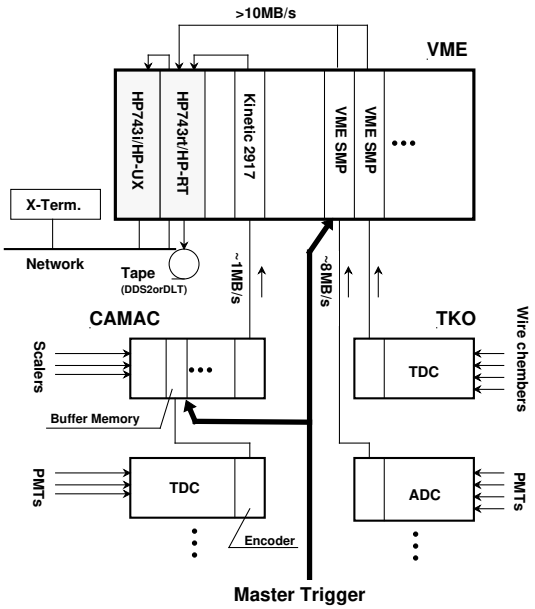


図 2: AIDA DAQ system hardware

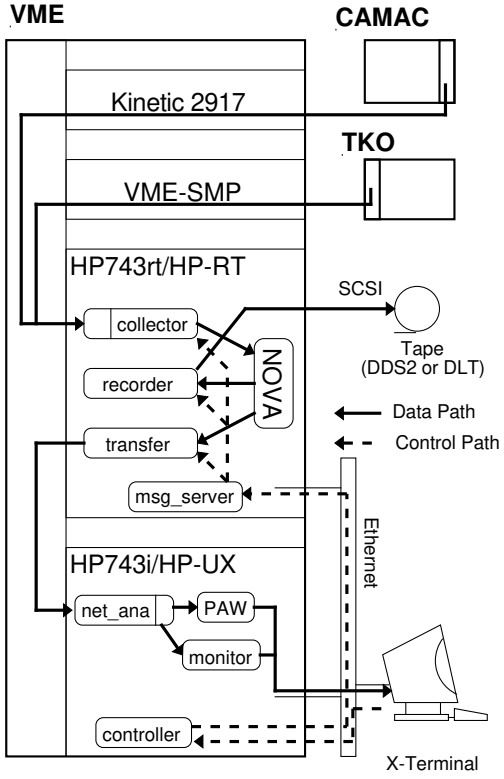


図 3: AIDA DAQ system software

Machine		HP743rt/64			HP743i/64		
OS		HP–RT 2.02			HP–UX 9.05		
Central Processor		PA7100LC/64MHz					
Main Memory		32MB			64MB		
Data Transfer Speed							
	memcpy()			29MB/s			25MB/s
	strcpy()			15MB/s			15MB/s
	do-loop			23MB/s			21MB/s
Inter-Process Communication							
	Context Switch	10μs			40μs		
	Semaphore	11μs			19μs		
	Signal	29μs			79μs		
	Pipe	13μs	+	32MB/s	90μs	+	28MB/s
	FIFO	13μs	+	32MB/s	90μs	+	28MB/s
	Message Que	16μs	+	14MB/s	30μs	+	28MB/s
	Socket(AF_UNIX)	30μs	+	32MB/s	***1		
	Socket(INET in localhost)	54μs	+	6MB/s	***1		
CAMAC Access							
single	NDT	15μs					
	Read	22μs					
	Write	20μs					
block	Read	95μs	+	920kB/s			
	Write	95μs	+	850kB/s			
Interrupt latency		70μs					
VME Access							
PIO	Read			4.8MB/s			
	Write			5.6MB/s			
DMA	NON-BLT Read			12.1MB/s			
(A32D32)	NON-BLT Write			15.0MB/s			
	BLT Read			19.2MB/s			
	BLT Write			19.5MB/s			
DMA	MBLT Read			38.0MB/s			
(A32D64)	MBLT Write			38.0MB/s			
Buffer Manager Round-trip Cycle							
	1 process			3240Hz			1700Hz
	2 processes			1480Hz			900Hz
	3 processes			800Hz			600Hz
	1 process + other heavy I/O process			2840Hz			350Hz

***1 : not estimated.

表 2: HP743rt, HP743i のデータ収集パラメータ (DAQBENCH v0.9 で測定)