

CONTROL SYSTEM OF MULTI-BUNCH PHOTO-CATHODE RF GUN

S. Araki^{*A)}, T. Muto^{A)}, T. T. Nakamura^{A)}, J. Odagiri^{A)}, N. Terunuma^{A)}, M. Kuriki^{A)}, H. Hayano^{A)}, J. Urakawa^{A)}
Y. Yamazaki^{A)}, M. Fukuda^{B)}, K. Hirano^{B)}, M. Takano^{B)}

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

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

^{B)} National Institute of Radiological Science (NIRS)

1-9-4 Anagawa, Inage-shi, Chiba 263-8555. Japan

Abstract

RF Gun Test Bench (RFGTB) is constructed jointly by High Energy Accelerator Research Organization (KEK) and National Institute of Radiological Science (NIRS) for R&D purposes of the multi-bunch photo-cathode RF Gun. The first phase of RFGTB control system using CAMAC and PLC has been developed based on the EPICS toolkit running on PC/Linux. The present status of the control system is reported. A style of the designing small-scale control system is also discussed.

マルチバンチ・フォトカソードRF電子銃の制御システム

1. はじめに

高エネルギー加速器研究機構(KEK)と放射線医学総合研究所(放医研)は共同でマルチバンチ・フォトカソードRF電子銃の研究開発を行なっている。放医研では加速管および光蓄積装置を用いた超高輝度硬X線発生試験にRF電子銃の利用を計画している。この目的のためにRF Gun Test Bench (RFGTB)と呼ばれるテストベンチでビーム試験に向けて準備が進んでいる。RFGTBの特徴はRF電子銃の直後にシケイン部を設け、UVレーザー光をカソード正面より入射する点である[1]。RFGTBはKEKアセンブリホールに設けられ、試験加速器(ATF)と連携してRF電子銃の開発を行なっている。図1にRFGTBの概念図を示す。RFGTBのビームラインは、内寸で3.5m(幅)×11m(長さ)×3m(高さ)のコンクリート遮蔽体で囲われており、外側にはクライストロン、クライストロン電源、電磁石電源、制御装置を設置し、制御室に制御計算機および安全管理装置を配置している。

電子ビームのパラメータを表1に示す。RFGTBでは高電荷のマルチバンチビームを発生させ、これを高品質で安定に加速させる技術の開発を目的としている。そのため、制御システムには、RF系、電磁石系、真空系、ビームモニター系、レーザー系、インターロック系が必要であり、特にビームモニター系が重要で拡充も考慮して構築しなければならない。また、規模は小さいが多くの加速器技術が必要である。そこで、既存の資産(技術・機器)を有効活用して速やかに制御システムを構築するために、CAMAC、PLC等の機器を用い、計算機プラットフォームとしてLinuxをOSとしたPCを用いた。また、制御ソフトウェアとしてExperimental Physics and Industrial Control System(EPICS)[2]を採用した。今回は、その制御システムの基本構成と試験運転に向けての開発状況を報告する。なお、放射線安全インターロックシステムについては本稿で述べる制御システムとは完全に独立したシステムを構成しているため、以下では言及しない。

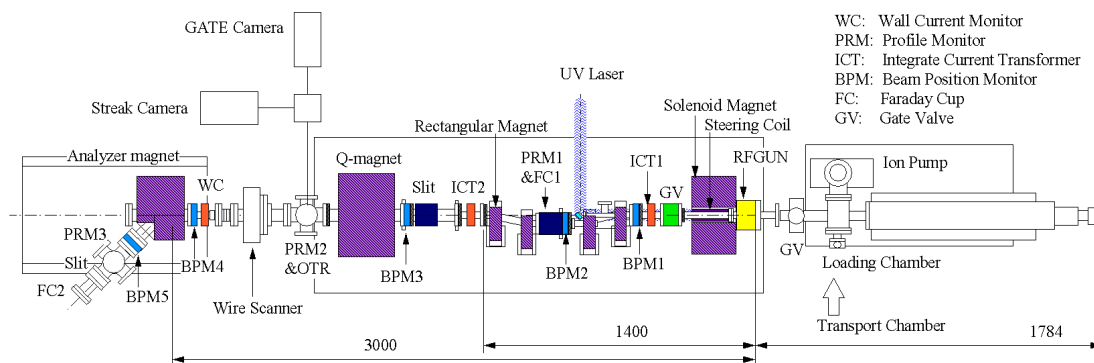


図1 : RF Gun Test Bench (RFGTB) の概念図

* E-mail: sakae.araki@kek.jp

表1：電子ビームのパラメータ

最大ビームエネルギー	9 Mev
最大電荷量	5 nC/bunch
最大バンチ数	100 /pulse
最大繰り返し	12.5 Hz
RF周波数	2856 MHz
バンチ間隔	2.8 nsec

2. RFGTBの制御システム

2.1 PC/LINUXベースのEPICS

既に述べたように、RFGTBは小規模ながら加速器に含まれる主要な要素をすべて含み、その制御には高度な機能と高い拡張性が要求される。このためRFGTBの制御システムにはEPICSに代表される汎用の制御ソフトウェアを採用することが望ましい。従来のEPICSが想定するシステムのハードウェア構成は、

- ユーザとインタフェースするUNIXワークステーション、
- 被制御機器とインタフェースするVME 計算機、
- およびその下に繋がる各種のフィールド・バス、

の三層構造であったため、小規模な実験装置の制御にEPICSを応用することはコストの面で難しかった。しかし、近年、VME 計算機 (EPICS ではInput/Output Controller (IOC)と呼ぶ) の上で実行されるプログラムが、Linuxを含む幾つかのOSの上で実行できるようになったことにより、RFGTBのような小規模の加速器・実験装置の制御にEPICSを使用する道が開かれた[3]。

また、装置インタフェース層において、イーサネット接続が可能な、インテリジェンスを持ったデバイス・コントローラが多用されるようになったこともPC/Linux上でのEPICSの利用する機会を広げている。現在、PCにはイーサネット・コントローラが標準的に備わっている。また、そもそもイーサネットを介した通信にはリアルタイム性がないため、VME計算機上でリアルタイムOSを使うメリットは乏しい。このようなPC/LinuxベースのEPICSの構築

例は、KEKのFFAG加速器の制御システムにみられる[4]。

2.2 装置とのインタフェース

本制御システムの構成を図2に示す。クライストロン・モジュレータの充電電圧の設定と読出し、およびインタロックに関するステータスの読出しとリセットは横河電機製FA-M3 PLC により行う。IOCがFA-M3と通信を行うために必要なプログラム(デバイス・サポート)は、J-Parc制御グループ、KEKのEPICS 横断化グループ、理化学研究所の三者により既に開発されているので、これを利用した[5,6]。

真空度のモニタ、およびクライストロンRF制御系の入力レベルの調整は、各種のCAMACモジュールを介して行う。このために、KEKオンライングループと東陽テクニカにより開発されたCC/NETを採用した[7]。CC/NETはPC/104 CPUボードを内蔵したCAMACクレート・コントローラであり、PC/104上で走るOSとしてLinuxを採用している。補助記憶装置としてコンパクト・フラッシュを用いることを除けば、ソフトウェア開発の観点からは通常のPCと差異はない。従って、他のPCなどのハードディスク上においたファイル・システムをマウントすることで、容易にプログラムの開発と実行が可能である。日本原子力研究所ではJ-Parc 計画のためにCC/NETのためのEPICSデバイス・サポートが開発されている。また、理化学研究所においてもCIMと呼ばれる独自のCAMACモジュールのためのデバイス・サポートが開発され、既にCC/NETの試験的な運用が始まっている[8]。

本システムでIOCとなるデスクトップPCとCC/NET、およびPLC (FA-M3) は、すべて制御用ネットワーク上で接続され、協調的に動作する一つのまとまったシステムを構成している。さらに、将来的には、本システムにGPIB-Ethernet変換器、RS232C-Ethernet変換器などを組み込むことによりネットワーク・ベースのシステムとしての拡張を予定している。

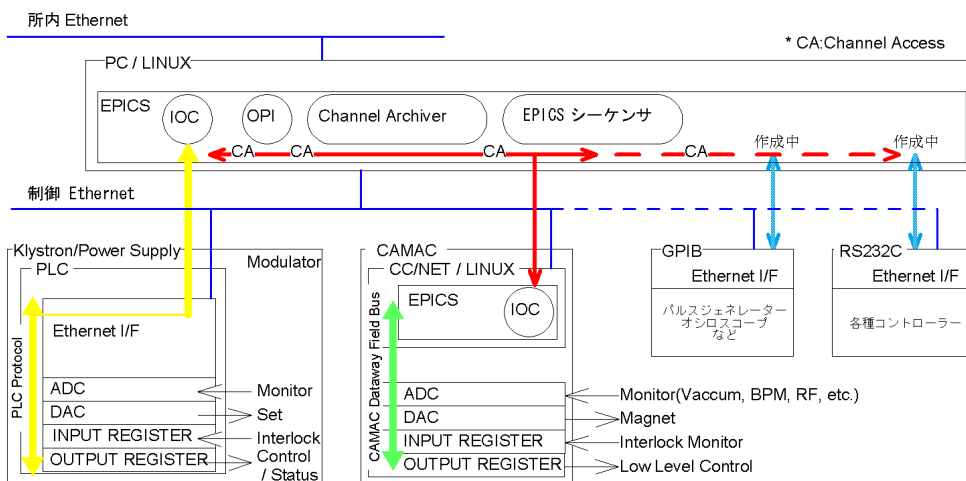


図2：RFGTB制御系のブロック図

2.3 ヒューマン・インタフェース

オペレータと直接にインタフェースする操作画面も、デスクトップPC上で実行される。EPICSでは、このような操作画面を作成するために、いくつかの異なるツールが用意されているが、本システムでは、KEKBでの使用実績のあるMEDMを使用している。MEDMにより作成した操作画面の一例を図3に示す。EPICSが提供する標準的なツールを利用する以外にも、Tcl/TkやPython等のスクリプト言語と、それらの言語に組み込まれたChannel Access インタフェースを利用することも出来る[9]。JavaとJCA[10]の組合せは、Javaによる操作画面作成を可能にしている。

現在、GLCTAで作成したJavaによる制御画面[11]を移植することも検討している。



2.4 エージングの自動化

本制御システムではエージングを自動化するためにEPICSシーケンサを導入した。EPICSシーケンサは、State Notation Language と呼ばれる独自の言語で記述され、複数のステートと、その間での遷移条件を定義する。エージングを行うEPICSシーケンサでは、RF電子銃の入力カプラ近傍における真空度に閾値を設定し、現在の真空度を閾値と比較することによりRF入力レベルの調整を行っている。閾値を越えない限りは一定のレートで入力レベルを上げ、閾値を越えた場合には、真空度が閾値以下になるまで一定のレベルに固定される。また、このシーケンサは、インタロックが動作した際に必要に応じてリセットも行う。現在、シーケンサは、デスクトップPC上で実行されているが、これをCC/NET上で実行することも可能である。

2.5 データの記録

本制御システムでは実際にRF電子銃のエージングを行う際には、エージングが進む過程でのデータの記録・保存を確実に行うことが肝要である。このためにデータ・アーカイブを行うEPICSのツールの一つであるChannel ArchiverをデスクトップPC上で実行する。また、アーカイブされたデータの閲覧にはJ-Parc制御のためにKEKで開発が進められているCGIを利用する[12]。

3. まとめと今後の課題

RFGTBの制御システムを、PC/LinuxをプラットフォームとしてEPICSを用いて構築した。これにより、RFシステムの遠隔操作と真空系のモニタが可能となった。また、エージングの自動化と取得したデータの記録と閲覧にも備えた。

RFGTBの制御に於いては、生成された電子ビームの質を精密に測定する必要がある。そのため、ビーム・モニタの制御が特に重要であるが、その開発は今後の課題である。

4. 謝辞

本制御システムの開発にあたり、EPICSシーケンサ・プログラムを作成して下さった、高能物理学研究所の王昊氏に感謝致します。また、EPICSの導入に際し、KEKのEPICS 横断化グループの山本昇氏、上窪田紀彦氏、古川和朗氏からは有益なご助言を頂きました。皆様に感謝致します。

参考文献

- [1] 平野耕一郎 他, “マルチバンチフォトカソードRF電子銃のテストベンチ”, Proceedings of the 14th Symposium on Accelerator Science and Technology in Japan.
- [2] <http://www.aps.anl.gov/epics/>
- [3] 上窪田紀彦 他, “小規模実験・加速器向けEPICS環境の開発”, 日本物理学会 2004年 秋季大会に報告予定 (28pSB-12)
- [4] 湯浅由将 他, “150Mev-FFAG加速器の制御システム”, Proceedings of the 14th Symposium on Accelerator Science and Technology in Japan.
- [5] K. Furukawa, et al., “Implementation of the EPICS Device Support for Network Based Controllers”, Proceedings of ICALEPCS 2001, San Jose, Nov. 27-30, 2001.
- [6] J. Odagiri, et al., “EPICS Device/driver Support Modules for Network-based Intelligent Controllers”, Proceedings of ICALEPCS 2003, Gyeongju, Korea, Oct. 13-17, 2003.
- [7] Y. Yasu, et al., “Development of the pipeline CAMAC controller with PC/104-Plus single board computer”, Proceedings of 13th IEEE-NPSS Real Time Conference, Montreal, Canada, May 18-23, 2003.
- [8] M. Komiyama et al., “Control system for the RIKEN Accelerator Research Facility and RI-Beam Factory”, To be published in the Proceedings of The 17th International Conference on Cyclotrons and Their Applications, Tokyo, Oct. 18-22, 2004.
- [9] N. Yamamoto et al., “Development of the Python/Tk Widgets for the Control System Based on EPICS”, Proceedings of 7th European Particle Accelerator Conference (EPAC2000), Vienna, Austria, 2000, pp. 1865-1867.
- [10] <http://www.aps.anl.gov/xfid/SoftDist/swBCDA/jca/index.html>
- [11] 照沼信浩 他, “GLCTA計算制御システム”, 本研究会
- [12] 吉田奨 他, “KEK60MeV陽子リニアックの機器信号データアーカイブシステム”, 本研究会