

Beam-monitor Software at the KEK 60-MeV Proton Linac

M.Takagi^{1,A)}, S.Yoshida^{A)}, N.Kamikubota^{B)},
K.Furukawa^{B)}, N.Yamamoto^{B)}, J.Odagiri^{B)}, J.Chiba^{B)}, T.Katoh^{B)}, S.Satoh^{C)}

^{A)} Kanto Information Service (KIS)

8-21, Bunkyo, Tsuchiura, Ibaraki, 300-0045

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1, Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

^{C)} Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI)

2-4, Shirane, Tokai, Ibaraki, 319-1195

Abstract

At the KEK 60MeV proton linac, measurements of beam current (SCT), beam energy (FCT), and beam position (BPM) are performed by using a commercial measurement product (WE7000). The software for data acquisition has been developed based on the EPICS toolkit. The applications for data display has been developed by using Python script language. In this article, the present status of beam monitor software is reported.

KEK60MeV陽子リニアックのビームモニタソフトウェア

1. はじめに

J-PARC(Japan Proton Accelerator Research Complex)入射用陽子リニアックの60MeVまでの初段部(通称「60MeV」)は、KEKで建設され、2002年度からビームコミッシングが始まっている^{[1][2]}。

EPICS(Experimental Physics and Industrial Control System)は、分散型のリアルタイム制御システムを開発するソフトウェアツールキットである。90年代はじめにANLおよびLANLで加速器を対象に開発が始まり、現在ではKEKBなどの多くの大型加速器施設でも採用されるに至っている^[3]。J-PARCの制御システムも、EPICSをベースに開発が進んでいる^{[4][5]}。

J-PARC加速器では、ビームモニタおよびRFシステムなどの波形モニタの遠隔観測が必須である。KEKでは、Ethernet通信型のWEを低コストなネットワークベース波形取り込みinterfaceと考え、EPICS制御システムに取り込むためのデバイスドライバ整備を進めてきた^{[6][7]}。今年、開発したデバイスドライバを使って、ビーム電流(SCT)、エネルギー(FCT)、ビーム位置(BPM)測定のためのソフトウェアを開発した。

2. ビームモニタソフトウェアの現状

2.1 データ収集システム

WEの制御はIOC(VME-VxWorks)上で動作するEPICS Runtime データベースから行われ、(a)測定開始コマンド発行、(b)WEトリガ受信、(c)測定終了確認、(d)EPICSレコードへの波形データ読み込み、(e)波形データの加工および代表値の計算、の5つのプ

ロセスを繰り返す。

図1に、IOCとWEのネットワーク構成を示した。

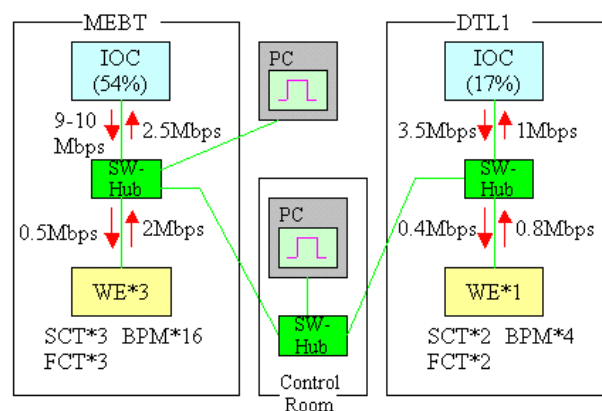


図1: 機器構成とパケット量・CPU負荷の状況

VMEのCPUには、AdvanetのPowerPCボード(Advme7501-300MHz)を2台使用している^[8]。波形の観測には、WEのオシロスコープであるWE7111モジュール(100MS/s-1ch)を使用している。左側のIOCがMEBT部のWE(3ステーション-22モジュール)を、右側のIOCがDTL1部のWE(1ステーション-8モジュール)を担当している。合計4台のWEが、5Hzのトリガーで同期され波形の観測を行っている。

現在は、WEを利用してビーム電流(SCT)、エネルギー(FCT)、ビーム位置(BPM)の測定を行っている。ビーム電流の測定は、WEから読み込んだ波形データの指定した2点の電圧値の差から電流値を計算している。エネルギーの測定は、2つの波形データか

¹ E-mail: mtakagi@post.kek.jp

らエネルギー値を計算している。ビーム位置も同様に、2つの波形データからビーム位置を計算している。

図2は、ギャラリーに設置されたMEBT部用のWEの写真である。左側のラックの中央部に設置されたWEと右側上部のWEがBPM、右側下部のWEがSCTとFCTの波形観測を行っている。



図2：ギャラリーに設置されたWE7000

2.2 ネットワークトラフィック量とCPU負荷

図1のIOC内の数字はCPUの負荷を、赤矢印はネットワークトラフィック量をそれぞれ示している。

ビームコミッシング時のCPU負荷は、MEBT側が54%程度でDTL側が17%程度である。この差は、単純に制御するWEの数の差によるものである。

WEからIOCへのネットワークトラフィック量は、MEBT側で2Mbps程度である。このトラフィックの大部分は、観測した波形データである。1つのモジュールが2byte*1000点のデータを5Hzで送っているため、22モジュールある事を考えると、妥当な数字である。

IOCからのパケットが、MEBT側で9-10Mbps程度になっているのは、複数のデータ表示系アプリケーションに対して波形データを送っているためである。

Ethernetを経由した波形モニタの場合、大量のパケットをネットワークに流してしまう事になる。そのため、WEのパケットがスイッチングハブで区切られた狭い範囲内でのみやりとりされ、ネットワーク全体に影響を与えないように機器の配置を行っている。

2.3 データ表示系アプリケーション

データ表示系アプリケーションの開発は、当初、EPICS標準の制御パネル作成ツールであるdm2kを利用して行われていた。dm2kは、Windowに部品を貼り付け、EPICSレコード名を指定するだけで容易にパネルの作成を行うことができるツールである。しかし、グラフ表示機能の充実や拡張性の高さなどの理由から、現在はPythonを利用して表示系アプリケーションの作成を行っている。PythonはKEKBの運転用パネルの作成にも多く利用されているプログ

ラム言語である。EPICSレコード値のRead/Write/Monitorは、KEKBで作成されたPython/CAモジュールを利用して行っている^[9]。

図3は、BPM用のPythonパネルである。WEで観測された波形データの生データ、差分をとった波形データ、計算したビーム位置の値が表示されている。パネル下部のグラフには、全8台分のBPMのビーム位置を並べて表示している。WEへの基本的な設定は、画面右部のメニューから変更できるようになっている。

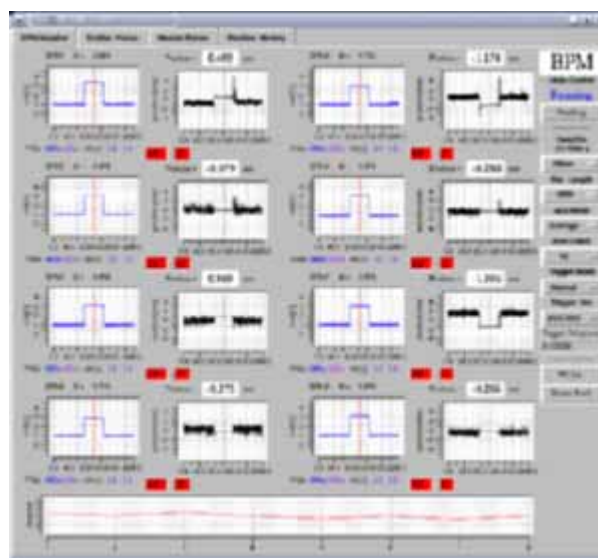


図3：ビーム位置モニタ用のパネル

図4は、ビーム位置データの変化を時系列で表示したものである。

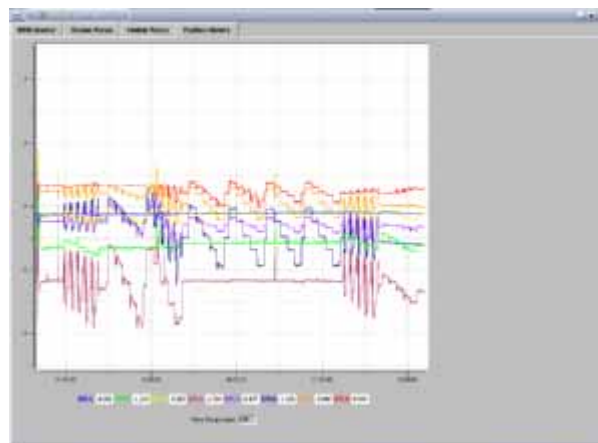


図4：ビーム位置のリアルタイムトレンド

2.4 測定データの履歴保存

60MeVリニアックでは、EPICS標準のアーカイバであるChannel Archiverをレコード値の履歴保存に利用している。ビームモニタに関しては、ビーム電流値5点、エネルギー値3点、ビーム位置値10点を1Hzで記録している。また、1000点(1点2byte)の波形データ30点を1分毎に記録している。図4と同じトレ

ンドグラフをChannel Archiverで表示した例を(吉田 奨、"KEK 60MeV陽子リニアックの機器信号データ履歴システム")に示している^[10]。

3. 今後の課題

3.1 パフォーマンスの向上

現在(2004年6月時点)のビームコミッショニングでは、5Hzのトリガーで波形データの収集を行っている。しかし、将来的には25Hz、もしくは12.5Hzでのデータ収集が必要になってくる。現在のデータ収集システムでは、12.5Hzのトリガーで全ての波形データを収集する事は不可能である。原因は、WE側の反応速度の遅さであると考えている。

パフォーマンス向上のための対策としては、現時点でいくつかの方法が考えられる。(1)波形データの全チャンネル一括取得機能の使用 (2)拡張UDPパケットを利用した通信モードの使用 (3)WE900(新型のWEステーション)の使用

これらの方法によって、パフォーマンスの向上がどの程度見込めるかを検証していくことが、今後の重要な課題の1つである。

3.2 EPICS R3.14への対応

WEからの波形データ収集のためのソフトウェアは、現在、EPICS R3.13をベースに開発されている。しかし、現在のEPICSの最新バージョンはR3.14である。今後、制御システム全体をR3.14に統一するためにも、R3.14へのドライバの対応、動作テストを行っていく事は重要である。

R3.14対応へのアプローチとしては、現在、PLCとのアクセスなどに利用されているNetDevドライバへWEを組み込むという方法も考えられる^[11]。

3.3 未対応モジュール

現在のビームモニタソフトウェアにおいては、波形の観測に100MS/sオシロスコープ(WE7111)が使われている。しかし、今後はWE7111以外のモジュールに関してもEPICSからの制御を行う必要が出てくる。現状では、100kS/s デジタルサイザ(WE7271)、10MHz関数ジェネレータ(WE7121)のドライバが準

備されているが、実際の運転でのEPICSからの使用実績はあまりない。2ch-20MS/s デジタルサイザ(WE7116)などの未対応モジュールのドライバ整備も今後の重要な課題の1つである。

4. まとめ

現在のビームコミッショニングにおいて、ビームモニタソフトウェアは安定に動作し、データの収集が行われている。また、Channel Archiverによって、測定データの履歴の記録、参照が容易になった。しかし、パフォーマンスの向上やEPICS R3.14への対応、未対応モジュールのドライバ整備などの課題も依然として残されている。

参考文献

- [1] 池上雅紀、他、"KEKにおけるJ-PARCリニアックMEBTのビームコミッショニング(I)"、Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan、pp.297-299
- [2] 近藤恭弘、他、"KEKにおけるJ-PARCリニアックDTL1のビームコミッショニング"、本会議
- [3] <http://www.aps.anl.gov/epics/>、およびそのリンク先
- [4] T.Katoh et al, "Present Status of the J-PARC Control System", Proceedings of the ICALEPCS2003 in Korea. URL:<http://icalepcs2003.postech.ac.kr/>
- [5] 上窪田紀彦、他、"J-PARC 60MeV陽子リニアックの制御システムII"、本会議
- [6] <http://www.yokogawa.co.jp/Measurement/Bu/WE7000/>、およびそのリンク先
- [7] 高木誠、他、"ネットワークベース波形モニタのEPICSドライバ開発と評価"、Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan、pp.443-445
- [8] <http://www.advanet.co.jp/product/vme/7501.htm>、およびそのリンク先
- [9] 田中学、他、"KEK加速器運転員のEPICS/PythonによるRapid Application Development"、本会議
- [10] 吉田奨、他、"KEK 60MeV陽子リニアックの機器信号データ履歴システム"、本会議
- [11] J.Odagiri et al, "EPICS Device/Driver Support Modules For Network-based Intelligent Controllers", Proceedings of the ICALEPCS2003 in Korea. URL:<http://icalepcs2003.postech.ac.kr/>