

[F16p20]

## READ-OUT SYSTEM FOR BEAM-POSITION MONITORS AT KEK LINAC

T. OBATA\*, N. KAMIKUBOTA, T. SUWADA, and K. FURUKAWA

KEK, High Energy Accelerator Research Organization  
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801 Japan  
\*Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd.

### Abstract

About ninety stripline-type beam-position monitors (BPMs) has newly been installed in the KEKB injector linac. These monitors reinforces easily handling an orbit of a high-current single-bunched electron beams (~10 nC/pulse) generating positron beams for the KEKB ring. The design value of the beam-position resolution is expected to be less than 0.1mm. A new data acquisition system was developed in order to control these monitors. It comprises host computers (UNIX), eighteen data-acquisition (DAQ) stations, which are located along the linac klystron gallery at almost regular interval. The DAQ station comprises a VME/OS-9 computer and a fast digital sampling oscilloscope. In this report, the software architecture of the DAQ system, especially, a software algorithm in order to perform a real time operation, are presented in detail.

## KEK Linac のビーム位置読み出しシステムの開発

### 1. 導入

現在、高エネルギー加速器研究機構では、KEKB計画[1]が進行中である。KEKB入射器[2]は、8GeV (3.5GeV) の電子(陽電子)ビームをKEKBリングに供給する。ビーム電流は、電子(陽電子)ビームに対し、1.3nC/bunch (0.64nC/bunch) が要求され、また、陽電子発生用の1次電子ビームに対しては、約10nC/bunchの大電流量が必要とされる。これらのビームを長距離に渡り安定に加速輸送するには、1次電子ビームの横ウエーク場を如何に押さえるかが重要なカギであり、ビーム位置モニタ(BPM)は必須である。1992年以来BPMの開発研究が続けられ、現在、全体システムがほぼ完成し、これを用いて精力的にビームコミッショニングが行われている。

本報告では、BPMのデータ収集システム(DAQ)に的を絞り詳しく報告する。本DAQシステムは、18台のフロントエンド計算機と、2台のUNIX計算機で約90台のBPMをモニターしている。フロントエンドには、入射器の制御系で用いられてきたVME/OS-9を採用した。これは、ネットワーク通信層などの開発済みのソフトウェア資産をそのまま利用できるからである。BPMの信号取込みには、高速デジタルオシロスコープ(Tektronics TDS680B)を用いた。これは、最も安価にシステム構築を行うために選ばれた。これらのフロントエンドは、ホストであるUNIX計算機に

光ネットワークでつながりBPMの全データが収集される。

以下では、ソフトウェア構造を中心として、DAQシステム全体を詳述する。ハードウェアを含む全体構成は、参考文献[3,4]を参照してほしい。

### 2. DAQソフトウェアの全体像

ソフトウェアは、

1. フロントエンド(VME/OS-9)層、
2. データサーバ(Unix)層、
3. アプリケーション(Unix etc.)層、

の3階層に分類出来る。相関関係を図1に示す。

フロントエンド層は、オシロスコープでBPM波形信号を取り込み、ビーム位置・電流を計算した後、その結果をデータサーバ(Unix)層へUDP protocolで転送する。フロントエンド部分は本DAQシステムの要であり、別途3章で詳述する。

データサーバ層は、BPMデータの一時的バッファとアプリケーションからのデータ要求の処理を行う。18式のフロントエンドから送られてくるビーム位置のデータは、各フロントエンド毎に10回分のデータがUnix計算機の共有メモリ上に蓄積される。共有メモリ上のデータは、通常運転時には1秒程度の間隔で更新される。

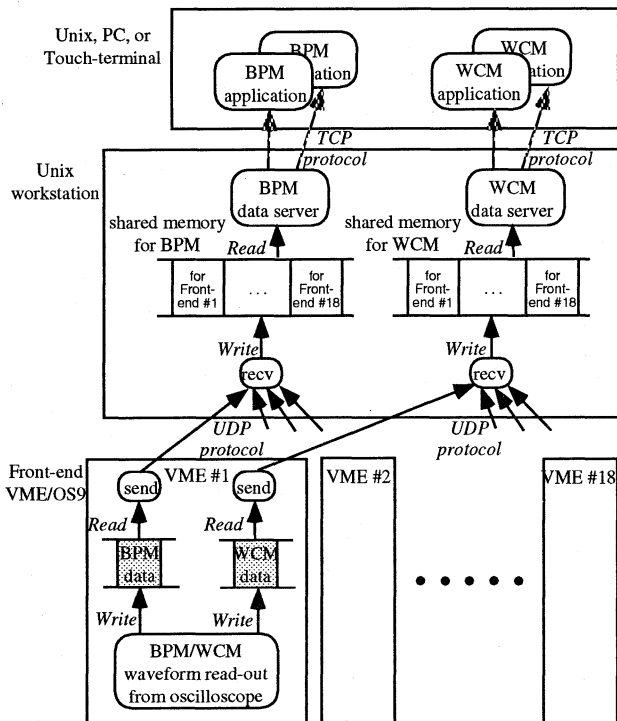


図1:DAQシステムの相関関係。

アプリケーションからデータ要求があった時データサーバは共有メモリ上の値を返すだけなので、多数のアプリケーションが同時に走ってもネットワークトラフィックがむやみに増えないようになっている。なお、データサーバは2系統あり(図1ではその1系統のみ表示)、互いに独立に走っている。1方が故障や保守で停止してももう1方で運転できるような冗長構成とするためである。

アプリケーションからはBPMモニタ名を指定してデータサーバに要求を送ればそのモニタの最新値が回答され、アプリケーション開発者は下位のハードウェアの詳細を知る必要はない。このため、フロントエンド層・データサーバ層の開発者とは別のスタッフが独立にアプリケーションを開発できた。代表的なアプリケーションを図2に示す。

本稿では割愛するが、BPMのほか wall-current monitor(WCM)も同じオシロスコープ・同じフロントエンドで処理される(ただし同時計測は不可)[3]。WCMのDAQもほぼ同じソフトウェア構成を持っており、図1にはBPMのDAQ系と共に示されている。

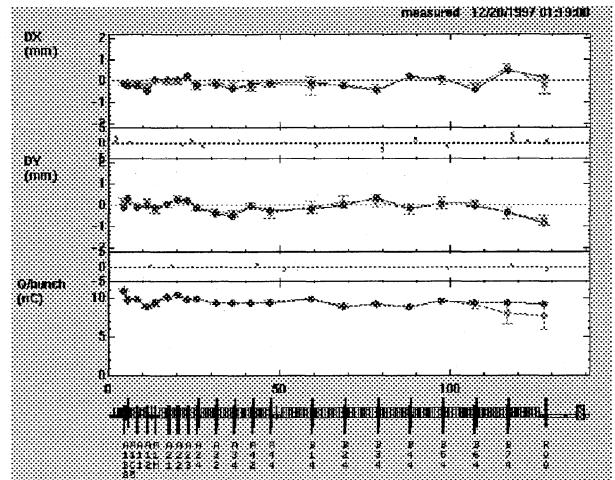


図2:BPMアプリケーション例。

### 3. フロントエンドデータ収集システム

#### 3.1 信号処理システム構成

BPMの信号は信号合成器によって、xチャンネル、yチャンネルごとに合成され、更に複数のBPMの信号と合成される。合成されたx、yの2つの信号は、オシロスコープにより時系列のデジタル電圧データに変換され、GP-IB経由でVME計算機に取り込まれる。これらの電圧データを基にVME計算機がBPMのビーム位置を計算する。

#### 3.2 ソフトウェア構成

VME計算機上のソフトウェアは以下の5つに大別される。

- unixサーバー側からの指示によってオシロスコープの状態、モード等の変更を指示するプログラム (uspwmd)。
- オシロスコープの制御、モード変更、モニター波形の読み出しやビーム位置の計算等を行うプログラム (spwmp1)。
- uspwmdとspwmp1の間でオシロスコープ設定用のデータをやり取りするための共有メモリ (CM\_4473)。
- spwmp1によって計算された結果を格納する共有メモリ (CM\_4476, 他にWCM用のCM\_4471が存在する)
- ビーム位置の計算結果が更新された後、最新データをunixサーバに転送するプログラム (shmsend)。

図3に、フロントエンドソフトウェア構成を示す。オシロスコープはBPMの読み出しの他に、WCMの読み出しにも使われている。それぞれのモニターは、ビームモードによって使い分けされており、また、オシロスコープの設定も違うため、CM\_4473

上にはそれぞれのモード時のオシロスコープの設定（電圧軸，時間軸，ディレイ等）と，現在のモードがどのモードであるかが記述される。unixサーバー側からのモード変更等のメッセージはuspwmdに送られ，uspwmdはCM\_4473上のデータを書き換える。

spwmpplプログラムはCM\_4473が更新されているかどうかを確認し，変更がなければ現在のモードのまま，変更があれば設定の変更を行った後にデータ収集を開始し，計算結果をタイムスタンプと共に所定の共有メモリモジュール内に記録するというサイクルを繰り返す。

shmsendプログラムはこの共有メモリ上のタイムスタンプを約100ミリ秒おきに監視し，更新されていれば新しい情報をunixサーバーに転送する。

spwmpplプログラムは，他のプログラムとの通信をせず共有メモリモジュールを参照することで，他のプログラムと情報の交換を行う形になっている。そのため，通信のための割り込み等の複雑な処理を必要とせず，またソフトウェアの変更，改造等が容易に行えるプログラム構造になっている。

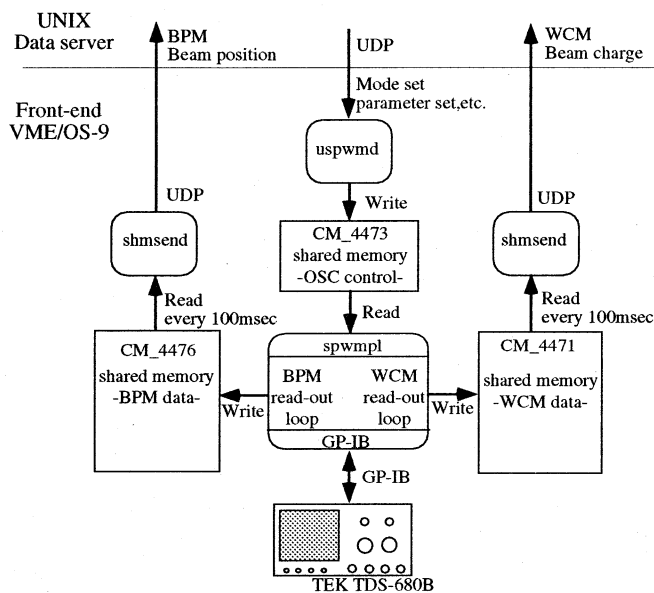


図3:フロントエンドソフトウェア構成図。

### 3.3 データ収集速度の制限

現在このシステムのデータ収集速度は毎秒約1回程度と余り高速ではない。その原因の大部分はオシロスコープ内でのGP-IB処理速度である。以下にプログラム内でのDAQシーケンスと処理にかかる時間を記す。

1. トリガーが入力されると掃引を開始するようオシロスコープを設定する（約300ミリ秒）。
2. トリガーが入ると掃引を開始，終了するとプログラムに対してサービスリクエスト（SRQ）を発行する（約200ミリ秒）。
3. プログラム側はSRQが来るまで待ち，波形データを読み出す（約100ミリ秒）

以上の時間にshmsendの待ち時間（最大100ミリ秒）を合計すると約700ミリ秒となり，理論上最大で約1.4Hzのデータ更新が可能である。ビームテストにおいても，ほぼこの速度を達成している。

### 3.4 ビームに同期したデータ収集

現場に設置された複数のBPMの信号を信号合成器で合成し，一つのオシロスコープで測定しているため，各モニタステーションでは同期化されたビーム位置の測定が可能である。しかしunix側から見ると，モニタステーションから来るビーム位置データは各々が独立して非同期で送られてくる。現在のシステムではオシロスコープの処理速度が遅いため，オシロスコープ用トリガー（ビーム同期トリガー）を約1Hzに間引きすることにより，入射器全体として，同期化を可能にしている。

## 4. 結論

筆者らは，KEKB入射器においてVME/OS-9をフロントエンドとしたBPMデータ収集系を新たに構築した。全体のデータ収集速度は，約1Hzを達成している。この速度は，オシロスコープのGP-IB制御で制限されていたことがわかった。このシステムは，約半年のビームコミッショニングに用いられ，安定に動作することを確認している。

## 参考文献

- [1] S. Kurokawa, et al., KEK Report 90-24 (1991).
- [2] I. Sato, et al., KEK Report 95-18 (1996).
- [3] T. Suwada, et al., Presented at the First Asian Particle Accelerator Conference (APAC98), KEK, Tsukuba, Japan, March 23-27, 1998; KEK Preprint 98-14 (1998).
- [4] T. Suwada, et al., Proceedings of the 8th Beam Instrumentation Workshop (BIW98), SLAC, Stanford, California, U.S.A., May 4-7, 1998; KEK Preprint 98-48 (1998).