

[P 30–25]

IMPROVEMENT OF THE KEK LINAC CONTROL SYSTEM TOWARDS KEKB

Kazuro FURUKAWA, Norihiko KAMIKUBOTA, Takao URANO, Isamu ABE,
 Akihiro SHIRAKAWA and Kazuo NAKAHARA
 National Laboratory for High Energy Physics (KEK)
 1–1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305

Abstract

The improved linac control system for the KEKB project is being constructed. In the design, we put emphasis on the system configuration higher reliability, object oriented design, and operation integration with KEKB ring.

KEKB計画に向けた入射器制御系の高機能化

1. はじめに

高エネルギー物理学研究所の電子・陽電子線形加速器は KEKB 計画に向けて、さまざまな性能改善を行っている。制御系においては、1993年に標準システムの採用 [1, 2] をすることによって、古い制御系を更新したが、さらに KEKB 計画のために、(A) 高い信頼性を維持するための装置の配置 [3] や、(B) 多種類の制御機器をオペレータに区別せずに操作させるためのオブジェクト指向のデザイン [4] を行っている。また、運転開始後には高い実験効率を達成するために、(C) 下流の Ring 加速器との協調 [5]、も重要となるので、関連技術の開発も行っている。以下ではこれらの基準について説明する。

2. 高い信頼性の達成

1993年の更新時には、標準の採用と技術の進歩によって個々の機器の信頼性は向上したが、今後、古い機器と新しい機器が混合し、制御系が複雑になるので、さらに高い信頼性が必要になって来ている。障害箇所の置き換えがすぐに行えるような体制だけでなく、自動的に障害復帰ができるようになっていないと運転への影響が大きくなる可能性も高くなる。

KEKBの制御の高信頼化のためにハードウェア及びソフトウェアの両面から冗長性の検討や実装を進めており、以下にいくつか重要なものを挙げる。

2.1. 運転用中央計算機

KEKBの運転には、同機種の2台の計算機と、それとすぐに置き換えが可能な開発用計算機を用意している。機種は、さまざまな条件から、DEC社のAlpha計算機となっている。(なお、これら以外にも目的別の計算機が複数導入されていく予定であり、古い計算機も、速度を必要としないサービスには当面使い続ける。)

3台の運転用計算機を密結合にすることも可能で

あったが、障害の波及を最小限に抑えるためにあえて独立の構成を取っている。将来1台の計算機のCPUの数を増やすことは可能である。

制御用のアプリケーションプログラムは2台の運転用計算機のサービスを、明示的にまたは自動的に切り替えることによって、サービスの中断を最小限にすることができる。

表 1: 運転用及び開発用中央計算機(カッコ内は最大値)

	運転用 A	運転用 B	開発用
CPU	Alpha-21161	Alpha-21604	Alpha-21161
CPU 数	1 (4)	1	1 (4)
性能 (SPECint)	337	120	337
メモリ (MB)	512 (2048)	192 (256)	256 (2048)
OS	Digital Unix	Digital Unix	Digital Unix

2.2. ファイルサービス

現在の制御系は、さまざまな部分で計算機のファイルサービスに依存している。ところが、記憶媒体であるハードディスクは計算機の構成要素の中でも最も信頼性の低いものである。

そこで、まず、RAID Diskの導入し、複数のディスクの内の1台に故障の影響を最小限に抑えている。RAID Disk自体の信頼性が高くても、ファイルサービスをしている計算機が故障の影響は避けられない。そこで、1台のRAID Diskを2台の計算機に接続し、どちらか止まっていない計算機からサービスをさせるように設定している。

さらに、制御に直接必要なファイルサービスは、2台の運転用計算機に独立に持たせることにした。ファイルの更新は一方で行ない、他方は自動的に更新されるように設定している。また、主要ディスクのテープバックアップを毎日自動的に行うこととしている。

このファイルサービスは、現場のVMEコントローラをDiskless化するためにも用いている。

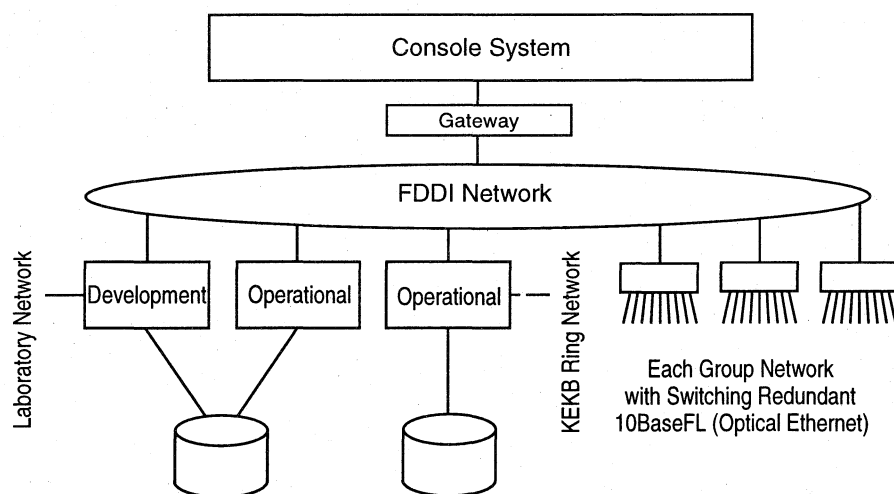


図 1: 運転用中央計算機とネットワーク。2 台の運転用計算機が並列運用され、また、2 重化されたファイルサービスも行なう。負荷を分散させるためにそれぞれの機器グループには独立で冗長性をもった光スイッチングネットワークが用意される。主要機器間は FDDI ネットワークで結ばれる。

2.3. ネットワーク形態

これまで計算機ネットワークとしては通信プロトコルとして TCP/IP を使用することだけを規定してきたが、媒体としては、様々なものを導入している。幸いにしてこれまで運転中の大きなネットワーク障害は起こっていないが、バス型やリング型であると、障害箇所の特定が著しく困難になることを経験している。そこで、今後は障害回復の容易さから、できるだけネットワークのトポロジをスター型とすることとし、幹線には FDDI、現場の支線には 10BaseFL、100BaseFX の光 Network、制御室内の支線には 10BaseT、100BaseTX を利用することとしている。

また、制御機器グループ別にできるだけ独立のスター型ネットワークを用意し、一つの系統に障害が発生しても影響が他に及ばないようにすると同時に、トラフィックの分離も行う（現在は 2 系統のみ）。さらにこれまで使用していたリング型の現場機器ネットワーク Loop-2、Loop-3 を現場コントローラの VME や PLC への置換えを進めることによって 10BaseFL によって置き換えている。

2.4. ネットワークの冗長性

計算機ネットワークは障害が発生すると 2 つに分断されてしまう。スター型のトポロジの採用により、障害発見は早くなるが、制御機能の一時停止は避けられない。そこで、経済的に許す限りネットワークに冗長性を持たせる必要がある。

FDDI はその規格の中に 2 重化が含まれており、1 箇所の障害が全体に影響を与えることはない。制御系の主要部分は FDDI で結ばれるので、比較的信頼性は

高い。

現場との接続についても、今回は、スター型のネットワークであることと経済性を考慮して、中央側にスイッチングハブと、そのハブと論理的に同じネットワークに接続された別のハブを設け、現場側へ 2 重に 10BaseFL 接続を張り、冗長性を持った光トランシーバに接続することとした。このような接続を各グループネットワークについてそれぞれ約 15 箇所の中継点で行うことにしている。

3. 対象指向の設計

対象指向 (Object Oriented) の設計とは、これまで制御系の“機能”を中心に考えてシステムの設計を行ってものを、各々の機能は対象に付随したものであると捕え直して、設計を行うことである。例えば、同じ機能であっても、対象が異なれば実装も利用目的も異なるので、より自然な形態であると言える。

対象領域を明確に認識することによって、よりわかりやすい制御サービスのモジュール化が可能になり、また、ソフトウェアとハードウェアの対応もつけやすくなる。

KEKB 制御においては大きく分けて 2 つの対象領域の考え方があ。一つは制御対象の機器群を対象領域の階層に対応させる捕え方と、もう一つは制御サービス群を対象領域の階層に対応させる捕え方である。それぞれ必要なものであり、また、お互いに利用させあうことになる。いずれにしても、公開する必要のない情報を隠蔽し、公開するものはそのインターフェースを明確にすることによって、サービスの確実性と再利用性が高まることになり、ひいては確実に効率的な

運転を支援することになる。

3.1. 制御対象機器による分類

加速器の機器、例えば、クライストロンにはメインブースタ、サブブースタ、高出力クライストロンがあり、それぞれサブシステムやモニタ系も持つ階層化された対象である。電磁石は電磁石自体の種類だけでなく現在のところコントローラの種類も多種類に渡る。それらの機器の操作情報を、外部には不要なものを隠しながら、各機器に適した方法でやり取りすることは重要なことである。

これまで、機器の制御についての様々な情報が最終的なアプリケーションプログラムの中にも含まれ、それらの保守性に影響を与えてきた。しかし、既に対象指向の設計を行って定めたインターフェースを使っているアプリケーションプログラムについては、その変更はほとんど必要ないはずである。

3.2. 制御サービスによる分類

機器データベース、履歴、シミュレーションなどはこれまで対象領域として明確に捕えられてこなかったが、アプリケーションプログラムが増えるに従って、再利用の必要性が高まると思われる。データベースについては既に実装があり、ほとんどのプログラムで分散利用しているが、機能追加とリレーショナルデータベースへの対応のために、再実装の必要があると思われる。シミュレーションなどの他のサービスについても重要度が増して来ている。

3.3. サービスの利用

加速器を見る場合、

- 機器担当者が各加速器機器の内部パラメータを監視するときのような、技術的視点、
- 運転担当者がビームを調整するときのような運転時の視点、
- 加速器の改善を行うためにビームの挙動を調査するときのような科学的視点、

の3つの視点があり、それぞれが制御系を通して得られる必要がある。

それらは主にアプリケーションプログラムで、サービスをどのように利用するかによって区別されるが、サービスの実装を行う場合にもできるだけ無駄が起らないよう注意している。

3.4. 対象指向のプログラミング

現在のところ、一部を除いて環境が整っていないので、対象指向プログラミングは利用していない。特

に対象指向プログラミング言語からは分散環境の利用が有利にならないために、その利用を遅らせてきた。

しかし、分散環境の標準化が進み、実装も手にはいるようになって来たので、少なくとも上位層においてC++言語を使った実装を行うことを予定している。このことは次に説明するKEKBのRingとのインターフェイスにおいても重要になるとと思われる。

4. KEBBのリングとの協調

1995年にKEKBリングの制御においてはEPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) [6]を採用することが決まった。最近の加速器制御のソフトウェア共同開発の一つの成果であるEPICSを取り入れることは、自然なことだと思われる。

一方、入射器とリングの制御の協調は効率的なKEKBの物理実験のためには不可欠だと思われる。特にリングへの入射路のビーム通過率がビーム入射時間の短縮に必要である。

いくつかの方法を検討した結果 [5]、当面EPICSの標準通信プロトコルであるChannel Accessを使った入射器の制御サービスを作ることが、最も効果も大きいことがわかった。すでに用意されている入射器の制御サービスのインターフェースを変換することでそのようなサーバを作ることができる。詳しくは別に報告をする [7]。

また、条件が整えば、EPICSに限らない上位インターフェースとして定義されたCdevの利用も将来の入射器の制御にも有用である [8]。Cdevは先に書いた対象指向プログラミングを基本とするので、比較検討のためにも近い将来に実装を試みる必要があると考えている。

参考文献

- [1] K. Furukawa *et al*, Proc. Int'l Conf. on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems (ICALEPCS91), Tsukuba Japan, 1991, p.89.
- [2] K. Furukawa *et al*, Proc. of 16th Linear Accelerator Meeting in Japan, Sapporo, 1991, p.315.
- [3] N. Kamikubota *et al*, to be published in Proc. of ICALEPCS95, Chicago, USA.
- [4] K. Furukawa *et al*, Proc. of 18th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tsukuba, 1993, p.356.
- [5] K. Furukawa *et al*, to be published in Proc. of ICALEPCS95, Chicago, USA.
- [6] L. Dalesio *et al*, Nucl. Instr. and Meth. A **352**(1994)179.
- [7] M. Kaji and K. Furukawa, these proceedings.
- [8] J. Chen *et al*, to be published in Proc. of ICALEPCS95, Chicago, USA.