

Status of the JAERI ERL-FEL Control System Development

N.Kikuzawa^{1,A)}

A) Free Electron Laser Laboratory, Advanced Photon Research Center, Japan Atomic Energy Research Institute
2-4 Shirakata-Shirane, Tokai, Ibaraki, 319-1195

Abstract

In order to improve the reliability and the safety of a control system, we have upgraded the JAERI ERL-FEL control system using ITRON-based CAMAC controllers. When the controller was installed, new control programs were developed by using open source software that had high compatibility for many platforms so that replacement of computers for consoles might become easy. Status of the JAERI ERL-FEL control system development is presented.

原研ERL-FEL制御系の現状

1. はじめに

原研 ERL-FEL 制御系には CAMAC をインターフェースとした PC ベースのネットワーク分散型制御系を自主開発し、運用してきた。制御用計算機に NEC PC-9801 を採用し、OS として Windows95 を使用していた。しかしながら、PC や OS のサポートが終了し、今後の機能の維持や拡張が困難となったため、平成 15 年度末までに制御系の更新を行った^[1]。

今回の更新で考慮した点として、更新作業の期間や費用を最小限にするために、これまでの CAMAC システムはできるだけ現状のまま使用することにした。また、PC は高性能の機種を安価に入手できるという利点を持つため、計算機には市販の PC を利用することとした。しかしながら、PC のハードウェアやソフトウェアの機能の向上や仕様の変化が急で、同一仕様の機種を継続的に入手することが困難であり、特に OS のバージョンアップ時にドライバソフトの入手などに苦慮した経験から、インターフェースボードなどのハードウェアに依存した機能を PC から分離することにした。このため、ハードウェアに依存した部分を受け持つローカルコントローラを開発し、ネットワーク経由で PC からコマンドを送信して制御を行う方式とした。

制御用プログラムの開発には、なるべく特定のメーカーやベンダに依存しない環境を構築することを目的とし、オープンソースソフトウェア(OSS)を中心に選択した。OSS はウェブサーバなどのサーバ用途で利用が拡大しており、ライセンス料の削減や特定のベンダに依存しない環境が構築できるなどの利点がある。OSS はインターフェースやフォーマットなどの技術仕様などが公開されているため、多数の選択肢の中からコストパフォーマンスに優れた環境を選択でき、将来にわたって継続的に互換性を維持することができるかと期待される。

新しい制御系のハードウェア構成を 2 章で、ソフトウェア構成を 3 章で述べる。

2. 新制御系のハードウェア構成

CAMAC とのインターフェースとして、産業用途として多くの実績を持つ μ ITRON を OS として採用したコントローラ(ニチゾウ電子制御 ND-MCU)をローカルコントローラとして採用した^[2]。ローカルコントローラは CPU に日立製 RISC プロセッサである SH4、動作クロック 200MHz を採用しており、拡張スロットとして 3 基の PCI スロットを装備している。リアルタイム OS である μ ITRON は高い信頼性が要求される産業機器や家電などの組み込みシステムに広く用いられている実績があり、長期間にわたって安定して動作することが期待できる。また、HDD などの駆動部品を用いていないために障害の発生する可能性が低く、特別なシャットダウン操作無しに電源を OFF できる。 μ ITRON はアップデートやバージョンアップなどが必要になることはほとんど無く、OS として Windows などを使った PC と比べて管理コストを大幅に軽減できる。

ローカルコントローラには 3 基の PCI スロットがあるため、CAMAC クレートコントローラ(東陽テクニカ CC/7700)用の PCI インターフェースボード(東陽テクニカ CC/PCI)を PCI スロットに挿し、パラレルケーブルでクレートコントローラと接続して CAMAC を制御する。このために μ ITRON 上で動作するドライバを開発した。また、CAMAC モジュールの設定値をバッテリーバックアップされたメモリ上に保存する機能を設け、ローカルコントローラの起動時に設定値を自動的に復元できるような機能を持たせた。この機能により、制御用 PC が停止している状態でもローカルコントローラの起動時に設定値を自動的に復元することが可能であり、停電の前後などで再設定の手間を軽減できる。

新しい制御系のハードウェアの構成を図 1 に示す。これまで計算機制御を行っていたのは主に電磁石電源や電子銃などであり、使用していた CAMAC クレートの傍にローカルコントローラも設置された。

¹ E-mail: kikuzawa@popsvr.tokai.jaeri.go.jp

また、今回の更新にあわせて、RFローレベル制御装置も改良し、リモートで計算機制御できるように変更を行った^[3]。これらの制御のために4台のCAMACクレートが使われており、開発用の1台を含めて5台のローカルコントローラを導入した。

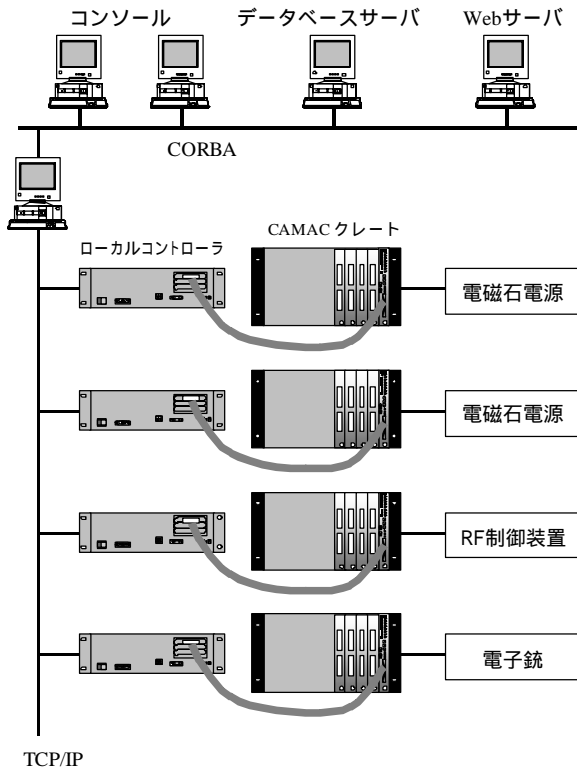


図1：ハードウェア構成

3. ソフトウェア構成

3.1 操作プログラム

操作プログラムの開発には、将来の計算機の更新を考慮して制御プログラムが様々な処理系で動作することを重視し、開発言語としてJava言語²を選択した。Java言語はオブジェクト指向言語の一つで、機種依存性の非常に少ない言語であり、多くの処理系に対応したプログラムを開発できる。制御コマンドの通信には分散オブジェクト技術であるCommon Object Request Broker Architecture(CORBA)³を利用した。しかし、 μ ITRONで動作するローカルコントローラはCORBAプロトコルによる通信ができないため、制御プログラムからCORBAプロトコルで送られた制御コマンドをTCP/IPに変換する必要があり、そのためのラッピングソフトを開発した。コンソールの制御プログラムから送られたコマンドはラッピングソフトによってCORBAプロトコルからTCP/IPのコマンドに変換され、ローカルコントローラに送られる。

² <http://java.sun.com/>

³ <http://www.omg.org/>

個別の電源の操作画面などの表示にはCosylab社⁴の製作したAccelerator Beans (Abeans)を利用した。Abeansは加速器の制御用にJava言語を用いて開発された部品化されたプログラムであり、複数の開発者の間でプログラムの共有やコードの再利用が容易になるため、制御プログラムの開発効率が向上する。ドイツのANKA放射光施設や理化学研究所のRIビームファクトリー (RIBF) などでも加速器制御プログラムに使われている^[4]。

3.2 データベースサーバ

これまでは、それぞれのPCで計測したデータなどはそれぞれのHDDにファイルとして保存し、ファイルをネットワークで共有して参照していた。しかし、データ容量が大きくなるにつれて効率的なデータ検索が困難になっていったため、効率的なデータの参照のためにデータベースシステムを導入した。将来のデータベースシステムの更新なども考慮し、ソースコードなどが公開されていて様々な処理系で動作するMySQL Database Server⁵を採用した。

データベースシステムの全体構成を図2に示す。データベースには、運転操作ログ、設定値ログ、計測データなどを保存している。運転操作ログは、ラッピングソフトからデータベースに保存しているため、どのコンソールから操作してもデータベースに保存されるようになっている。設定値ログは、オペレータが設定値パラメータの組み合わせを保存しておきたいときに、オペレータの操作によってすべての設定値パラメータがデータベースに保存される。計測データは、超伝導加速器の温度や冷凍機の冷却能力などを1分ごとに計測し、常時保存している。

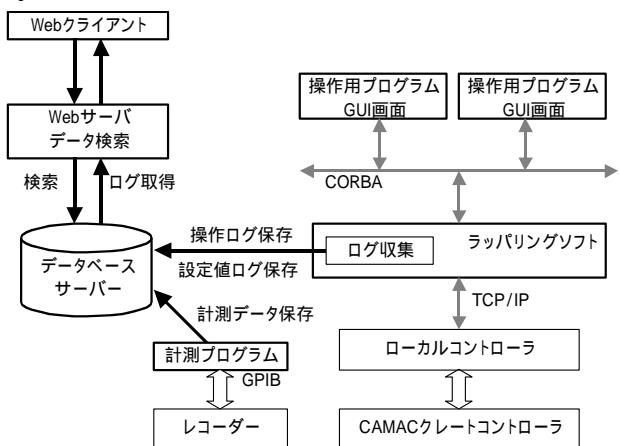


図2：データベースシステムの構成

4.2 Webデータベース

データベースサーバへのアクセスは様々な処理系から可能であるが、処理系にあわせてプログラムが必要になり、使用できる処理系を制限してしまう

⁴ <http://www.cosylab.com/>

⁵ <http://www.mysql.com/>

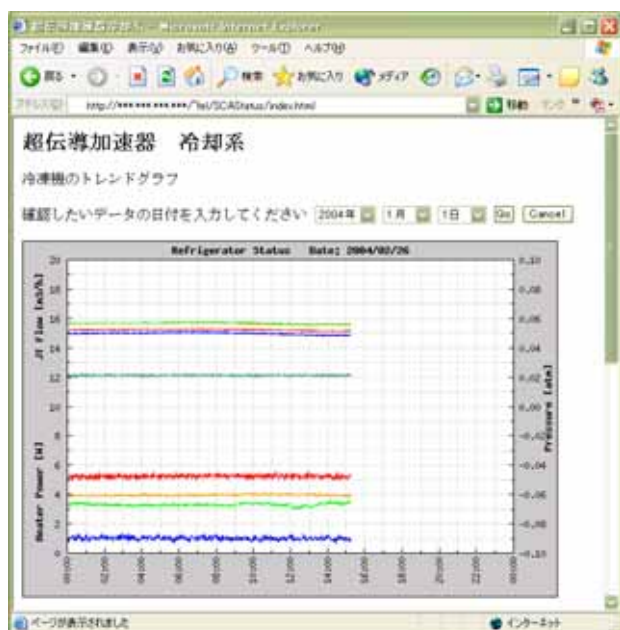


図3：Webデータベースの表示例

ことになる。このため、Web上からデータベースにアクセスできるようにシステムを構築した。Webブラウザは現在ではほとんどの処理系で利用できるためWebクライアントの機種に依存せず、どのような処理系からでも計測データの表示が可能になった。これらの処理はPHP(PHP: Hypertext Preprocessor)⁶によって開発した。PHPはスクリプト言語のひとつであり、データベースへのアクセスが容易であるという特徴がある。Webサーバ側で行う処理をスクリプトで記述したことにより、処理の修正や機能の追加も容易にできる。

表1：開発に使用したソフトウェア

ローカルコントローラ	OS	μITRON
	プログラム言語	C言語
クライアントPC	OS	WindowsXP
	プログラム言語	Java言語
	CORBA	JacORB ⁷
ラッピングソフト	OS	WindowsXP
	プログラム言語	C++言語
	CORBA	TAO ⁸
データベースサーバ	OS	WindowsXP
	データベースサーバ	MySQL
Webサーバ	OS	WindowsXP
	httpd	Apache ⁹ 、Perl、PHP

⁶ <http://www.php.net/>

Webデータベースの一例として、超伝導加速器冷却系のデータ表示の例を図3に示す。この図では、小型4K冷凍機のヘリウムガス流量と冷却能力、超伝導加速器のヘリウム槽内の圧力などの計測データの24時間分をグラフにして表示している。これにより、過去の冷却能力の変動などを確認でき、故障の原因の解明に役立つ。

表1に、今回の更新に使用したソフトウェアを示す。

5. まとめ

原研自由電子レーザー用制御系を更新するためにμITRONを組み込んだCAMACコントローラを開発し、原研ERL-FEL用制御・データベースシステムの運用を開始した。

ローカルコントローラで動作するμITRONは組み込みシステム用に開発されたリアルタイムOSであることから現在のPCよりも信頼性が向上し、リアルタイム制御性が向上した。

コンソール用PCとローカルコントローラを機能分離することができたため、コンソール用PCを高性能のPCに更新できた。計算機の性能が向上したため、制御用プログラムはOSSを中心に使用して新規に開発を行った。これにより、将来のPCの更新にも容易に対応できる。

計測データの効率的な管理のためにデータベースシステムを導入した。過去の計測データもウェブ上から検索でき、機器の故障診断が可能となった。

参考文献

- [1] N. Kikuzawa, “原研ERL-FELの制御系更新計画”, Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokai, Jul. 30- Aug. 1, 2003
- [2] N. Kikuzawa, “μITRONを用いたJAERI ERL-FEL制御系の開発”, Proceedings of the 14th Symposium on Accelerator Science and Technology, Nov. 11-13, 2003.
- [3] 永井良治、他、“原研ERL-FEL用RFローレベル制御装置の改良”、本論文集
- [4] T. Tanabe, et al., “Distributed-Object Based Design of RIBF Control System Using Java/CORBA”, The 13th Symposium on Accelerator Science and Technology, Osaka, Oct. 29-31, 2001.

⁷ <http://www.jacorb.org/>

⁸ <http://www.cs.wustl.edu/~schmidt/TAO.html>

⁹ <http://www.apache.org/>