

CONTROL SYSTEM USING EPICS TOOLS AT KEK LINAC

Shiro Kusano^{1,A)}, Kazuro Furukawa^{B)}, Masanori Satoh^{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 KEK Linac control system has been developed by the home-made library software using a remote procedure call (RPC). On the other hand, the downstream storage rings (KEKB e-/e+, PF and PF-AR) are controlled by an EPICS-based system. The information sharing between the injector Linac and the rings is very important for the long-term stable beam operation and a quick recover from a beam operation trouble. For that reason, the KEK Linac introduced an EPICS-based control environment recently. In addition, we developed the control softwares using an EPICS environment for the newly developed devices. In this paper, we will present the application of the EPICS tools to the KEK Linac control system in detail.

KEK入射器におけるEPICS toolsを利用した制御システム

1. はじめに

KEK入射器の制御システムは、1993年に旧システムからの更新が行われ、その後、毎年小規模な変更及び改善が行われている。現在の制御システムは、Unix計算機(HP Tru64 Unix)を中心としたサーバ計算機部・多様なフロントエンド(VME、PLC、CAMACなど)による制御機器部及びオペレータインターフェース部(X端末、Windows/Linux-PCなど)の三階層構成となっており、相互の情報通信部は、TCP/UDPを基本に独自開発したRemote Procedure Call (RPC)によるソフトウェアライブラリ群を用いて構築されている。

一方、KEKBリングの制御システムはEPICSと呼ばれる制御システム構築用ツールキットを用いて開発されており、Unix計算機(HP Tru64 Unix/Mac OS X/Linux)によるオペレータインターフェース部と多様なフロントエンド(VME、PLC、VXIなど)による制御機器部で構成されている。

入射器では、旧システムからの更新の際、Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS)の導入を検討していたが^[1]、10年以上前に作られた制御機器を扱うためのソフトウェア更新作業量が膨大と予想されたため、採用を見送った経緯がある。このため、最近までは、KEKBリングとの機器及び運転情報交換のためには、EPICSゲートウェイを用いてきた^[2]。

しかしながら、近年、入射器及びリング間での情報相互利用を目的とした機器履歴表示システムの開発^[3]や保守性向上を目的とした機器の置き換えを進めてきた。同時に、ソフトウェアの共通化による開発時間の省力化のために、EPICSを用いたによる直

接機器制御の導入を始めている。本稿では、入射器におけるEPICSを利用したソフトウェアの現状について、詳細な報告を行う。

2. EPICS tools

2.1 EPICS IOC

EPICSは、ネットワーク分散型の制御システムを構築するためのツールキットであり、米国アルゴンヌ国立研究所(ANL)及び米国ロスアラモス国立研究所(LANL)によって開発が開始された。現在では、多くの研究機関による国際共同研究開発が進められている。EPICSは、標準的な機器のためのドライバソフトウェアや履歴収集ソフトウェアなどの汎用性の高いツールを多数備えており、ソフトウェア開発期間の短縮化を容易にする。

EPICSは二階層構造を持ち、Input/Output Controller (IOC)と呼ばれるサーバ部及びオペレータインターフェースなどのクライアント部から構成され、サーバ・クライアント間は、Channel Access(CA)プロトコルを介して通信を行っている。IOCは、VME上(VxWorks)で開発が進められてきたが、近年では、他のOS(Linux、RTEMS、MS-Windowsなど)においても動作可能となっている。

VxWorksは、高性能なリアルタイムOSであるが高価であり、管理用のサーバ計算機(HP-UX、Solaris)を必要とする。このため、KEK入射器では、比較的安価にシステムを構築することが可能な、高性能Linux計算機をIOCとして採用している。

¹ E-mail: skusa@post.kek.jp

2.2 EPICSデバイスドライバ

近年の加速器制御システムでは、ネットワークインターフェースを持った制御機器を扱うことが多くなってきている。EPICSには、機器制御速度向上のための非同期通信デバイスドライバが多数存在する。KEK入射器では、2種類のデバイスドライバ(Asynドライバ、netDevドライバ)を用いたソフトウェア開発を行っている。

Asynドライバは、オシロスコープなどの計測機器に利用されているVXI-11プロトコルやGPIO変換などのサポートしている。一方、netDevドライバは、主にPLC、device input module (DIM)などをサポートしている。既存のデバイスドライバを使用することにより、PLCなどの機種依存プロトコル差異を意識することなく、簡便かつ迅速なソフトウェア開発を可能としている。

3. デバイス制御システム

表1は、現在KEK入射器で使用しているIOCのドライバ種別・バージョン及び制御機器を示している。EPICSのバージョンは、全システムにおいてR3.14.9を使用している。また、IOC用Linux計算機として、Cent OS 4.5を使用している。

システム名	制御機器	ドライバ
ゲートウェイ	PLCなど	独自開発
トリガー他	CAMACなど	Asyn 4-8
温度測定	KE3000 (チノー)	netDev 3-12-7
スリット	E5810	Asyn 4-8
電荷制限	PLC	netDev 3-12-7

表1: 各システムの制御機器及びドライバのバージョン

3.1 EPICS CA ゲートウェイ

KEK入射器においては、ネットワーク負荷及びサーバ計算機のCPU負荷を軽減するため、1秒毎にクライストロン・真空系の機器情報を読み出し、共有メモリ上へ書き込むためのサーバ計算機(キャッシュサーバ)を用意している^[4]。ゲートウェイは、キャッシュサーバ上の共有メモリ情報を、EPICS CAプロトコルへ変換する。オペレータインターフェース及び履歴情報システムなどのEPICSクライアントは、ゲートウェイを経由し、各機器情報の取得を行っている。

3.2 トリガー・マグネット・ユーティリティ

KEK入射器のIOCでは、ビームタイミング・マグネット及び施設関連(冷却水温など)の情報に関する読み出しも行っている。Asynドライバに関しては、C言語によって構築された独自開発のRPCライブラリ群を利用し、各デバイスサーバの機器制御を行っている。

3.3 スリット制御

KEK入射器では、PF Ringへ質の高いビームを供給するため、入射器下流のBTラインにおいてビームスリットを設置・運用している。本スリット制御のためには、ツジ電子社製のパルスモーターコントローラ(PM4C)及びエンコーダカウンター(ER4C)を用いている。これらの機器は、GPIO及びRS-232Cインターフェースしか持たない。Ethernet経由による遠隔制御を実現するために、LAN/GPIO(アジレント社製: E5810)変換機を用いたEPICS IOC制御を行っている。

3.4 温度測定

2006年より、データロガー(チノー社製: KE3000)を用いた温度測定システムの運用を開始した^[5]。温度測定システムは、13台のデータロガー及び1台のLinux-PC-based IOCで構成されており、IOC・データロガー間の通信は、netDevドライバ経由によるものである。温度測定用IOCを利用し、クライストロンギャラリ及びモジュールータ、VXI筐体、RF用恒温槽内などの温度表示・履歴記録を行っている。

3.5 電荷制限システム

KEK入射器では、高速ビーム切り替えによるPF Top-up及びKEKB連続入射の実現が計画されており、放射線安全のためのビーム電荷制限システムを導入予定である^[6]。ビーム電荷制限システムは、2台のPLC及び1台のLinux-PC-based IOCで構成される。

3.6 機器情報蓄積及び履歴表示(Channel Archiver)

図1に、機器情報蓄積及び履歴表示システムの構成を示す。機器情報蓄積システムは、クライストロン・真空・BPM・温度・マグネット及びユーティリティの情報蓄積を行っており、米国オークリッジ国立研究所において開発されたChannel Archiverを利用している。さらに、安定した運用を実現するために、Linux-PC-basedクラスターによって構成されたファイルサーバを用いたデータ蓄積を行っている。

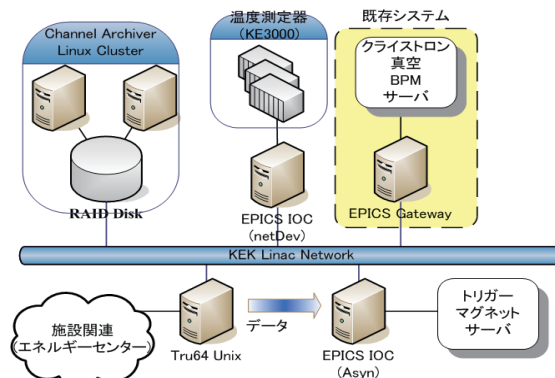


図1 システム構成図

履歴表示システムとして、KEK所内ネットワークに接続可能な計算機に対し、Extensible Markup Language Remote Procedure Call (XML-RPC)によるデータサーバを用意している。XML-RPCを利用す

ることにより、Webブラウザのみならず、Java・Pythonなどによる履歴データ表示ソフトウェアを容易に開発することが可能である(図2)。

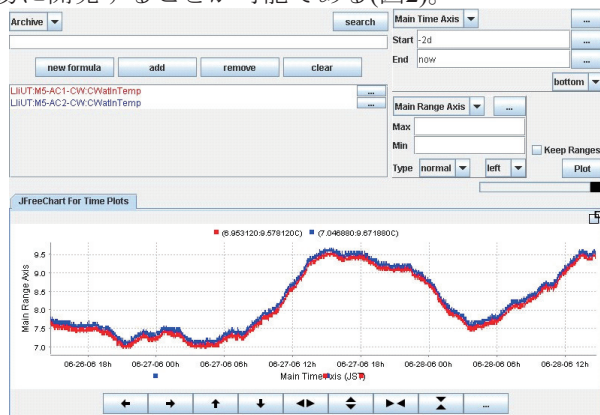


図2 Archiver viewer(Java)

4. 課題

4.1 制御機器の操作

現在運用中のEPICSゲートウェイにおいては、制御機器の情報の読み出しにのみ対応している。このため、機器の制御を行うには、ゲートウェイの拡張或いはnetDev, Asynドライバなどを用いたIOCの構築が必要となる。これらについては、現在検討中であり、将来の運用実現に向けた試験を継続中である。

4.2 システム冗長性

KEK入射器のように、24時間安定運用を求められているシステムでは、ハードウェアトラブルなどによるサービス停止の影響を、最小限に留める必要性がある。対応策として、複数IOCによる冗長性IOCシステムの導入及びCD-ROMブートシステムを用いた、IOC障害からの迅速な復旧機構の構築を検討・試験している。

4.3 EPICS IOCの管理

現在、KEK入射器においては、5台のLinux-PC計算機によるIOC運用を行っている。今後、さらなる制御機器の増設及びEPICS導入の推進により、IOC(Linux-PC-based)の増設が予想される。Linux-PC-based IOCの増設は、HDD及び電源FANなどの能動的素子の故障確立が高めるため、システム全体の信頼性低減を招くこととなる。システム増大に伴う管理効率低減を避けるため、IOCの統合が検討された。しかしながら、このような統合は、EPICSレコードのデータベース更新作業において、メンテナンス対象外の多数のレコード停止が不可避となるため、さらなるメンテナンス性の悪化を招くこととなる。このため、同一計算機上におけるIOCの複数運用を検討・試験中である。

4.4 EPICS IOCの運用

EPICS IOCは、VxWorks OS上での動作を前提に開

発されてきたため、デーモンプロセスとして動作させる事が困難であり、IOCを動作させている端末(X termなど)が終了すると、同時にIOCも終了するという問題がある。現在は、IOCをVirtual Network Computing (VNC)と呼ばれるソフトウェアで動作させることにより対処している。

4.5 新規開発ネットワークデバイスへの対応

近年、KEK入射器では、クライストロン用50-Hz信号を常時監視するためのNIMモジュールや、入射器のビームモードを制御するためのNIMモジュールなどを開発・導入してきた。これらのモジュールは、ネットワークインターフェースを装備し、入射器独自開発のソフトウェアにより制御している^[7]。今後は、これらのモジュール制御に関しても、Asyn及びnetDevドライバを用いたEPICS化を予定している。

5. まとめ

KEK入射器の制御システムは、1993年に旧システムから新システムへの更新が行われた。その後、毎年小規模な変更・改善を行い、多様化するビーム運転形態への対応及び運転効率の向上を行ってきた。また、近年、制御機器の保守性向上を目的として、導入後10年以上経過した機器の更新を進めてきた。またEPICSを積極的に利用することにより、管理効率の向上を進めている。これにより、Asyn・netDevなど既存ドライバソフトウェアが利用可能となり、制御機器の種類によることなく、迅速なソフトウェア開発を可能とした。さらに、EPICS環境下のArchiver及びViewerを用いることにより、迅速な機器・運転パラメータ監視やオンラインデータ解析を行っている。将来、KEK入射器の制御システムでは、更なるEPICS環境の導入を進めていく予定である。

参考文献

- [1] K.Furukawa, et al., "Cooperation in Control Systems of KEK Linac and Ring", Proc. of 20th Linear Accelerator Meeting in Japan, Osaka, 1995, p.221.
- [2] K.Nakao, et al., "KEK入射器におけるEPICS Gatewayの構築", Proc. of 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabashi, 2004, p.486.
- [3] S.Kusano, et al., "KEK入射器におけるEPICS toolsを用いた加速器情報蓄積システム", Proc. of 31st Linear Accelerator Meeting in Japan, Sendai, 2006.
- [4] S.kusano, et al., "Linux PCを用いたデバイスの監視", Proc. of 26th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tsukuba, 2001, p.352.
- [5] Y.Yano, et al., "KEK Linacの温度計測システム", Proc. of 31st Linear Accelerator Meeting in Japan, Sendai, 2006.
- [6] T.Suwada, et al., "KEKB入射器における放射線安全のためのビーム電荷制限システム", these proceedings.
- [7] K.Furukawa, et al., "加速器制御のためのネットワーク接続機器の開発", Proc. 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabashi, 2004, p.495.