

Linux PC を用いたデバイスの監視

草野史郎^{1,A)}、上窪田紀彦^{B)}、古川和朗^{B)}

^{A)} 三菱電機システムサービス (株)

〒 305-0045 茨城県つくば市梅園 2-8-8

^{B)} 高エネルギー加速器研究機構

〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

概要

KEK Linac では、1993 年に Unix をベースとした制御システムを構築し加速器の運転を行っている。今までに、加速器の多くの改良・拡張が行われてきた。それに伴い既存の制御システムの能力では対応しにくくなりつつある。ここ数年、PC の性能は飛躍的に向上し、かつ価格も安くなってきている。そこで、KEK Linac では PC を用いて制御システムを拡張することを試みた。1999 年夏に 2 台の Linux PC を導入し、クライストロン、イオンポンプの状態の監視を始めた。

本稿では、2 年間の Linux PC の運用経験や今後の改善点などについて報告する。

1. はじめに

KEK Linac では、1993 年から Unix Workstation (2 台) と VME 計算機 (約 10 台) などからなる制御システムで運転を始めた^[1,2]。年々、拡張・整備が施され^[3,4]、現在では Unix Workstation (運転用 3 台、開発用 1 台)、VME (約 30 台)、PLC (約 140 台)、CAMAC (約 10 台) が制御ネットワークで相互に接続された構成になっている (図 1)。KEK Linac 制御システムは、制御機器ごとに device server が用意されていて、これらの server は 3 台の運転用 Unix 計算機上で動作している。すべての制御アプリケーションは 3 台の Unix 計算機のいずれかの device server にアクセスすることで機器の制御・監視を行っている。

1998 年以降、KEKB 加速器のコミッションングは年々活発となり、常時起動されているアプリケーションから制御システムへの負荷は桁違いに重くなった^[4]。一方、制御システムのベースとなる Unix 計算機は高価なためなかなか拡張できず、1998 年末には CPU 負荷が 100% になることもあった。調査したところ、特にネットワーク通信 (TCP/IP) の処理で CPU を消費していることがわかった^[5,6]。ネットワーク通信量を減らすことが CPU 負荷を減らすことにつながるため、device server レベルでの data cache 機能を強化することでネットワーク通信量を減らすことが検討された。

この問題の対策は、1999 年夏に 2 件行われた。1 つ目は、CPU 能力の絶対量を底上げするために運転

用 Unix 計算機を 2 台から 3 台に増やした。もう 1 つは、Linux PC による Cache Server の導入である。本稿では、この Cache Server について詳細に説明する。

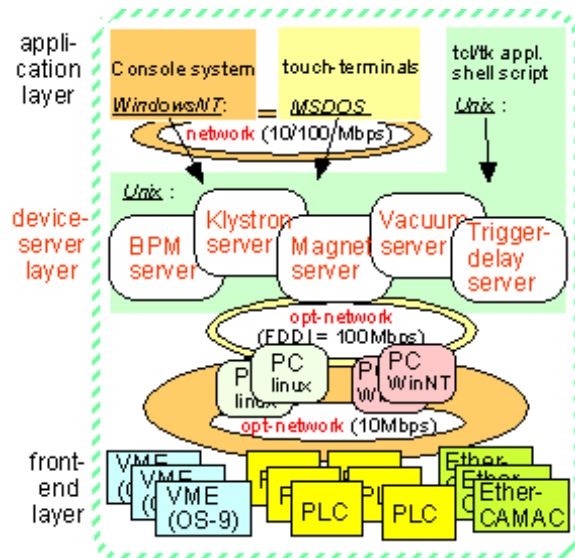


図 1 : Simplified view of the control system

2. Linux PC の導入

2.1 Cache Server の概要

1999 年以前は、制御アプリケーションからのデータ要求が device server に届くたびに、device server と現場の制御機器 (PLC) の間でネットワーク通信を行っていた。しかし、device server の走る Unix 計算機に PLC データの cache を持っていれば、device server は PLC とネットワーク通信せずに cache 上のデータを参照すればよい。

そこで、Linux PC を用いて Unix 計算機の cache データを更新する「Cache Server」を開発した。Cache Server は、1999 年夏にクライストロン用 PLC (70 台)、真空用 PLC (18 台) を対象に運用を開始した (図 1 では device server 層と front-end 層の中間に示されている)。

¹ E-mail: kusano@mail-linac.kek.jp

クライストロンを例にした Cache Server の概要を図 2 に示す。2 台の Linux PC は、70 台の PLC² を 1.3Hz で polling する (毎サイクル 70×約 100 バイト、10KB/s の転送)。取得したデータは複数 (最大 10 台) の PLC 毎に 8 グループにまとめて 4 台の Unix 計算機に送る (毎サイクル 8×約 1KB×4 台、40KB/s の転送)。Unix 計算機では、受信パケットのデータをメモリ上 cache に展開している。これらのネットワーク通信総量は、Klystron Server へのデータ要求数が増えても全く影響を受けず一定である。

KEK Linac の通常運転時に device server に届くデータ要求数は、クライストロンで毎秒 18 回 (うち cache 利用可能なものは 14)、真空で毎秒 45 回 (全部が cache 利用可能) であった (2000 年 6 月の測定)。Unix 計算機側で行うネットワーク通信処理数は、device server が cache を利用することで 1 桁以上 (18+45) → 4) 減った。また、PLC とのネットワーク通信が不要になる分 device server の応答速度が改善された³。一方、cache は 1.3Hz でしか更新されていないので、0.1 秒の応答が必要な場合 cache は使えない。このような要求に備え、device server には cache を使わず直接 PLC の値を調べるコマンドも用意されている。

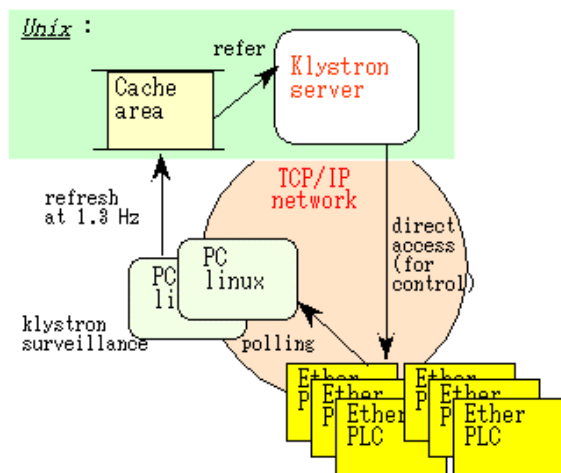


図 2 : Cache Server for Klystron

2.2 機種等の選定

Cache Server を構築するにあたって既存制御システムに取り込みやすいことを念頭において PC 本体、OS、Linux Distribution の検討を行った。

1) PC

Compaq Celeron 400MHz 128MB 6.4GB

PC の選択基準としては、低価格な汎用 PC のうち、ラックに設置するためコンパクトな筐体を

選んだ。また、CPU は購入当時最も一般的なものを採用した⁴。

2) OS

FreeBSD : 検討時は、FreeBSD のインストーラは簡単ではなかった。

Linux : 多くのデバイスに対応され比較的最新のドライバーの入手ができた。また、海外でのシェアが圧倒的に多かった。

Windows : 制御システムが、Unix (C 言語) ベースなため、Software の移植性 (ソース互換) を考えて選択しなかった。

3) Linux Distribution

Slackware : インストール後の管理が複雑。

Unix のシステム管理の経験が必要。

Redhat : パッケージのインストールが簡単。管理も管理用ツールがあり、システム管理の経験は重要ではない。

最終的に、Redhat 6.1 を選択した。

2.3 KEK Linac 制御システムへの対応

KEK Linac 制御システムの Unix 計算機では、ネットワーク管理に NIS(Network Information Service)や DNS(Domain Name Service)、NFS(Network File System)を導入している。Linux PC でも、これらのサービスを利用するように適合させ、ネットワーク管理を容易にしている。

KEK Linac 制御システムでは、TCP/IP によるデータ交換のための C 言語通信ライブラリが開発されている。これらのソースプログラムは Linux でもそのまま利用可能で Cache Server 開発のために新たに開発する必要はなかった。また、Cache Server 用のプログラムは Unix 側 File Server で一元的に管理し、各 Linux は NFS マウントした remote disk からプログラムを起動している。

3. 考察

3.1 Linux PC による CPU 増強

2 台の Cache Server (Linux PC) の追加により、device server が走る Unix 計算機の CPU 負荷は明らかに軽減し、CPU が 100% になるような危機的状況は解消した。Linux PC の導入で、それまで Unix 計算機だけに頼っていた CPU 資源に安価な汎用 PC を利用できることが明らかになった。また、Linux の採用に関しては、既存の Unix のネットワーク管理ツールやプログラム資産をほぼそのまま Linux でも利用できることがわかった。

² 横河 FA-M3。直接ネットワーク通信可能な Ethernet の口も持っている。

³ device server と同じ Unix マシンのプログラムから要求が来る場合、PLC との通信に必要な数 ms が不要で、0.1ms の応答が可能になる。

⁴ 普通の PC が使用できるということは、将来 Cache Server を増強するとき、型遅れになった事務用の Windows PC を転用できると思われる。

3.2 信頼性

KEK Linac の年間稼働時間は 7000 時間を超えているが、制御系にはそれ以上長期間に稼働し続けることを要求される。そのため、システム（特に OS）が停止しにくいということが非常に重要な要素となる。この点で Windows は、メモリーリークなどの問題で不安が残る。Cache Server は 1999 年夏の導入以降約 2 年間、KEK Linac の運転制御用に継続して使用されており、Linux の長時間運転に問題が無いことが実証されたと言える。

しかし残念なことに、Linux PC が接続されているネットワーク上に問題が生じて（NIS の情報を管理している Unix のダウンやリピータの故障など）その後正常な状態になっても Linux PC をリブートしないと以前状態に復元しないということがあった。この問題が Linux のネットワーク設定が悪いのか Linux のネットワークドライバが悪いのか把握していないので調査する必要がある。また、制御システム側のネットワーク管理サービス（NIS や NFS）に異常が発生している間は root 以外では login さえ出来なくなり、また NFS で共有しているディスクは読めない。この問題の対応策として、Cache Server として必要最低限のネットワーク管理情報はローカルに持たせるなどの対策を検討している。

3.3 システム冗長性

計算機の disk 装置は長期に使用すれば必ず壊れるものである。長期間の稼働を要求される制御系にとって、運転マシンの disk 装置の故障は壊滅的打撃を受ける。disk 装置の故障対策として、定期的に backup をとっているが復帰させるにしても最低 8 時間の運転停止は免れない。この対策として、同じシステム環境を持った予備 Linux PC を常備している。将来計画として、diskless、CD-ROM boot の導入による PC ハードウェアの冗長性を高めるための工夫を検討している。

4. まとめ

本稿は、KEK Linac における Linux PC の約 2 年間の運用経験、問題点、今後の改善策について述べた。Linux PC は加速器制御に使用するにあたって十分に信頼できるものと思われる。今後更に改良・改善を進め、加速器制御システムの安定な運転に貢献していきたい。

参考文献

- [1] 上窪田紀彦、他、第 18 回ライナック研究会、1993 年 7 月、つくば、p.35-38
- [2] K.Kamikubota, K.Furukawa, K.Nakahara and I.Abe, Nucl.Instr.Meth.A352(1994)131
- [3] 上窪田紀彦、他、本会議で報告予定。
- [4] 上窪田紀彦、他、第 20 回ライナック研究会、1995 年 9 月、大阪、p.209-211
- [5] 古川和朗、他、第 25 回ライナック研究会、2000 年 7 月、姫路、p.111-113
- [6] 上窪田紀彦、他、第 24 回ライナック研究会、1999 年 7 月、札幌、p.119-121
- [7] N.Kamikubota, K.Furukawa, T.Suwada and T.Urano, APAC 2001, Beijing, Sept.2001, to be submitted