

## Linux PLC を利用した MADOCA 制御システムの構築

### APPLICATION OF LINUX PLC BASED MADOCA CONTROL SYSTEM

清道明男<sup>#</sup>, 植田倉六, 大端通, 籠正裕, 川田健二, 谷内友希子, 古川行人, 増田剛正

Akio Kiyomichi<sup>#</sup>, Souroku Ueda, Toru Ohata, Masahiro Kago, Kenji Kawata,

Yukiko Taniuchi, Yukito Furukawa, Takemasa Masuda

Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI/SPring-8)

#### Abstract

A Programmable Logic Controller (PLC) is useful for slow control system that does not require the CPU power, since it is low-cost, space saving, and available of wide variety of I/O modules. Recently, the CPU module of PLC with Linux OS is commercially available and it can execute the application that was developed in C language. In SPring-8, VME is widely used as a major front-end computer. In order to use the PLC as an alternative solution for VME, we have implemented the SPring-8 standard control framework, MADOCA, in the CPU module of Yokogawa Linux PLC.

In this proceeding, we report on the implementation of MADOCA II, which is next-generation control framework, and the application development of Linux PLC based MADOCA control system. Then, we have introduced the data acquisition system via FL-net, the flow meter control and temperature monitor system at the SPring-8 storage ring.

#### 1. はじめに

PLC は豊富な I/O モジュールが揃っていること、安価で省スペースであることから、CPU パワーを必要としない slow control 系に有用である。近年の加速器制御システムでは、フロントエンド・コントローラとして PLC が多く利用されている。

近年、リアルタイム OS を搭載した PLC CPU モジュールが市販され、C 言語などにより開発したアプリケーションがモジュール上で実行可能となった。我々は Linux を OS として搭載した PLC の CPU モジュールに SPring-8 標準の制御フレームワークである MADOCA<sup>[1]</sup>の移植を行っているが、今回、次世代制御フレームワークとして開発した MADOCA II<sup>[2]</sup>を移植した。

SPring-8 では基幹フロントエンド計算機として VME を広く使用しているが、PLC を MADOCA および MADOCA II をサポートする安価で省スペースな代替ソリューションとして整備し、これを用いた制御システムを構築した。

#### 2. Linux PLC を利用した MADOCA 制御システム

リアルタイム OS を搭載した PLC として、横河電機株式会社製 FA-M3 シリーズの CPU モジュール F3RP61<sup>[3]</sup>を選択した。F3RP61 は PowerPC 系の CPU を搭載して OS として Linux を選択でき、クロスコンパイラの開発環境が提供されている。制御フレームワークの 1 つである EPICS のフロントエンド・プログラム (IOC) が動作し、KEKB や J-PARC などの加速器施設において多数の実績がある<sup>[4]</sup>。今回、我々は F3RP61 上に MADOCA II 制御フレームワークの移植を行い、SPring-8 の制御システムとして整備した。

##### 2.1 MADOCA II 開発環境の構築

F3RP61 用のアプリケーション開発は Intel x86 系の計算機上でクロスコンパイルを行う必要がある。我々は本開発環境の整備のために CentOS 6.3 の仮想ホストを用意して、横河電機提供の Board Support Package (BSP)より Embedded Linux Development Kit (ELDK) をインストールした。

MADOCA II では ZeroMQ の通信ライブラリを用いてメッセージングを行い、データは MessagePack を用いてシリアライズする<sup>[2]</sup>。これらライブラリを PowerPC 用にビルドして整備した。

##### 2.2 MADOCA ソフトウェア群の整備

SPring-8 制御系で使用している MADOCA 制御フレームワークのソフトウェア群をビルドして、PLC 上で実行する MADOCA II 用 Message Server (MS2) や Equipment Manager (EM) を構築した。

###### 2.2.1 各種 I/O モジュール対応汎用 EM

EM は電磁石電源や挿入光源、分光器など、加速器やビームラインの機器を制御するためのソフトウェアである。EM は機器に直接アクセスするため機器毎のカスタマイズが必要となり、新しい機器が追加される度に新しい EM の作成が必要になる。

横河の PLC は各種 I/O モジュールに対して個別のデバイスドライバではなく、レジスタアクセスを介して共通のデバイスドライバにて制御ができる。そこで、設定ファイル (config.tbl) のカスタマイズのみで対象機器を制御できる汎用的な EM を開発した。設定ファイルが複雑になるため、簡単に config.tbl を作成して EM に読み込ませるための Web ベースのユーザーインターフェースも同時に用意した。<sup>[5]</sup>

###### 2.2.2 FL-net モジュール用 EM

FL-net は、日本電機工業会が定めるプログラマブ

<sup>#</sup> kiyomichi@spring8.or.jp

ルコントローラ、ディスプレイ、計算機などを相互接続するオープンな FA ネットワーク規格である<sup>[6][7]</sup>。FL-net は、メーカーや機器によって制限されることなく自由に接続できること、マスターレス方式のため任意の機器を切り離してもネットワーク全体がダウンしないこと等の利点がある。

SPring-8 では、個別に構築したシステムのフロントエンド・コントローラと上位計算機の間には FL-net を介した情報収集系を構築している。標準的に利用可能な上位計算機としては VME 計算機のみであったため、この目的のためだけに VME の FL-net ボードと CPU ボード、シャーシの組み合わせで導入する事例が多くなった。VME は多数のボードを利用する場合は集約性の高さのメリットがあるが、小規模・単一目的のシステムではコスト高であり設置面積も大きくなる。そこで、安価で省スペースな代替ソリューションとして、横河 PLC の CPU モジュール (F3RP61) と FL-net モジュール (F3LX02) による FL-net 情報収集システムを整備した (Figure 1)。

FL-net を介して設定や読み出しを行うために、VME の FL-net 用 EM に用意した各種関数と同じ機能の関数を整備した。FL-net の設定は既存の VME 版と同等にでき、移行も容易である。



Figure 1: PLC data acquisition system via FL-net.

### 2.3 SPring-8 標準 Linux 実行環境

PLC の CPU モジュールにおける実行環境は F3RP61 の BSP に Linux ユーザランドとして横河電機より提供されている。SPring-8 制御系において使用するにあたり、新規導入時のセットアップをできるだけ容易にするための SPring-8 標準 Linux 実行環境を構築した。実行環境は CF ブート用を選択して、故障で機器の交換が必要な場合でも復帰時間の短縮が図れるようにした。

運用にあたり、BSP に不足していた NIS, rsyslog, tesh をソースコードからクロスコンパイルでビルドして追加し、EM 自動起動のサービス登録やマウント先などの各種設定ファイルをセットアップした。CF ブート用の SPring-8 標準 Linux 実行環境として tar ファイルにまとめた。

Linux PLC を新規に導入する際は、CF カードを ext3 でフォーマットして tar ファイルを展開した後、ホスト名と IP アドレスの設定ファイルを変更するだけで完了するようにした。

## 3. 加速器制御への応用

### 3.1 真空・電磁石機器保護インターロック情報収集システム

SPring-8 蓄積リングにおいて、真空・電磁石の機器保護インターロックは三菱電機製の PLC で構築されている。2012 年度、この機器保護インターロックより真空インターロック信号と電磁石冷却水流量低・電磁石温度高信号を収集してデータベースに書き込むため、FL-net を利用した情報収集システムを構築した。全体構成を Figure 2 に示す。

真空・電磁石の機器保護インターロックは蓄積リングにおいて、1 個のマスター局と 25 個のスレーブ局を設置して MELSEC-NET で接続している。従来は電磁石関係のデータをマスター局に、真空関係のデータをスレーブ局 25 に集約して、それぞれ Ethernet 経由で読み出せるようにしていたが、このシステム専用の通信用ライブラリの保守が困難であり、また定期的なデータ収集にも不向きであった。そこで、これを MADOCA 制御フレームワークに組み入れて定期的なデータ収集を行えるようにした。スレーブ局 25 番に FL-net I/F を持つ PLC を追加して MELSEC-NET/FL-net GW とし、真空と電磁石の信号を集約するようになった。

横河 PLC による FL-net 情報収集システムは 2 台用意し、それぞれ電磁石用と真空用とした。各 CPU モジュールについて、電磁石用は旧 MADOCA の EM、真空用は MADOCA II の EM と MS2 を用意し、それぞれ電磁石冷却水流量低・電磁石温度高信号、真空インターロック信号のデータ収集を行い、5 秒間隔で DB へ信号を書き込むように設定した。

インストールした Linux PLC を Figure 3 に示す。VME と比べ低コストで導入でき、また PLC の省スペース性によりスレーブ局 25 番ラック内に設置することができた。2012 年度末よりデータ収集を開始し、安定的に運用している。

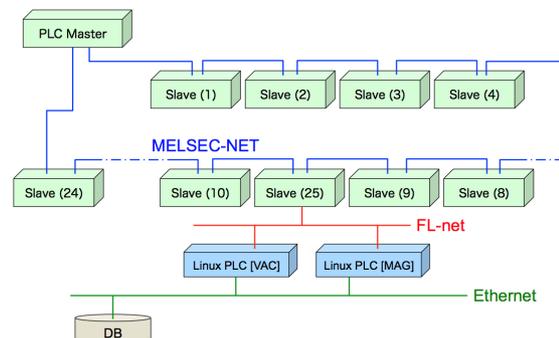


Figure 2: Schematic diagram of data acquisition system for the vacuum and magnet protection interlock system at the SPring-8 storage ring.



Figure 3: Data acquisition system for the vacuum and magnet protection interlock system at slave 25 rack.

### 3.2 真空系の流量計制御・温度測定

SPring-8 蓄積リングの C48 にあるスクレーパーと C21 にあるベローズチェンバの 2 箇所について、真空系冷却水の流量をリモート制御するために流量計と温度計を追加した。その制御システムとして Linux PLC を新規に導入した。

流量計の制御は PLC のアナログ入出力・デジタル入出力モジュールから行う。また冷却水管内の温度測定には白金測温抵抗体、チェンバの温度測定には熱電対センサーを使用し、PLC の温度モニタモジュール (F3CX04) で測定する。これらの構成を Figure 4 に示す。各種 I/O モジュール対応汎用 EM を用いて MADOCA II 制御システムを構築した。

2013 年度末にインストールし運用を開始した。導入した流量計が当初の目的に合致しないことが分かったため再度選定を行っており、現在は温度測定のみを行っている。

## 4. まとめ

Linux を OS として採用した PLC の CPU モジュール F3RP61 に MADOCA II 制御フレームワークを導入し、PLC の豊富な I/O モジュールを利用した安価で省スペースな制御プラットフォームとして整備した。

SPring-8 蓄積リングにおいて FL-net 情報収集システム、流量計制御、温度測定などの用途に MADOCA 制御システムとして導入し、その活用の範囲を広げている。

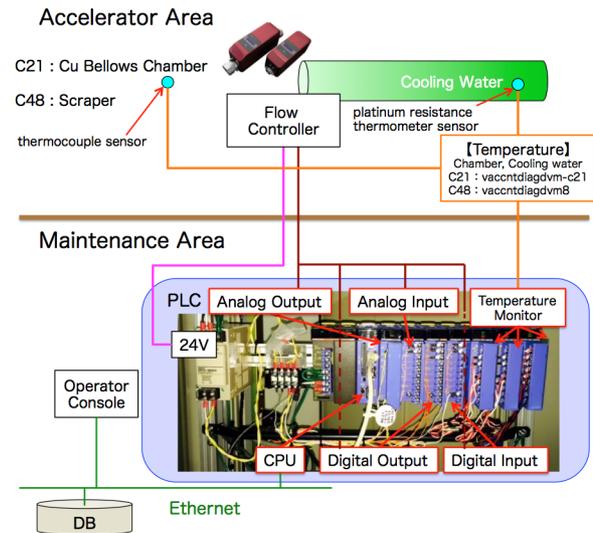


Figure 4: Configuration of flow control and temperature monitor system for cooling water of scraper and bellows

## 参考文献

- [1] R. Tanaka, et al., "The first operation of control system at the SPring-8 storage ring", Proceedings of ICALEPCS97, Beijing, China, 1997, p.1.
- [2] T. Matsumoto, et al., "Development of New Control Framework MADOCA II at SPring-8", Proceedings of the 10th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Nagoya, Japan, Aug. 2013, p.14.
- [3] <http://www.e-RT3.com>
- [4] J. Odagiri et al., "Application of EPICS on F3RP61 to Accelerator Control", Proceedings of the 6th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Tokai, Japan, Aug. 2009, p.435.
- [5] S. Ueda, et al., "Development of general-purpose Equipment Manager for Linux PLC", Proceedings of the 11th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Aomori, Japan, Aug. 2014, in this proceeding.
- [6] JEMA 社団法人日本電機工業会, "JEM 1479 FA コントロールネットワーク標準プロトコル仕様", Protocol specification for FA control network standard.
- [7] JEMA 社団法人日本電機工業会, "JEM-TR 213 FA コントロールネットワーク [FL-net(OPCN-2)実装ガイドライン]", Implementation guidelines of FA control network [FL-net (OPCN-2)].