

## PLAN AND IMPLEMENTATION OF CONTROL UNIT FOR RIBF WITH EMBEDDED SYSTEM

Akito Uchiyama<sup>1,A)</sup>, Misaki Komiyama<sup>B)</sup>, Takeshi Nakamura<sup>A)</sup>, Masayuki Kase<sup>B)</sup>

A) SHI Accelerator Service Ltd.

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

B) RIKEN Nishina Center

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

### Abstract

We controlled network devices using desktop PCs which had EPICS IOC (Input Output Controller) and major Linux distribution for the beam diagnostic and vacuum system in RIKEN Accelerator Research Facility. However, desktop PC has some breakable parts such as hard disk, fan, and power supply and it is not high durability hardware. If the number of the PC increases, the probability of trouble rises dramatically. Furthermore, it is difficult to maintain a lot of desktop PCs. Therefore, we planned to develop the embedded system for running IOC on single board computer. Consequently, our developed system was implemented in RI-Beam Factory (RIBF) control system in November 2006.

### 組込みシステムを用いたRIBF制御装置の考案と実装

#### 1. はじめに

理研加速器施設の制御系では2002年より理研オリジナルのデバイスであるN-DIM (Network-Device Interface Module)やPLCに代表されるネットワークベースのデバイスの導入が進められ、それらは Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS)<sup>2</sup>R3.14とEPICSのデバイスサポートであるNetDev<sup>[1]</sup>を用いる事により制御され、主に診断系と真空系のコントローラーとして利用されてきた<sup>[2]</sup>。当初我々はEPICS IOCを走らせるコンピュータに、Redhat LinuxやScientific Linux、CentOSといった汎用的なLinux ディストリビューションをインストールしたデスクトップPCを採用していたが、IOC数が増加するとプロセスの再起動や停電準備、故障時の復旧等の手間が増えメンテナンスのやり易い環境とは言えなくなってしまった。又その時点では大きなハードウェアトラブルこそ起こってはいなかったが、冗長化をしていない普通のデスクトップPCを加速器制御システムの基幹部分として長期に稼働させるには大きな不安があった。そこで組込みシステム用ハードウェアを導入すれば上記問題が解決すると予想し、IOCを走らせる事に特化したシステムを考案、加速器制御への組み込みシステムの応用を模索した。

#### 2. ハードウェア

本システムをRIBF制御系に実装する目的はEPICS IOCのハードウェアの耐久性とメンテナンス性の向上にある。ハードウェアの選択には以上に加え開発の容易さとコストパフォーマンスも考慮し、PC Engines社WRAP (Wireless Router Application Platform)<sup>3</sup>を採用した。WRAPは元々ルーター、VPN、ファイヤーウォール等のネットワーク用組込みシステムに最適化されたシングルボードコンピュータであるのでネットワークベースでEPICSを利用している我々の環境にも最適だと考えた。主な特徴は

- 1) ハードディスク、ファンが無い
- 2) 低価格
- 3) 豊富なPC-UNIX系OSの動作実績
- 4) クロスコンパイル環境が必要無い(x86互換)

である。

ボード価格は2006年8月当時約¥15,000で、別途購入したAC電源、256MBコンパクトフラッシュを含めても1台約¥20,000で導入できた。x86互換CPUの選択を重視した理由は、クロスコンパイル環境を新たに構築する必要が無く、カーネルソースに含まれているライブラリやドライバもそのまま使用する事が可能である為開発工程の大幅な短縮になると考えたからである。WRAPのハードウェア仕様を表1に示す。

<sup>1</sup> E-mail: a-uchi@riken.jp

<sup>2</sup> URL: <http://www.aps.anl.gov/epics/>

<sup>3</sup> URL: <http://www.pceingines.ch/wrap.htm>

表1：ハードウェアスペック

CPU	AMD Geode SC1100 233MHz
BIOS	tynnyBIOS (128KB flash)
Memory	128MB SDRAM
Storage	コンパクトフラッシュ (CF)
Port	Ethernet×1 Serial Port×1

### 3. システム内容

#### 3.1 開発手法

EPICS IOCを走らせるシステムを考えた時、OSには以前からLinuxを採用かつ利用してきたので当然それを検討していたが、通常のディストリビューションを普通にインストールして使用する事はシステムが大きくなりすぎるので採用しなかった。例えばRedhat Enterprise Linux 4のクローンであるCentOS 4.0の場合、最小構成でも本来の目的以外のパッケージやライブラリといったソフトウェアも大量にインストールされる。この状態からスタートして様々なソフトウェアを削り、必要最小限のシステムまで小さくする事は困難であると考えた。何故ならLinuxはソフトウェア間に依存関係があり、それらを解決しながら削っていく事が簡単ではないし、削るソフトウェアも膨大な量になると予想されたからである。よってLFSの手法を取る事にした。LFSとはLinux From Scratchの略で通常のLinuxディストリビューションがインストールされた開発マシン上でkernel等システムに必要な物を1からビルドしてシステム構築していく手法である。導入した主なパッケージを表2に示す。なお現在RIBF制御ネットワークは外部とは独立している為本システムはセキュリティ面を全く考慮していない。

表2：導入した主なパッケージ

パッケージ	バージョン
Linux kernel	2.6.13
glibc	2.3.6
glibc-linuxthreads	2.3.6
busy-box	1.10
bash	3.0.16
Apache	2.0.58
utelnetsd	0.1.9
NTP	4.2.2
PHP	4.4.4
EPICS base	R3.14.7

#### 3.2 EPICS base

システムを置き換える以前よりEPICSはバージョンR3.14.7を採用していた為そのバージョンのソー

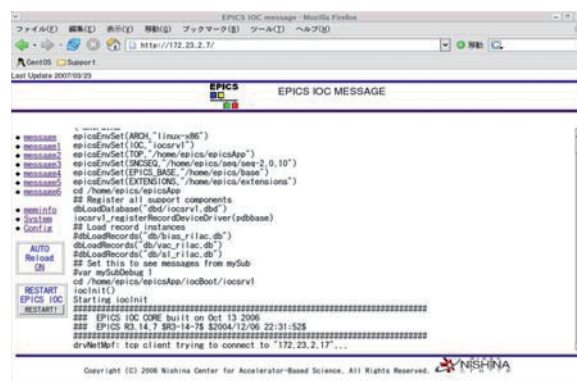
スを別の開発用マシン上でビルドした物を利用した。OSの/etc/inittabを設定する事で、電源投入後IOCを起動する為だけのユーザーで自動ログイン、自動でIOCプロセスが走るようにした。これによりシステムにログインしてIOCプロセスを走らせるといった動作を省略できた。又ファイルサーバでEPICS baseを一括管理し、それを全てのコンピュータが同じIOCを共有している形<sup>[3]</sup>になっている。

#### 3.3 ウェブアプリケーション

試験運用段階で以下の問題点が見つかった。

- 1) WRAPはVGA出力を持っていない為IOCが走っているターミナルを監視できない。
- 2) 当初IOCを再起動する時は電源を再投入して対応していたが、IOCプロセスだけ再起動させれば良いところをシステムごと再起動させる事は無駄であると感じられた。
- 3) IPアドレス等固有のシステム設定を誰でも迅速に行える様にしたい。

以上の問題を解決する為にApacheとPHPを用いたウェブアプリケーションを開発した。この際ユーザーインターフェースの参考にした機器がブロードバンドルーターである。例えば市場で普通売られている大抵のルーターはPC-UNIXで開発された物が多いにもかかわらずブラウザでアクセスして、その知識無しにネットワーク設定、システムログの確認をする事ができる。よって本システムのユーザーインターフェースをルーターのそれと似た仕様にすれば、IOCが走っているターミナルの監視だけでなく、滅多に無い故障にも簡単な説明書だけで誰でも迅速に対応できる、と考えた。開発した画面を図1に示す。



LAN IP address Configuration		
IP address	172.23.2.7	ex ): 192.168.0.3
Subnet Mask	255.255.255.0	ex ): 255.255.255.0
Broadcast	172.23.2.255	ex ): 192.168.0.255
Gateway	172.23.2.254	ex ): 192.168.0.254
<input type="button" value="SUBMIT"/> <input type="button" value="RESET"/>		

図1：開発画面

## 4. 検証

### 4.1 システム負荷

IOCは走るがシステム負荷がかかり、重くて頻繁に不安定になるようではシステムとして使用に耐えない。メモリやCPUスペックが本システムを動作させるのに十分か検証した。条件はRIBF一番上流の入射器であるRILAC<sup>[4]</sup>の真空制御用IOC(レコード数112)で、過去1分間の実行待ちジョブ数の平均値(Load Average)を毎分24時間測定した。その結果を図2に示す。この図からLoad Averageは最高で0.7程度でやや高いが、動作の目安である1.0を超えなかったのでCPUスペックは十分であると考えられる。次にtopコマンドでメモリの使用量を確認した(図3)。結果はIOCを走らせた前後のメモリ使用量の差は約3.5MB、かつ実質的な残りメモリは約111MBあった。以上より十分なハードウェアスペックを有していると言える。

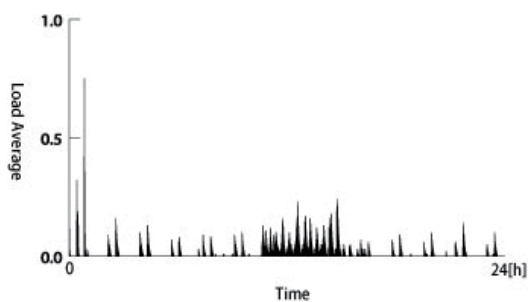


図2 : Load Average

```
+Stopping EPICS IOC
[root@ioc2rilac]# ./free
      total  used  free  shared  buffers  cached
Mem: 123924 29524  94400    0   5308  14684
-/+ buffers/cache:  9532 114392
Swap:    0    0    0

+Starting EPICS IOC
[root@ioc2rilac]# ./free
      total  used  free  shared  buffers  cached
Mem: 123924 33080  90844    0   5396  14720
-/+ buffers/cache: 12964 110960
Swap:    0    0    0
```

図3 : Memory使用状況

### 4.2 システム再設定

万が一故障した際に対応できるかを検証した。具体的には、本システム設計に関わっていない加速器オペレータに6台のIOCのシステム入れ替えを依頼した。作業内容は、システム導入済みコンパクトフラッシュに交換し、ブラウザでデフォルト設定から固有のシステム設定に変更、IOCの起動の確認である。

結果は取扱い説明書を使用し、合わせて約1時間、1台につき約10分で作業は終了した。この結果を受けて滅多に無いトラブルでシステムを入れ替える事になっても、その予備のコンパクトフラッシュと取扱説明書を用意すれば、ほとんどの加速器オペレータが十分迅速に対応できるシステムである、と我々は考えている。

## 5. 運用

2006年11月より試験運用を開始、バージョンアップを繰り返しながら2007年7月現在までRIBF全体で8台のIOCを問題無く運用している。設置方法は1Uラックに計3台を収納している。

## 6. まとめ

RIBF制御全体にEPICSが導入されるとシステムが以前より拡大、複雑化してしまい運用が簡単ではなくなるが、本システムが安価にそれを解決した。又ハードウェアの耐久性も高く長寿命が期待でき、仮に故障しても迅速に対応できる事がわかった。

## 7. 謝辞

本システムを開発するにあたり助言を下さいましたKEKの小田切氏と山本氏に感謝致します。又、RIBFコミッショニング中にも関わらず、システム評価をしてくれた加速器オペレータとコミッショニングメンバーに感謝致します。

## 参考文献

- [1] J.Odagiri, et al., Proceedings of the 3rd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan And the 31st Linear Accelerator Meeting in Japan (August 2-4, 2006, Sendai Japan)
- [2] M.Komiyama, et al., Proceedings of the 14th Symposium on Accelerator Science and Technology, Tsukuba, Japan, Nov. 2003
- [3] M.Komiyama, et al., No.WP72 in this Proceedings.
- [4] E.Ikezawa, et al., No.WP10 in this Proceedings.