

UPGRADING THE CONTROL SYSTEM OF RIKEN RI BEAM FACTORY FOR NEW INJECTOR USING EMBEDDED EPICS

Misaki Komiyama^{1,A)}, Masaki Fujimaki^{A)}, Akito Uchiyama^{B)}, Jun-ichi Odagiri^{C)}, Nobuhisa Fukunishi^{A)}

^{A)} RIKEN Nishina Center for Accelerator-Based Science

2-1 Hirosawa, Wako, Saitama, 351-0198

^{B)} SHI Accelerator Service, Ltd.

1-17-6 Osaki, Shinagawa-ku, Tokyo, 141-0032

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

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

Abstract

To boost up the intensity of the uranium beam accelerated in the RIKEN RI Beam Factory (RIBF), a new 28GHz superconducting ECR ion source was constructed in 2008. The standalone commissioning of the ion source has started in early 2009. In order to control the ion source as a part of the RIBF accelerator complex, we introduced F3RP61-2L as IOCs and integrated them into the existing EPICS-based RIBF control system. F3RP61-2L is a new CPU module running Linux, which functions with the I/O modules of FA-M3 PLC on the PLC-bus. It is expected to make our control system simpler and easier to maintain. We will report the details of the control system of the new ion source and its integration into the whole RIBF control system.

組み込みEPICSを用いた理研RIビームファクトリー新入射器制御系の開発

1. はじめに

理研仁科加速器研究センターのRIビームファクトリー (RIBF) 制御系は、RF制御など独立した制御システムを持つ一部のシステムを除き、電磁石電源制御、ビーム診断機器制御、真空排気系制御など、その大部分を Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS) をベースに構築して運用している¹⁾。電磁石電源の制御に使用しているモジュールは、歴史が古いものからGP-IB、理研が独自開発したCAMACベースのコントローラである Communication Interface Module (CIM) /Device Interface Module (DIM)、及び日立造船製のNIOボードがある。ビーム診断系及び真空系の制御にはCIM/DIM、及びCAMAC-CIM/DIMシステムの後継機種として同じく理研で独自開発したコントローラであるNetwork DIM (N-DIM) を中心に、一部に数種類のPLCも使用されている。

EPICSでは、制御対象となる各機器のコントローラとGUIなどのアプリケーションを運用するオペレータインターフェースの計算機を結ぶフロントエンド計算機をInput/Output Controller (IOC) と呼び、IOC上でEPICSのベースプログラム (IOCコアプログラム) 及び各種コントローラ制御用に作成されたデバイスサポート及びドライバサポートと呼ばれるドライバプログラムが実行されることにより、それらの制御を行っている。RIBF制御系では、IOCにはLinuxベースの計算機を導入している。CAMAC-

CIM/DIM系は、東陽テクニカ製のCC/NETというLinux搭載ネットワーククレートコントローラを使用し、CC/NET上にEPICSベースプログラムを組み込んでIOCの役割を持たせ、CIM/DIM制御用のデバイス/ドライバサポート及び必要なデータベースプログラム等を実行することにより制御される。GP-IBゲートウェイ、N-DIM及びPLCはLinux等のEPICSベースプログラムが実行可能なOSを持っていないためにそれ自身をIOCとすることができない。その為、Linux搭載の小型組み込みボード上にEPICSベースプログラムを走らせてIOCとし、それぞれネットワーク経由で制御している。唯一の例外はNIO系で、ここではVMEを用いてvxWorks用に開発されたドライバソフトウェアを通して制御されている。

2. 組み込みEPICSを用いた制御系の利点

以上の構成を持つRIBF制御系は2006年の運用開始以来安定に動作している。一方、昨年度よりKEK制御グループと共同でデバイス制御の新しいコントローラとしてF3RP61-2Lの使用を検討してきた。F3RP61-2LとはソフトリアルタイムLinuxを搭載した横河電機製のPLC-CPUで、従来の同社製PLCであるFA-M3シリーズのシーケンスCPU、ベースモジュール、電源モジュール、I/Oモジュールと組み合わせ使用することが可能である²⁾。昨年製品としてリリースされたもので、6月にKEK制御グループと共同で、F3RP61-2L上にEPICSベースプログラムを組

¹⁾ E-mail: misaki@riken.jp

²⁾ <http://www.yokogawa.co.jp/rtos/Products/rtos-prdcpu9-ja.htm>

み込むことに成功している^[2]。F3RP61-2Lがリリースされる前からRIBF制御系では前述の通りPLCを使用しており、従来のシーケンスCPU上にラダープログラムでロジックを構築し、GUIなどの上位アプリケーションからネットワークを介してIOC経由でそれらを制御する、という方法を取ってきている。RIBFでは3種類のPLCを導入しているが、いずれも同じ方法で制御している。安定した運用実績のある従来の方法からF3RP61-2Lを用いたシステムの制御に移行する利点として、制御システムが簡潔で見通しの良いものになる点を挙げることができる。具体的には、EPICSベースプログラムを組み込んだF3RP61-2Lを用いることにより、システム中でF3RP61-2L自体がIOCとして働くこととなり、PLCのI/Oモジュールをネットワーク経由ではなくPLCのバス経由で直接アクセスすることが可能となるからである。これにより、EPICSデバイス/ドライバサポートプログラムが非常に簡潔になること、及びバス経由制御の実現に伴うネットワーク通信に起因する問題から解放されるという二つのメリットがある。

第一のメリットに関する詳細は以下の通りである。従来のシーケンスCPUを用いたPLC制御においては、EPICSのデバイス/ドライバサポートとして、KEK制御グループと共同開発したnetDevというパッケージを使用している。これは、TCP/IP及びUDP/IP通信で行われるIOCとPLC間のI/O要求を非同期的に処理する仕組みを実現するためのPLCの機種に依存しないモジュールと、各種PLCの通信プロトコルの違いを踏まえた機種に依存する部分をカバーするモジュールの二層から構成されている^[3]。netDev自体は既にデバグの段階を終了し、RIBF制御系、KEKB及びJ-PARCの制御系において現在非常に安定して運用されているが、その機種に依存しない通信の部分は複雑で、且つ長いプログラムにより実現されている。一方、F3RP61-2L用のデバイス/ドライバサポートの作成に当たっては、IOCであるCPUと各種I/Oモジュールの間の通信がPLCのバス経由で行われるため、上記の複雑なネットワーク通信処理部分を考慮する必要がなく、横河電機がF3RP61-2Lから各種FA-M3シリーズのI/Oモジュールを制御するため配布しているプログラムを、EPICSの形式に合うようにラップすることだけで実現される。これはプログラムの開発時間の大幅な削減を意味し、短く見通しの良いプログラムで全体のメンテナンス性が良くなるという面で非常に優れたメリットである。今回もデバイス/ドライバサポート作成はKEK制御グループと共同で行い、デバイスサポートは各I/Oモジュールの各接点に対する信号の入出力を実現するだけの内容とし、それらに関するロジック部分はEPICSシーケンサで実現する方針とした。

二点目のメリットに関して、F3RP61-2Lから各種I/Oモジュールはバス経由でアクセスできるため、ネットワークの遅延及び通信切断等の通信固有の問題から解放されるということが挙げられる。従来のネットワーク経由のPLC制御では、一台のIOCが制御しているPLCの数や種類が増えたりデータサン

リングの頻度が上がると、PLCから送られてくるデータが遅延してIOCに届くことがあったが、I/O制御にネットワークを経由しないF3RP61-2Lのシステムではその事象は発生しないことが期待される。



図1：新イオン源制御のF3RP61-2Lシステム

3. 新入射器制御系

理研加速器グループでは、大強度ウランビーム発生を目指して28GHz-超伝導ECRイオン源と、引き出された大強度ビームを理研リングサイクロトロンに入射エネルギーまで加速する新入射器リニアック（RILAC2）を建設している^[4]。新イオン源は28GHz高周波源を除いて製作が完了し、18GHz高周波源を用いた試験が行われている。一方、新入射器リニアックは今年度中に主要機器の製作、据付が完了する予定で、2010年中頃にコミッショニングが予定されている。新入射器リニアックが完成するまでの約一年半の間、新イオン源は既存の重イオンリニアック（RILAC）^[5]の上流に設置され、RILACを用いた各種試験及び実験へのビーム供給が予定されている。RILACの入射エネルギーに整合させるため、新イオン源は100kVの高圧ステージ上に設置される。これまでに述べた利点を考慮した結果、F3RP61-2Lをこの新イオン源を含めた新入射器系の制御系に採用することとした。

今回新たに構築したのは新イオン源部の制御系である。新イオン源とRILACを結ぶ中エネルギービーム輸送系（MEBT）部もEPICSで制御されるが、この部分のデバイスは現在使用中のコントローラで制御されるため、既存データベースの拡張で対応する。従って、F3RP61-2Lを用いた制御系の制御対象は、イオン源ソレノイドコイル及び六極コイル励磁用電源、高周波源、イオン源引き出し電極用高圧電源、イオン源に導入されるガスの流量コントローラ、バリアディスク、固体試料導入用高温オープン、以上に加えてイオン源直下流の低エネルギービーム輸送系の収束用ソレノイドコイル電源やステアリング電磁石電源などである。

新イオン源制御のF3RP61-2Lシステムを図1に示す。PLCユニットの左から電源モジュール、CPU(F3RP61-2L)、アナログ出力モジュール、アナ

ログ入力モジュール2台、デジタル出力モジュール2台、デジタル入力モジュール、リレー出力モジュールの順に並んでいる。実際の導入に向けてイオン源のテストを行っている現段階では、バイアスディスク及び高温オープンの制御をまだ行っていないため、PLCユニット1台をイオン源のすぐ横に設置して制御を行っている。しかし、次の段階としてイオン源の性能を上げるためにバイアスディスク制御及び高温オープンの制御が始まると、これらはイオン源本体よりも20kV高電圧の場所に設置されるため、CPUを含むPLCユニットと同じレベルで制御することはできない。従って、これらの制御はCPUを取り付けたPLCユニットから切り離して行う必要がある。このために、将来的には現状のPLCユニットに光リンクモジュールを追加し、電源モジュールとI/Oモジュールと光リンクモジュールだけを持つPLCユニットを別途追加設置してそのユニットのI/Oモジュールにバイアスディスク及び高温オープンの制御ユニットからの接点をつなぎこみ、二つのPLCユニット間を光ケーブルで接続して通信することにより制御を行うようなシステムを構築する予定である。その通信テストは既に実施済みであり、同一ユニット内にあるI/Oモジュール制御と同等に遠隔ユニットのI/Oを制御できることを確認している。

新イオン源制御のGUIはEPICSコラボレーションが提供しているedmというGUI作成ツールを利用して、図2のように作成した。RIBF制御系のGUIは主にmedmというEPICSコラボレーションが提供しているMotifベースで作成されたGUI作成ツールを利用しているが、edmの方がGUI作成に利用できるパーツの種類も多く、機能も多いため、今回初めて使用した。

新イオン源の真空度の測定には、従来通りN-DIMを使用している。

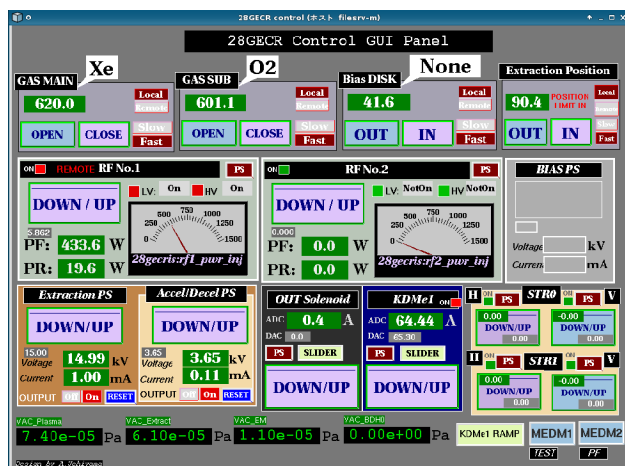


図2：新イオン源制御のGUI

4．新イオン源性能試験

今年度の初めから、ローカル制御で新イオン源の性能テストが始まり、6月より徐々にリモート制御

を取り込んだ試験を開始した。オフラインでの性能試験後、RIBF制御系ではこれが実際の運転にF3RP61-2Lを実装したシステムを用いる最初のケースになる。新イオン源制御で使用するモジュールは、現時点ではデジタルとアナログのI/Oモジュールだけであるため、リモート制御はすぐに実現することができた。7月中旬に、新イオン源で加速したキセノンビームをMEBTを経由してRILACに入射・加速する最初の試験が行われた。イオン源制御・MEBT制御ともにコントロール及びモニターにおいて試験中にトラブルはなく、制御系としては安定した運用が可能なシステムであることが分かった。現在は各接点信号間のさまざまな制御ロジックを実現するシーケンサを、試験の進捗に対応して作成しているところである。

5．今後の予定

今年の秋には、新イオン源からRIBFのサイクロトロンへウランビームを入射する試験が予定されており、制御系としてはそれに向けてこれからシーケンサや上位アプリケーションを作りこむ必要がある。また、RIBFはRILACとは別にAVFサイクロトロンを入射器として擁しており、その上流には東大CNSの超伝導サイクロトロンがあり、この制御系もF3RP61-2Lを用いてEPICSで行うことが決まっている。こちらも現在制御系を作成、テスト中であるが、こちらのイオン源制御ではデジタル及びアナログのI/Oモジュールの他に、シリアル通信モジュール、位置制御モジュールという多少制御ロジックが複雑なPLCモジュールも機器制御に使用する予定であるため、現在シーケンサを作成して、そのテストを行っているところである。新イオン源制御と共通する部分もあるため、両方のシステムを使って安定したシステム運用を目指したい。

参考文献

- [1] M.Komiyama, et al., "Status of Control System for RIKEN RI-Beam Factory", Proceedings of the 2007 International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems (ICALEPCS2007), Knoxville, Tennessee, USA, Oct. 15-19, 2007
- [2] A, Uchiyama et al., "Development of Embedded EPICS on F3RP61-2L", Proceedings of PCaPAC08, Ljubljana, Slovenia, 2008-10, p.145.
- [3] J.Odagiri, et al., "Development of EPICS Device/Driver Support Modules for Network-based Devices", Proceedings of the 3rd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 31th Linear Accelerator meeting in Japan, Sendai, Aug. 2-4, 2006
- [4] O.Kamigaito, et al., "Intensity-upgrade Plans of RIKEN RI-Beam Factory", in this meeting.
- [5] M.Odera, et al., "Variable Frequency Heavy-ion Linac, RILAC", Nucl. Instrum. Methods A227, p.187 (1984).