

KEKB Linac BPM-DAQ system

Takuya Kudou^{1,A)}, Shiro Kusano^{A)}, Yoshikazu Mizukawa^{A)},
Masanori Satoh^{B)}, Kazuro Furukawa^{B)}, Tsuyoshi Suwada^{B)}

^{A)} Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd
2-8-8 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-0045

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801

Abstract

The KEBB injector delivers the different kinds of beams to four independent storage rings (KEKB e-/ e+, PF, PF-AR). A beam position monitor (BPM) is a very important diagnostic tool for the long-term stable beam operation. A many kind of feedback loops and display softwares are used for stabilization of beam orbit and energy. A new fast BPM-DAQ system was developed for the KEK injector Linac upgrade plan aiming a quasi-simultaneous injection. In this paper, we will present the new BPM-DAQ system in detail.

KEKB LinacのBPM-DAQシステム

1. はじめに

KEKB LinacはKEKBリングへ8-GeV電子及び3.5-GeV陽電子、PFリング及びARリングには、2.5-GeV及び3-GeVの電子ビームを供給している。ビーム軌道及びエネルギーは、様々の外乱要因により変動するため、ソフトウェアによる監視や、安定化のためのフィードバック^[1]を行っている。これらの監視・フィードバックには、約100台設置してあるビーム位置モニタ(BPM)の情報が用いられている。現在、KEK入射器では、KEKB連続入射及びPF Top-up入射を両立させるための、高速ビームモード切り替え運転のためのアップグレードを進行しているため^[2]、50-Hzでのビーム位置計測が不可欠である。しかしながら、従来のBPM-DAQシステムは、約1-Hzのデータ収集能力しか持たないため、新たなBPM-DAQシステムの開発が必要とされてきた。

2. 制御系概要

KEKB Linacの制御システムは、複数のUnix計算機(HP Tru64 Unix)によるサーバ計算機部、多様な計算機による機器制御部(VME x27台、PLC x約150台、CAMAC x11台)及びオペレータインターフェイス部の3階層構成となっている。ネットワーク通信のトポロジーはスター型を採用し、障害箇所の特定及び回復を迅速に行うことが可能である。大電力クライストロンの配置されているクライストロンギャラリ部へのネットワークは、クライストロン電源の放つ強力な電磁パルスノイズの影響を受け難いように、光ファイバー(10Base-FL, 100Base-FX)を採用している。オペレータインターフェイス部は、Windows-PC (Visual Basicソフトウェア用)、タッチパネル及びLinux-PC (X端末として使用)による

種類混成型となっている。機器制御には、機器毎に準備された多階層のサーバプログラムが用いられており、制御用ソフトウェアに関しては、TCP/UDP通信及びRemote Procedure Call (RPC)を基本とした独自開発のライブラリ群によって構築されている。近年、Linux OSの普及に伴い、サーバ計算機部におけるLinux計算機の導入を行ってきた。既存のUnixネットワーク管理ツール及び他のソフトウェア資産をほぼそのまま流用可能であるため、導入・管理が容易であり、サーバ計算機の負荷分散にも役立っている。また、Webサーバ及びMailサーバに関しても、Linux-PCを利用している。

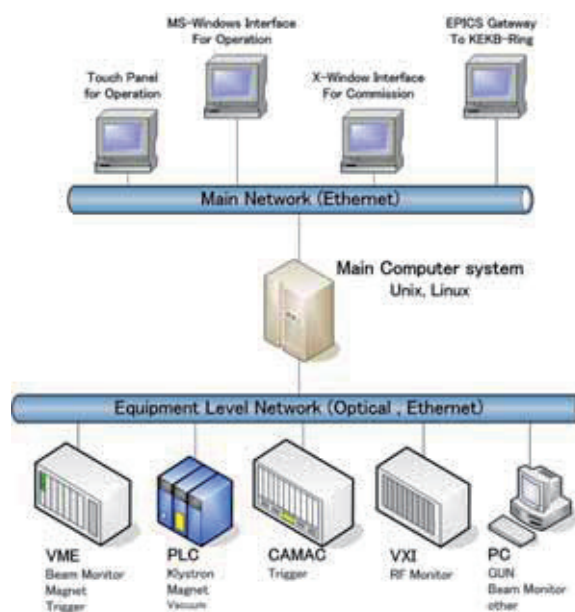


図1 : KEBB LINAC制御システム概要

¹ E-mail: kudoh@post.kek.jp

3. 従来のBPM-DAQシステム

3.1 システム構成

現在、KEKB Linacには約100台のストリップライン型BPMが設置されている。これらのBPMは、約20のDAQシステムにより信号処理され、ビーム位置及び電荷情報に変換される。DAQシステムは、VME 計算機 (OS-9) ・ デジタルオシロスコープ (Tektronix TDS680B) 及び信号コンバイナから構成されており、1台のDAQシステムでは、3から11台のBPM信号を処理している。1台のBPMからは、4つのアナログ信号(垂直上下、水平左右方向)を信号コンバイナにて合成し、オシロスコープによる波形捕捉を行っている。1台の信号コンバイナでは、複数台BPMからの信号処理を行うため、波形のオーバーラップが起らないように、ケーブルディレイ処理を行っている。

オシロスコープによりデジタル処理された信号は、BPMマッピングデータによる校正係数及びケーブル損失係数等を用いて、VME 計算機によってビーム位置及び電荷情報に変換される。VME 計算機 ・ オシロスコープ間は、 GPIB 経由によるデータ通信を行っている。一方、VME 計算機及び上位サーバ計算機間の情報通信は、UDP プロトコルを用いた Ethernet 通信によりおこなわれる。各VME 計算機から送られたビーム位置 ・ 電荷情報は、サーバ計算機上の共有メモリ上に格納され、上位アプリケーションソフトウェアからのBPMデータ要求時には、共有

メモリ内の情報が参照される^[1]。これにより、BPM のデータ要求が増加した場合においても、機器制御計算基部とサーバ計算機部間におけるネットワークトラフィックは、常に一定に保つことが可能となり、サーバ計算機のCPU負荷を低減することが可能となる。

3.2 問題点

従来BPM-DAQシステムにおいては、波形捕捉速度が約1-Hzであるため、現在進行中の入射器アップグレードに必要な、最大ビーム繰り返し50-Hzでのビーム位置情報処理は不可能である。また、従来システムは、導入から10年以上経過しているため、今後の機器保守が非常に困難となっている。

4. 新システム

4.1 システム構成

新BPM-DAQシステムとして、高速デジタルオシロスコープ (Tektronix DPO7104) を用いた信号処理系を採用した。基本的なシステム構成は、実績のある従来システム型を踏襲しているが、本機は、Windows-XP (CPU: P4-3.4-GHz) ベースであるため、アナログ信号処理から演算処理までの全処理を、オシロスコープ上のソフトウェアにより実現可能である。このため、追加の制御用計算機を要さないため、上位計算機の負荷軽減を可能としている。また、本オシロスコープは、ギガビットイーサネット通信環境を有するため、従来システムではボトルネックになっていた GPIB による低通信速度問題及び対ノイズ問題を解消することが可能である。

2006年夏以降に、BPM DAQシステム全21台中13台を置き換え、これまで安定運用を行ってきた。本年夏期メンテナンス中には、残り全ての旧システムを新システムと置き換える予定である。

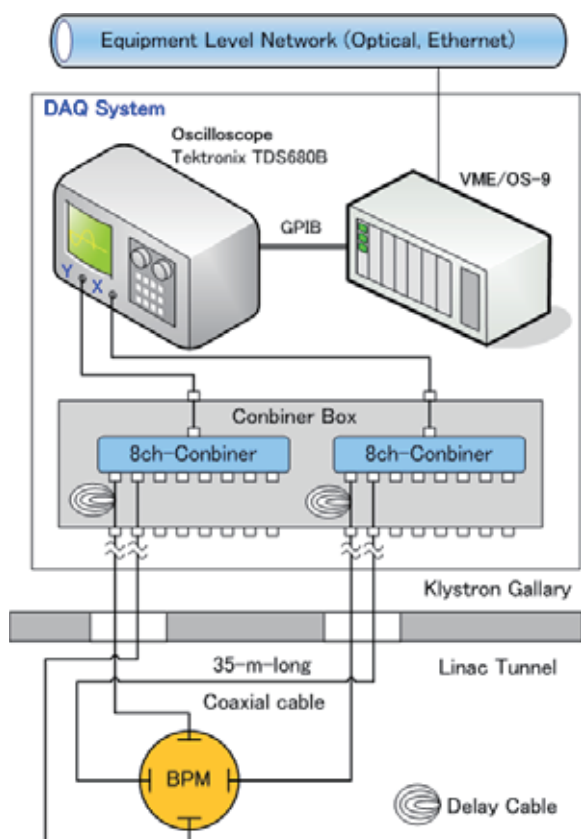


図2 : BPM-DAQシステム

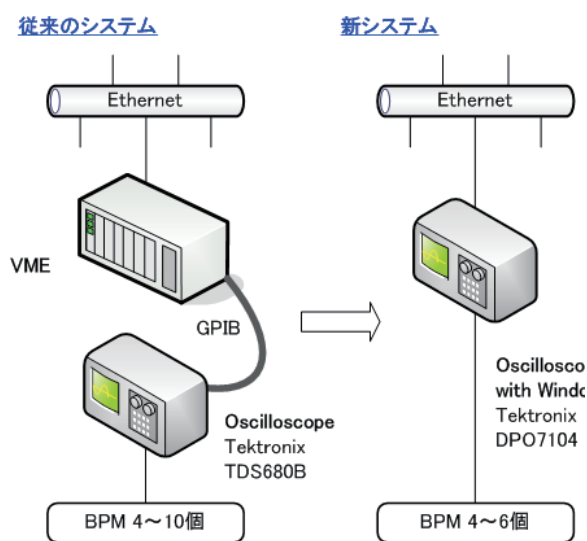


図3 : 新旧システムの違い

4.2 BPM DAQソフトウェアの移植

VME 計算機 (OS-9) 上で動作しているソフトウェアを Windows 上に移植した。BPM DAQソフトウェアは、以下の3階層で構成されている。

- BPMからのアナログ信号波形を捕捉し、BPMマッピング情報及びケーブル損失係数等を用いてビーム位置及び電荷情報に変換する。
- サーバ計算機からのオシロスコープ設定変更要求を受ける部分(縦軸レンジの変更等)。
- ビーム位置・電荷情報等をサーバ計算機へUDPプロトコル経由にて送信する。

これらのソフトウェアでは、OS依存のコードが含まれているため、類似のWindows関数を用いて移植した。

通信部分に関しては、Winsock (Windows Sockets API) を使い、共有メモリ部分においては CreateFileMapping関数を用いたファイルマッピングオブジェクトを利用している。さらに、遠隔再起動に関しては、Windows Rshを採用し、再起動用バッチファイルを用いて対処している。

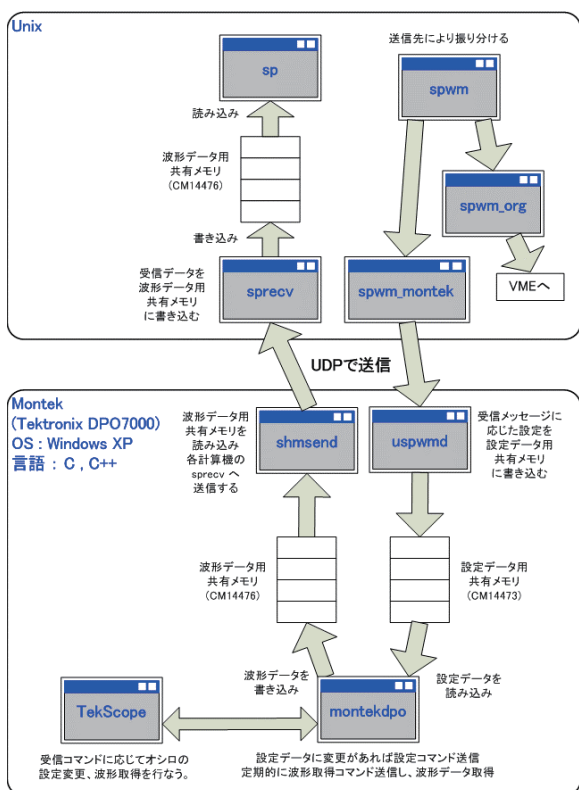


図4：ソフトウェアの構成

5 課題

5.1 50-Hz対応のソフトウェアの開発

従来BPM DAQシステム及び新システムを混在運用しているため、現在の運用においては、BPMデータ収集速度は、約1-Hzにて運用している。全パルス(50-Hz)におけるビーム位置情報の取得・処理を行う

ために、オシロスコープ上のソフトウェア及びサーバ計算機上のソフトウェア構成を見直す必要がある。オシロスコープ上において、EPICS IOCを用いた波形捕捉速度試験を行い、50-Hz以上での波形捕捉速度が十分可能であることを確認済みである。全てのBPM DAQシステムを新システムに移行した後、EPICS IOCによる運用を行う予定である^[4]。

5.2 ビームモードの認識

高速ビーム切り替え入射においては、BPM DAQソフトウェアにおいて、ビームモードを認識する必要がある。これまでは、タイムスタンプ等の情報により解決する予定であったが、Windows上での時間は精度が出ないため、新たな手法を検討中である。

5.3 遠隔再起動

機器制御部は、クライストロンギャラリーに設置されているため、強力なノイズ環境下にある。このため、従来システムにおいては、VME計算機の異常停止がしばしば発生し、RASボード^[5]による遠隔再自動起動を行ってきた。しかしながら、新BPM DAQシステムは、Ethernetベースの通信を行うため、対ノイズ性は向上していると思われる。しかしながら、一度オシロスコープに異常が発生し、ネットワーク機能が使用不可になった場合には、現場にて再起動等の対処を行う必要がある。このため、新たな遠隔再起動システムの開発を検討中である。

6. まとめ

KEKB Linacは、今後、高速ビーム切り替え入射が計画されており、それに必要な50-Hzでのビーム位置計測が可能である、新BPM-DAQシステム開発を行った。現在、約半分のDAQシステムを新システムと入れ替えている。本年夏には、残り全数を新システムと入れ替え、DAQ速度を50-Hzに対応したソフトウェアの開発、整備を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 古川和朗他、“KEK 電子リニアックのビーム切り替えとビームフィードバックシステム”、proceedings of the 25th Linear Accelerator Meeting in Japan,2000.
- [2] 佐藤政則他、“高速ビームモード切り替えのためのKEK入射器アップグレード”、Proceedings of the 31th Linear Accelerator Meeting in Japan,2006.
- [3] 草野史郎他、“Linux PC を用いたデバイスの監視”、Proceedings of the 26th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tsukuba, Aug 1 - 3, 2001.
- [4] 佐藤政則他、“WindowsオシロスコープベースEPICS-IOCを用いた高速BPM-DAQシステムの開発”、Proceedings of the 32th Linear Accelerator Meeting in Japan,2007.
- [5] 古川和朗他、“加速器制御のためのネットワーク接続機器の開発”、proceedings of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan,2004.