

Techniques to Improve Reliability of the KEK-Linac Control System

Kamikubota N., Furukawa K., Nakahara K., Abe I. and Shirakawa A.

National Laboratory for High Energy Physics (KEK)
Oho 1-1, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

Abstract

New control system for the KEK-Linac, which comprises of unix-based workstations and VME-bus computers, has been operated successfully since October 1993. Two years operation provides us several suggestions to improve reliability of the present control system. Based on the experience, several kinds of improvements have been planned or realized already.

KEK-Linac 制御系の高信頼度化

1 Introduction - 高信頼度化の工夫 -

KEK 2.5GeV 電子・陽電子 linac は、1993 年 9 月から unix workstation (約 5 台) と VME 計算機 (約 10 台) などからなる新しい制御システムで運転を始めた [1, 2, 3]。新制御系に移行後 2 年が経過したが、当初は無かったものの徐々に整備されてきた (または整備中の) 機能が多々ある。これらは総じていえば制御系の信頼度を高めるためのさまざまな工夫である。本稿ではこれらを具体的に紹介する。

2 運転系統の二重化

KEK-Linac の年間稼働時間は 5000 時間を越えているが、制御系はそれ以上の長期間休み無しに稼働し続けることを要求される。KEK-Linac の規模、制御グループの実働人数 (1 人年程度) を考えれば、これほど長期の運転期間中に故障やバグを皆無にすることはもともと無理な注文と思われる。

次のステップとして、運転系統を 2 系統 (以上) 持たせて一方が故障しても他方で運転を継続できるようにする、という考え方があつた。新制御系では色々な要素の二重化が整備されている。

2.1 運転用 workstation

新制御系運用開始時点 (1993 年 9 月) では、運転用 workstation は DECstation 5000 (名前 peach) 1 台のみであった。しかし 1994 年 3 月に運転用第 2 マシン (DEC3000AXP, 名前 grape) が導入され、同 9 月から運転に利用している (表 1 参照)。現在は制御ソフトの移植作業をすすめており¹、部分的な二重化が

¹Digital-output 系は 1994 年 12 月、Digital-input, ADC, DAC 系は 1995 年 2 月、loop3 系 (field network) は 1995 年 6 月に移行を終えた。残りは loop2 系、 GPIB 系 (1995 年 9 月完了予定)。

実現している²。

2.2 disk 装置

運転用 workstation で disk 装置が故障すれば、制御系は壊滅的打撃を受ける。この対策として、1994 年 7 月に 12GB の disk-array 装置を導入した。2GB disk を 7 台有し、1 台が故障してもホストに影響を与えない³。現在運転上重要なファイルを disk-array に集結させているが、さらに各運転機で運転に不可欠なファイルをローカルで持たせるべく検討している。

2.3 制御ネットワーク

制御ネットワークも障害が起これば制御系への影響は大きい。現時点で各副制御室へ 2 系統 3 回線分が敷設され、1 回線が故障しても短時間で交換できる体制になっている。さらに、多重化による backup 体制を整備する改修計画を練っている (4.2 節参照)。

3 software recovery

長い運転期間中に故障やバグを皆無にすることは現実には期待できない。また、新制御系に移行した 1993 年 9 月以降も現場の制御コントローラの多くは旧制御系のみで、信頼性に問題があるものも含まれている⁴。

そこで、たとえ故障などで機器が異常に陥っても自動復帰するか、回復不能なら状況をオペレータに知らしめる routine を組み込む。また信頼度の低い機器に対しては、設定後の確認を行って設定が失敗すれば何回か retry するループを最も基本的な server に入れる

²例えば制御卓 touch panel の右半分は grape、左は peach で運用している。なお運転マシン二重化の考えは旧制御系でもあつた。

³1995 年 3 月、皮肉にもこの disk-array 装置の故障で入射器運転に大きな影響が出た。原因は array controller の故障。

⁴このうち真空と電磁石については製作以来 10 年以上が経過して保守が困難になっており、新規開発が進められている。

等の対策をとっている。このようなソフトによる recovery は、新制御系による運転経験を積むにつれ追加され続けている。

3.1 trigger-mode error-recovery

Klystron の trigger-mode を設定に、最初はコマンド (この場合は trig) を 1 回実行するだけの仕様であった。しかし一部の現場側コントローラのエラー頻度が高かった事情もあって、試行錯誤の後に C-shell による recovery 部分 (trigger-mode 設定後確認して失敗していればもう 1 回 retry) が追加された⁵。また、失敗や retry の状況をオペレータに示すようにした。

3.2 auto-restart of servers

運転用 server process は計算機起動時に自動的に起動され、本来決して down しないように設計されている。しかし、ハードの故障などが引金になって異常な状態が引き起こされ server が落ちる現象が稀に起こっている⁶。この対策として、server を 1 分程度の間隔で監視して必要なら再起動する tool⁷ の開発を進めており、機器によっては利用を始めている。

4 ハードウェアの拡張・整備

KEK-Linac では KEKB へ向けた改造が始まっている [4]。制御系でも KEKB に対応する形でハードウェアの拡張・整備が進められている。

4.1 workstation の整備

KEKB 改造に対応して、制御系の workstation を増強しての機能分散を検討している。この整備により個々のマシンの維持管理が楽になり平均負荷も減ると期待される。現時点での試案を表 1 に示す。今年度は grape の負荷分散のため開発用第 2 機の導入を予定している。

4.2 制御ネットワーク

現在の制御ネットワークは約 10 のセグメントが相互に repeater 接続されており、運転中の平均 traffic は 30 frames/sec 程度である。しかし、今後 traffic の自然増が見込まれ、また新たに他グループ⁸にネットワーク資源を与える必要が出てきた。

⁵実際の source が [4] に紹介されている。

⁶klystron の server が 1 年に 2-3 回落ちている。ネットワーク不調時 server が retry している間にオペレータが待ちきれず何重にも子 process を起動して workstation のメモリ不足を招くのが原因。

⁷"procs" for unix, "repeatexec" for OS-9。

⁸Beam position monitor, klystron 波形取り込み, etc.

表 1: KEKB 制御系の主要 workstation(案)

name	機種, OS	用途
peach	DECstation5000 Ultrix v4.4	運転用第 1 etc.
grape	DEC3000AXP OSF/1 v3.2	運転用第 2
maple	DECstation5000 Ultrix v4.4	開発用第 1
(未定)	DEC3000AXP OSF/1 v3.2	開発用第 2
(未定)	(未定) (未定)	File Server
lime (diskless)	DECstation5000 Ultrix v4.4	表示用

そこで、100Mbps のバックボーンを持つネットワークハブ (DEChub900) を 1995 年 3 月に導入した。現在 repeater 接続している各セグメントの接続点をハブに集め、目的別に bridge で分離する集中管理を始めた。

また、主要な workstation 間では FDDI を整備した (1995 年 6 月完了)。これは、NFS による瞬間的ネットワーク飽和が起こっていたための対策である。

さらに、光ファイバーによる star 配線型多重ネットワーク整備を検討している。現在でも各副制御室に 2 回線の光ファイバーが敷設されている⁹が、さらに各 4-6 点程度の接続点を整備する予定である。

5 その他の工夫

5.1 VME 独立運転機能と diskless 化

旧制御系時代からの基本的な設計理念の 1 つとして、運転 workstation や制御ネットワークなどが停止しても、現場側 (副制御室の VME 計算機) では独立に担当部分の機器制御が出来るよう設計されている¹⁰

また、現在各 VME 計算機はローカルな disk を持っているが、NFS server で集中管理して diskless に移行し信頼度・保守性の向上をはかる案を検討している。上記の独立運転機能と両立させるべく模索している。

5.2 通信 protocol (TCP から UDP へ)

新制御系が運用開始した 1993 年 9 月の時点では制御メッセージはすべて TCP protocol を使用しており、複数の process を見かけ上同時に処理するため制御メッセージ毎に socket 接続を open/close していた。このように TCP では複数の接続要求の処理に無理があり、またエラー時の time-out 時間が入射器オペレータの感

⁹1993 年 12 月から 1994 年 7 月にかけて整備したもの。

¹⁰現在 VME 単独で操作可能なものは Digital-output, loop3 など VME module レベルである。運転ソフトは workstation 側の shell で記述されている部分が多いため、Linac 運転までは難しい。

覚からみて長くしかも調整できない¹¹ため、protocolをTCPからUDPに移行する作業が進められた。

UDPに移行して不利になるのはメッセージ交換が失敗したあとの処理がユーザーにゆだねられる点であるが、2秒待ち3回retryの通信手順routineを確立した(time-outは8秒)。現在UDPへの移行はほぼ終了し、通信速度はTCPに比ベ倍以上速くなった¹²。

5.3 制御ネットワークの独立性

KEK-Linacの制御ネットワークは一般用(KEK所内ネット)とは独立に運用され、物理的にも別である。しかし制御ネットワークは利用できる場所が限定されるので、どうしても所内ネット側の計算機から入射器の状態を見たい場合がある。そこで、maple(表1参照、所内ネットと制御ネットワークの両方に接続)を機器状態の読み出しのみ可能(状態変更は出来ない)に設定した。この結果、所内ネット側からはmapleを通して状態読み出しが可能になっている。一方、制御ネットワーク側からはmapleを通してプリンターなど研究所共有の資源の利用を可能にしている。

5.4 操作記録・運転記録の利用

新制御系では、大多数の機器において運転による操作記録や状態変化をファイルとして残している。何等かのハード・ソフト上の障害が起こったとき、これらの記録をさかのぼって障害発生時刻の前後を調査すれば障害の原因特定に非常に有効である¹³。しかし、運転記録から必要な機器の情報を得るにはgrepやsedなどunixのfilterを使いこなす技量が求められ、一般ユーザーが簡単に利用できる体制にはなっていない。

現在、市販グラフィックツール¹⁴を用いて環境整備を進めている。図1に、klystron"K58"の1週間の位相変化をグラフ化したものを示す。図で位相がときどき0になっているのはコントローラにself-resetがなかったことを反映している。

5.5 時刻同期

新制御系は、workstationからパソコンまで各種多数の計算機の協調により運用される。どんな計算機で

¹¹制御ネットワークの故障などで副制御室のVME計算機にアクセス出来なくなった時、TCP protocolは1分程度(上位ソフトのretryループがあればその数倍)retryを繰り返さないと諦めない。多くのオペレータはhangしたと判断して関連の機器や計算機のリセットを始めるため、ますます状況は混乱する。

¹²peachとVMEとのround-trip時間は、TCPで40msだったものがUDPで10msとなった(grapeでは8ms)。

¹³例が[7]に紹介されている。

¹⁴PV-WAVE, Visual Numerics社。

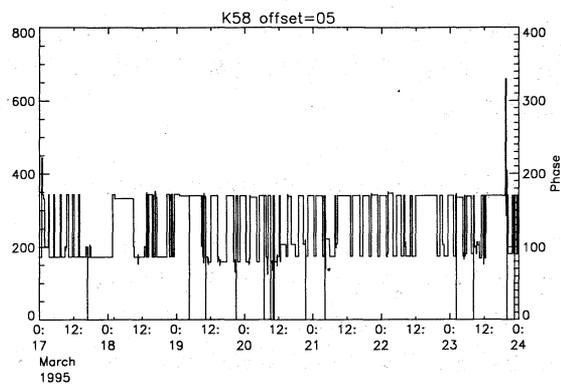


図1: log for klystron phase during march 17-23.

も1カ月に10秒の桁で時刻が狂うのは経験上仕方が無いと思われる[5]。一方これらの計算機間でそれぞれの内部時計が同期していないと、プログラム開発時のmakeや運転記録の時刻など色々不都合が生じる。

この問題解決のため、各workstationでNTP(network time protocol)を設定して時刻同期させている。またtouch panel[6]用のPC9801は、top-menuに戻る時にpeachまたはgrapeの時刻に合わせている。

6 まとめ

KEK-Linacの新制御系での高信頼度を目指した改修について報告した。本稿は[4]を抜粋・短縮したものであるため、詳細はそちらを参照されたい。

参考文献

- [1] 上窪田紀彦、他：第18回ライナック研究会、つくば、1993年7月、KEK-Proceedings 93-10, p.351
- [2] N. Kamikubota *et al*, Nucl. Instr. Meth., A352(1994)131
- [3] N. Kamikubota *et al*, Proc. 1994 Int'l Linac Conference (LINAC94), Aug. 1994, Tsukuba, p.822
- [4] 「放射光入射器増強計画(KEKB design report)、制御系の拡張」、KEK-report(準備中)
- [5] 上窪田紀彦、古川和朗：「ネットワーク計算機群の自動時刻修正」、KEK内部資料PFINJ-EC-14、平成3年6月
- [6] 上窪田紀彦、他：第17回ライナック研究会、仙台、1992年9月、p.276
- [7] 上窪田紀彦：「電磁石電源故障の記録」、KEK内部資料PFINJ-EC-16、平成6年4月