

PC-based Device-layer Control System in the PF Linac

Isamu Abe, Kazuo Nakahara and Masakatsu Mutoh*

Photon Factory, National Laboratory for High Energy Physics(KEK)

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-Ken 305, Japan

*Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University

1-2-1 Mikamine, Taihaku-ku, Sendai-shi 982, Japan

Abstract

It has been tried to replace the device-layer mini-computer connected to CAMAC, which has been used more than 10 years in the Photon Factory 2.5GeV e-/e+ linac, with recent powerfull networked PCs. The processing speed has been improved at a low cost. The OOA(Object Oriented Analysis) is introduced in this system to make standard objects in the accelerator domain.

PCベース加速器制御に関するケーススタディ

1.はじめに

加速器制御の歴史を顧みると、各種装置がハードワイヤー方式で操作された初期の時代から、現代の計算機を用いた制御に変わり、重大な障害であったノイズの問題もやがてクリアして実用期を歩んできた。そして計算機は加速器制御にとって、もはや不可欠になると共に、又計算機制御の問題点も明確になってきた。その中で、新しいニーズも次々と生まれて来ている。10余年前(1980年)、KEK PFでは、2.5 GeV電子線型加速器の制御系として、ミニコン(MELCOM70)とリアルタイムOSを採用し、プログラム開発が行なわれた。そして、国内では初の、始めから計算機によって制御された大型加速器の第一号機が誕生することになった。計算機ネットワークは、現在とは、大きく異なるものであったが、光ファイバー(ノイズ対策が主目的)の採用など当時としてはチャレンジングな試みが特長的であった。それから長い間ずっと実用運転に供してきたが、数年前からミニコン更新の為の準備研究が行なわれてきた。1992年のメーカーの保守うちきり宣告を契機に、VMEをベースとするシステムの更新計画[1,2]の早期完成がどうしても必要不可欠になった。既にメーカーでは、ストック部品の底がつかないなどの心配がおき、メルコム故障停止は、リニアック運転にとって重大な事になるの

で、VME完成予定以前にも、簡単に速く構築出来るバックアップシステムの必要が生じ、その検討を開始した。PCを採用しての置き換えシステムが短期間に完成することが予想出来き、またここ数年の間、PCの性能向上は目覚ましいものがあるばかりではなく、著しいコスト低下、扱い容易で高性能化したPCがカバーできる領域がどんどん拡大しつつある。ダウンサイジングが叫ばれる中、PCによるミニコン更新のケーススタディを開始し、1992年5月に予算化、基礎的準備、新ネットワークのスタディを行ない、各種装置の納期待ち後、11月には、ヴァーチャルベンチ製作に着手。予定より2カ月程早い、93年3月には実加速器への接続開始が可能になった。完成後は、バックアップシステムとしての役目に留まらず、(Bファクトリー計画をにらみ)将来の可能性追及と次世代加速器制御システム研究の為、数々のケーススタディを行っていくベンチとして重要な位置付けとなる。又、操作、モニターの為だけの従来型計算機利用ではなく、知識処理型等を加えた制御システム研究としての土台ともなる事が期待できる。今回本論では、これらのシステムの中の特にデバイスレイヤー制御システムの構築を主として報告する。ポスターセッションでは、内容表題とは別に、サブタイトルを「PC-based 大型加速器制御は可能か?」と目的表題で揭示し、実際にデモを行なうことにした。

2. 三層レイヤー

加速器の制御階層を3つの層に分類すると、1) 加速器構成要素の各種装置が接続されるデバイス層(下位層)と、2) 人間が加速器を操作するところに近いヒューマンインタフェース層(上位層)があり、3) これらの中間にあつて各種の処理を行なう中間層の3つがある。このうち、ヒューマンインタフェース層は、PCの画面処理の容易さを利用して一つのネットワークセグメントを既に数年前構築し、93年5月には、DSLINKからNetWare3.11にアップグレード[3]して安定に動作している。このセグメントと接続すべく、今回は、デバイス層ネットワークセグメントとデバイス層CAMACコントローラ(GPIB)及びPCのソフト開発をおこなった。ソフト開発においては、デバイス・オブジェクトの明確化をテーマとし、オブジェクト指向的分析を試みる事に努めた。物理的には上位、下位層の2系統のネットワークセグメントがあり、中間層のコンピュータはどちらかのネットワークセグメントに接続されている。セグメント間は、現在のところリピーターで接続している。下層レイヤーはMW級大電力クライストロン電源からのノイズ問題があり別セグメントを構成している。

3. デバイスレイヤー

加速器の構成要素である各種装置(ビームトランスポート系電磁石電源、真空系、高周波源、電子銃、モニター系等)は、すべてCAMACに接続されている。これらをVME/OS9に替える計画[2]が進行していることは前述した。本件では、CAMAC以下に手を加えずそのまま残して運転し、CAMACを制御してきたミニコンピュ

ータ(MELCOM70/30, 7台)を更新するに際し、いくつかの観点から最適解を探した。結果として、PC(IBM系)で置き換える事にした。開発期間、費用、容易さ、保守の点でワークステーションなどに比べ有利である。英語版を採用したが、理由として、デバイスレイヤーは英語でも良いこと、日本語化に伴う欧米からの通常1年遅れ運用開始を避けられる事である。CAMACと計算機の接続方式はGPIB(DMA転送速度600KB/s)に変更し、ミニコンで運転されていたFORTRANプログラムは、まずすべて新規にQuick-BASIC、MSCで作成した。機能的には従来の機能を保障することを前提にした。従って、制御のフロー概念は、開発時間をへらすために基本的に継承した。さらに、オブジェクト指向的分析を試み、3月にはほぼ完成した。運用に関しては、図1の様にPC/ミニコンの切り替え方式を取った。その切り替え所要時間は40秒ほどであり、現場でオンライン・スイッチのオンオフ切り替えと、ソフトの起動を行なう時間である。

4. セクターCPU

PFライナックでは、加速器の長さ(500m)方向に5つ(5セクター)に分け副制御室があり、その各副制御室には、操作/信号ケーブル及びデータ収集点として、CAMACとミニコンを配置していた。ミニコンと今回置き換えるPCの構成を表-1に示す。表から約10年間に於ける計算機関連の進歩を見ることが出来る。コスト/パフォーマンスは約2桁上がった。従って、これまでの5つのセクターに区分けする事は、コンピュータの能力からみて、必ずしも適当では無くなっ

Computer Type	MELCOM70/30 mini-computer	Packard Bell 486 50MHz Personal computer
Memory size	640KB	4MB, EMM, cache 128KB
F/Disk	8-inch(1.0MB)	5-inch(1.2MB)/3.5-inch(1.4MB)
OS	Real-time OS (UOS)	DOS 5.00/V(日英), Single task
Network system	Loop-1(token)	Ethernet, NetWare3.11&3.11J, NE2000
CAMAC operation	Branch-HighWay	GPIB, 3988Crate controller
Language	FORTTRAN, assembler	MSC5.0, Quick BASIC4.5
製造価格	約500万円	約50万円(at 1993, 3)
開発期間	80年3月/82年	実質4箇月/人、プロジェクト期間1年、92年
性能	computer間30ms(task間通信), 0.3T/s	LOOP3 magnet polling: 1.5Times/sec

表1 PC及びミニコン(MELCOM70)対比

たと言える。さらにコストミニマム解が存在する。納期待ちを除けば、開発、試験運転までは、極めて速く出来る事が証明された。プロジェクト期間が1年となったのは、ミニコン更新以外の作業として、ヒューマンインターフェースの開発やバーチャルセクターを製作したことと、加速器が常時運転されているため、接続試験が週一度半日のマシンスタディや保守時間しか出来なかった事による。これらの事は当初から予想出来たため、実際はテストベンチをそのプロジェクト期間内で製作し(11月)、かなりの部分はテストベンチで開発を行ない、実負荷である加速器への接続運転確認は少しずつ行なったので長い期間(1年)となった。

これまでマルチタスクOSで運転されていたものを、PCのシングルタスクOSであえて試みたのは、CPUの速度進歩からシングルタスクOSでもアプリソフトの工夫によって、これまで以上の処理速度が得られることが予測されたからである。実際、速度等の最適化を行ない4倍から10倍(条件によって)の速度が得られた。インタープリター言語を最後にコンパイルしているが、初めからコンパイラ言語を使用すれば処理速度は、更に改善出来る。93年後半から(94年)は、PCの32ビットマルチタスクOS(Windows NT、Workplace)が出荷予定され、これまでの資産を継承したまま、運用が可能となる。表示系セグメントでは、OS/2上でも開発[4]してきたが、今後マシンインディペンデントなNTに切り替えることを検討している。

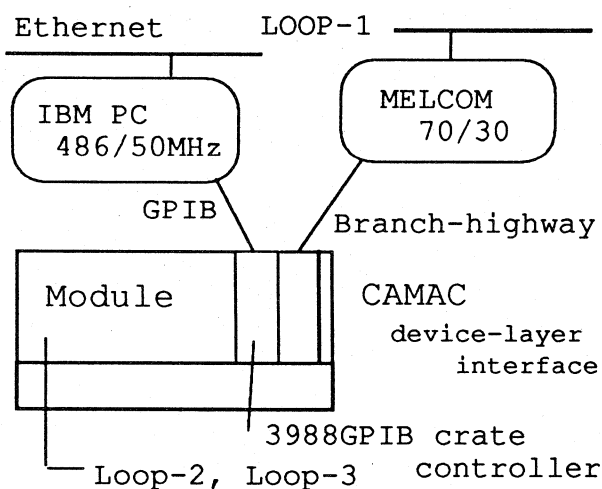


図1 デバイスレイヤーコンピュータの接続

5. バーチャルセクター (テストベンチ)

PFライナックの1つのセクターに相当する装置を(コントローラまで)テストベンチとして構築した。CAMAC、電磁石電源コントローラ、真空コントローラ、クライストロン制御回路、ロータリーエンコーダー、同軸切り替え器、アウトプットレジスター等、各セクターと全く同じ構成をとった。本ベンチでは、1から5セクター以外のヴァーチャルセクターとして動作することが出来る。加速器運転中でも、同じネットワークで運転、シミュレーションが出来る。開発、保守用として重要な役目をはたした。今後も各種コントローラ等デバイスのエイジング用ベンチとして、また各種開発用として使用していく事が可能である。

6. デバイスレイヤーに於けるソフト開発

ソフト開発において最大の問題は、国内外、各研究所共に共通の人員不足問題である。特に国内の加速器に於ては、ハードウェア指向で、装置に投資される比率にたいして、ソフト開発人数や費用は極度に少ないのが現状である。欧米の(数十人~百数十人)に対して、国内では、~数人程度、それでもソフト専門家がいるのはまれで、プログラムも独自開発は少ないのが現状である。日本では産業界との共同で開発される印象を諸外国に与えている。柔軟な保守などの観点からも研究所が独自に開発していく事は重要であるが、そのためのソフトチームを組織すると言うほどのチーム開発組織に対する理解は、加速器業界ではまだ得られていないと言える。同時にプロジェクトマネジメントの問題も残っている。その現状にあっては、高度の生産性、信頼性を追及したシステム指向を目指す以外に解はないが、現実には限界がある。そこで、最近まで行なって来たソフト生産性の探求とエキスパートシステム支援などの研究に基づいて行なうことにした。エキスパートシステム知識ベース構築に関して行なった共同研究[5](東北大学、北村氏)、オブジェクト指向にもとづいた加速器制御の研究[6](MRTI、フロロフ氏)があるが、これらの経験から、UNIXや従来のC言語を出来るだけ離れるまでツール、またはパッケージを製作し、手続き型言語のみに寄らないシステムを構築して、生産性、信頼性の向上を追及することにした。PCにおいて、言語開発環境がチームウェアを除けば、安価、容易でそれなりの言語環境が得られる特長を活かした。マシン・ディペンデ、言語ディペンデを離れるために、

CERNが行なった様なProtocolの概念を導入することに対し工夫をしている。Protocolは全くOOPと相性がよいことが解った。オブジェクトのメソッドとして標準化を模索している。また、エキスパートシステムに於ては深層知識として使い得る事も解っている。従って、この路線を今後の方向とした。

7. ヒューマンインタフェースレイヤー

これまで、DSLInkシステムをクライアントサーバー形式として運用してきたが、NetWare3.11に更新して高速化とマルチベンダー化を計り、生産性と信頼性向上をめざす為、表示系もオブジェクト化を追及することにした。

従来のDOS上に於ける言語ベースでの描画を主としたコンソールに対して、今回は、疑似マルチタスクであるWindows3.1(英語版)とその環境を使用して、操作系ソフトの新バージョン(図2)を開発した。

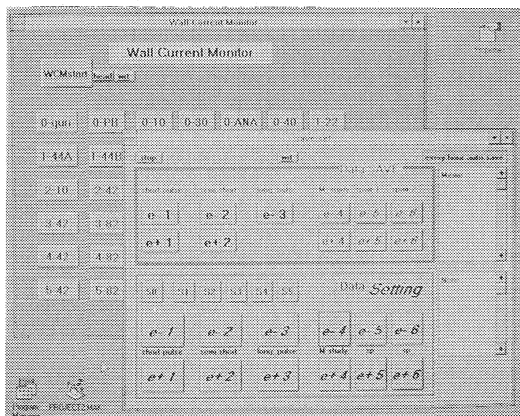


図2 CAMACテスト用操作VBコントロール

これらは、デバイスレイヤーのソフトをテストするために、便利で生産的なテストシステムが不可欠であったので、最新の技術を利用し新規バージョンの開発を行なった。2ヶ月を費やした。言語はWindowsの開発言語として最も容易な環境を提供し、イベントドリブン型のVisualBASIC2.0を使用し、操作ボタン等はVBコントロールを使用した。イベントドリブン型は、手続き型に比較し、開発が容易で、グラフィックに対し大幅に開発時間の短縮が可能であった。ユーザー定義のオブジェクト開発には、まだ問題が残る。グラフ表示等が必要な項目に対しては、ExcelをWindows上で運転し、DDEによってリンクを行ない、操作画面と表示画面を別の市

販アプリケーションを利用しソフト開発の軽減を計った。汎用ソフトで多くの人がなれていること、Windowsの統一的操作環境の為、もはや特別には学習を必要とはしない事が大きな特長である。スイッチや表示コントロールの並びに関しては、加速器オペレータが最も使いやすい配置があるはずで、機能、手続き等はヒューマンファクターの点からも更に検討されるべきテーマである。図3は、操作画面(下部のVBによるウインドー画面)と表示画面(上部のExcelによるウインドー画面)の別なアプリケーションをDDEでリンクし、ノンアクティブ画面であるはずのウインドーも連動表示している画面である。

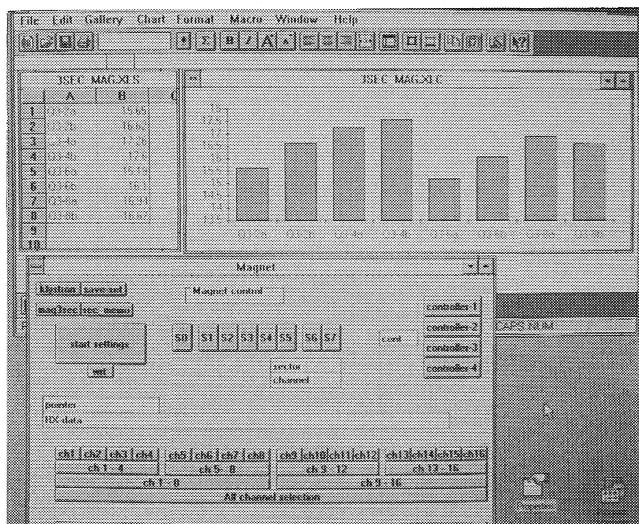


図3 操作アプリと表示アプリ間のDDE

8. ネットワーク

PCを接続するために採用したネットワークについての特長、性能、問題点については、前回の本研究会[7]でも報告をし、拡張性については既に証明した。本マルチベンダーネットワークに関しては、今回使用したPCを含め、プロジェクトの初期に3ヶ月程かけて各種のテスト、ライブラリー制作、運転試験を繰り返した。使用可能台数、トラフィック、転送速度等に関しデータを取り、計画に本質的な問題が無いことを確認した。当面このネットワークを使用していくが、サーバー、クライアントの性能が年に2倍近く向上していく現状では、ハードを更新するだけでも、どんどん速度の改善が行なわれていく事が予想される。今後この性能の向上を利用して、制御の機能や信頼性の追及が益々可能になって来ることが期待出来る。無停電化、ハードディスクのミラーリングノ

デプレキシングによる高速化、信頼性の向上等を、今年度内に行なう予定である。

「ピアツーピア通信」

NetWare 3.11では、基本的にファイルのシェアをマルチベンダーで行なう時には、高速かつファイル管理の点で特長があるが、ファイル経由の通信では、ネットワーク幹線の負荷率を上げてしまうので、IPX/SPXによるピアツーピア通信が必要となった。今回、Quick-C、Q-BASICから関数コール出来るようにマシン語ライブラリーを作成した。幹線の負荷率を悪くしない為の工夫をいくつか運用ソフト上で行なった。

「コマンドゲートウェイ」

各セクターのPCが加速器オペレータから見た時、全体として分散処理が出来、能率を改善するためにコマンドゲートウェイのステーションを一台設置した。本ステーションはコマンドを各セクターに分散させ、また制御卓の必要なステーションにデータ等を返す機能を達成している。オペレーションのバックログも本ステーションでMOに保存している。

9. 大規模システムの部分的アップグレード

実験装置である加速器の制御においては、新規機能、部分的性能向上（速度、見易さ、操作性）の要求が絶えず生まれる。また部分的な進歩により、連鎖的に他の改良の必要が生ずる事も多い。これらの要求に対して、特に速度などの点から不必要に計算機を更新する事になったりする。ここで問題なのは、仕様確定時に、初期性能での運用期間（使用寿命）も決める事が難しい事である。高価品を設定しても、長期間使用できるとは限らず、世の新製品のサイクルの速さで、初期の寿命設定は大きく狂うことが多い。結果的に運用寿命（期間）が段々短くなってきているのが現状である。これに対応する手段としては、マシン・ディペンデントから可能な限り離れる為、OOPメソッドとしてCERNプロトコルなどの確立が重要であると言える。

まとめ

デバイスレイヤーの計算機をミニコンからPCに置き換えるケーススタディを行なった。ソフ

ト面では、オブジェクト指向分析を試みた。加えてヒューマンインターフェース部の作成、バーチャル・セクターの製作を短期間に行なった（全部で1人年）。結果として、CAMACドライブ用のコンピュータの更新の一つの解を見いだした。このケーススタディを通して今後の方向を見いだした。柔軟性、高生産性、高信頼性の追及が廉価にて可能な方向にあると言える。実運用に対して他のセグメントからのプロテクション等を現在検討している。

謝辞

本テーマに関し、東北大学核理研と意見交換を行なった。特にオブジェクト指向の今後について議論に参加して頂き、今後のオブジェクト作成及び標準化に関し、共同開発を企画することに同意して頂いた東北大学理学部核理研の柴崎信義氏に深く感謝致します。又、検索、推論システム等理論的な議論、逆問題解決手法などの点で多くのコメントいただいた東北大学工学部原子核工学科の北村正晴教授に感謝致します。色々と支援して頂いた三菱電気サービス（株）の田中政彦氏に感謝致します。

参考文献

- (1) New Control System for the KEK LINAC
N.Kamikubota, etc. 本リニアック研究会 第18回
- (2) Control system architecture of the KEK 2.5GeV LINAC
K. FURUKAWA, etc. 本リニアック研究会 第18回
- (3) Netware system for the PF LINAC Console
I. Abe, etc. 第17回リニアック研究会 1992年
- (4) OS/2 and DSLINK system for the PF Linac
A. Shirakawa, I. Abe, and K. Nakahara
第15回リニアック研究会 1991年
- (5) 大型加速器運転支援用知識ベースシステムの設計
古川宏、高橋信、北村正晴、相山一典、阿部 勇
計測自動制御学会東北支部第122回研究集会 1990年
- (6) Prolog Application for intelligence control system
I. Frolov, I. Abe 1993 Accelerator Science conference
- (7) 加速器用ヒューマンインターフェースネットワーク
阿部勇、他. 14回分子科学研究所技術研究会