

阪大産研 L バンド電子ライナックの制御系改造

加藤龍好^{1, A)}、磯山悟朗^{A)}、吉田陽一^{A)}、菅田義英^{A)}、古澤孝弘^{A)}、

山本 保^{A)}、末峰昌二^{A, B)}、関 修平^{A)}、田川精一^{A)}

^{A)} 大阪大学産業科学研究所

〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1

^{B)} ユニコンシステム

〒559-0013 大阪府大阪市住之江区御崎 6-24-28

概要

大阪大学産業科学研究所の L バンド電子ライナックは運転開始から 24 年を経て大掛かりな改造に入った。クライストロン及びクライストロン・モジュレータ、RF の立体回路、サブハーモニックバンチャー用 RF 源、冷却水システムなど主要構成機器が更新・改造される。これらの機器を統括する制御システムも、これまでの手動制御から、Programmable Logic Controller と Personal Computer を主体とした計算機制御へと変更される。これらは互いにローカルエリアネットワークで接続され、分散型の制御システムを構成する。

1. はじめに

大阪大学産業科学研究所（以下、阪大産研）の L バンド電子ライナックは、1978 年に運転を開始し、高強度の単バンチ電子ビームを加速できるライナックとして稼動してきた。最近では SASE-FEL の原理検証実験や、磁気パルス圧縮によるフェムト秒電子ビームの発生とそれをを用いたフェムト秒パルスラジオリシスの実験、サブミリ波領域でのコヒーレント放射の光源利用など、電子ビームに対して高強度のみならず高品質や長時間にわたる安定性を要求する研究も行われるようになってきた。このような研究内容の変化は、必然的に高精度化・高安定化のための性能向上を求めることになる。

今年度、クライストロン及びクライストロン・モジュレータ、サブハーモニックバンチャー用 RF 源、冷却水システムなど、加速器の安定化・高精度化を目指した機器更新が行なわれる[1]。20MW と 5MW の 2 本立てだったクライストロン及びクライストロン・モジュレータが 30MW に 1 本化され、それに伴い RF の立体回路も変更される。サブハーモニックバンチャー用 RF 源は空洞内の励振電場のフラットトップを得るためにパルス時間幅を数倍に伸ばし、冷却水システムはこれまでよりも温度の揺らぎ 1 桁小さく抑える。しかし、これらの機器が協調的に動作し、さらに高い精度で再現性を持つためには計算機による制御が不可欠である。

L バンド電子ライナックの計算機制御化の試みとしては、1981 年に MELCOM 70/40 を中核とするリアルタイム・データロギング・システムが構築され、加速器の運転パラメータの抽出が行なわれた[2]。また最近では、一部のビーム輸送路にネットワーク接続された Personal Computer（以下 PC）のみを用いた制御システムが開発され、発振型 FEL や SASE の実験時のビーム制御に役立っている[3,4]。しかしながら、現在の加速器本体の制御系は 20 年以上前に作られたシステムであり、計算機に対する制御インターフェースを持っていない機器も多い。そのため、今回の制御系改造では、インターフェース追加または変更できるものは行い、それができないものは可能な限り更新し、なるべく多くの機器を計算機につなぎこむ事を目的としている。また制御系に計算機を導入することで加速器の立ち上げ、ビーム調整、ビーム維持の手順と手間を少なくし、少ない労力で加速器の維持管理ができるようにすることも、その目的に含まれている。

本研究では、この新たに導入される計算機制御システムの概略について報告する。

2. 新しい制御系の概要

新たな制御系の概略図を図 1 に示す。ここでは、Operator に対して User Interface となる複数台の PC（User Interface Layer）と制御対象機器を直接コントロールする Device Control Station (DCS) がネットワーク接続された分散型のシステムとなる。この制御システムの設計と製作は東芝が担当する。

User Interface Layer を構成する PC の中の 1 台は制御用の Server となり、他が Operator Console となる。DCS と呼ばれるユニットは、制御室、加速器室、クライストロン室に分散配置され、Device Control Layer を形成する。DCS は Programmable Logic Controller (PLC) とその IO ユニットにより構成される。PLC はプログラム内蔵方式でシーケンス制御を行う工業用電子装置であり、Factory Automation (FA) の分野では広く用いられている。最近では加速器制御の一部または全体に利用されることも多くなってきている。PLC は CAMAC や VME、VXI などの制御機器と比較して格段に安価であり、FA 分野で広範囲な利用状態

¹ E-mail: kato@sanken.osaka-u.ac.jp

からボード類の安定供給が見込まれ、長期にわたって保守部品を必要とする加速器の制御系では今後ますます重要な構成要素となると考えられる。電磁石電源やモータードライバーなどの Device Layer に属する制御機器は、PLC の IO ユニットに接続され、PLC を介して遠隔制御される。DCS で用いる PLC はこの制御システムの中心となる部分であり、これにどの機種を採用するかは今後この制御系の拡張性を左右する重要事項である。我々は制御対象となるライナックの規模と制御点数、処理速度、拡張性、プログラミングの容易さなどを考慮して、横河電機製の FA-M3 を採用することにした。

メインの DCS は制御室 (CNT-DCS) と加速器室 (LNC-DCS) にそれぞれ 1 台ずつ配置される。CNT-DCS は基準発振器 (OSC)、トリガー (TRIG)、モニター切替 (MONI)、装置系インターロック (DV-ILK) などを受け持ち、LNC-DCS は加速器周辺の偏向電磁石電源 (BM-PS)、Q 電磁石電源 (QM-PS)、ステアリングコイル電源 (ST-PS)、ヘルムホルツコイル電源 (HC-PS)、ビームプロファイルモニター (BPM)、RF 減衰器 (RF-AT)、RF 位相器 (RF-PS)、真空計等を担当する。今回更新されるクライストロン・モジュレータとサブハーモニックバンチャー用 RF 源は独立した PLC 盤 (KLY-DCS, SHB-DCS) をその制御装置として内蔵する。これら

を他の DCS から独立させたのは、クライストロン・モジュレータやサブハーモニックバンチャー用 RF 源は機器の調整や保守のために加速器本体とは独立に動作させることが想定されるためである。

制御室、加速器室、クライストロン室に分散配置される DCS は、ローカルエリアネットワークにより接続される。DCS 間を接続するネットワークには FL-net の使用を検討している。FL-net は製造科学技術センター (MSTC) が中心となり、主要制御機器メーカーが仕様策定に参加した次世代 FA 用標準ネットワークで、異なるメーカーの FL-net 対応製品同士の間で相互通信が可能となる。また FL-net は通信プロトコルとして UDP/IP を使用しているため、物理層として市販のイーサネット用の通信ケーブル・通信機器が使用可能となる。他方 PC 側が物理的に FL-net に接続するために必要とされるのはイーサネットボードのみであり、PC 上の標準的な開発環境である Visual C++ や Visual Basic で FL-net に対応するアプリケーションを開発するための DLL や OCX もすでに市販されており、容易に制御ネットワークが構築できる。

3 . 機器側インターフェース

L バンド電子ライナック自体は小規模な加速器で

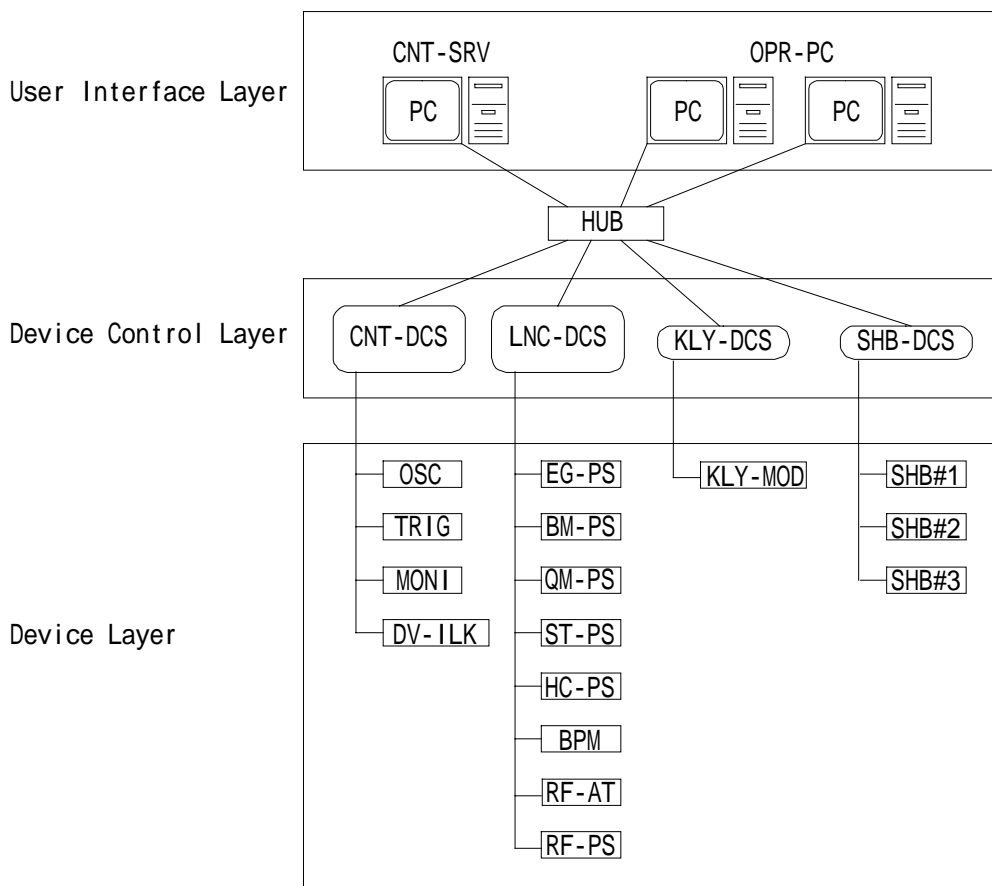


図 1 : 新しい制御システムの概略図

あるが、それでも偏向電磁石、Q 電磁石、ヘルムホルツコイル、ステアリングコイルなどを合わせると 50 台以上の電源を必要とする。これまで電源の出力電流制御は制御卓に設置されたヘリポットを用いて抵抗コントロールで行なわれてきた。今後は PLC と制御機器の間の配線数と I/O 点数を削減するために新たに更新する機器に関しては RS-485 等のシリアル接続を用いることとした。更新されない機種についてはとりあえず Analogue I/O を用いて接続し、順次シリアル接続に移行していく予定である。また、真空計やビデオモニターの切替器等もシリアルで接続することを検討している。

今回の更新でクライストロン・モジュレータ、サブハーモニックバンチャー用 RF 源は独立した PLC 盤を持ち、外部に対する制御インターフェースはイーサネット端子となる。これにより機器の制御は、インターロック用の専用配線を除いて、全てイーサネット経由で行なわれる。これは障害発生時の問題点の切り分けやメンテナンス、計算機からの制御のしやすさを格段に高めてくれると考えられる。

4 . まとめ

阪大産研の L バンド電子ライナックで新たに導入される計算機制御システムのハードウェアの概略について報告した。本システムは現在詳細設計に入っており、平成 14 年末に完成する予定である。また、今回の更新に含まれなかった安全系インターロックは、リレーロジックとマイコンボードを用いた構成になっているが、これも PLC を用いたシステムに更新することを検討している。

PLC はこれまで加速器分野で標準的に使われてきた CAMAC や VME、VXI などの制御機器と比較して格段に安価であり、さらに長期にわたる安定供給が見込めることから、これと PC、イーサネット機器を組み合わせたシステムは今後の小型加速器制御の基本的な構成となる可能性がある。

参考文献

- [1] G. Isoyama, R. Kato, Y. Honda, T. Yamamoto, Y. Yoshida, T. Kozawa, S. Suemine, S. Seki and S. Tagawa, "Remodeling of the L-band Linac at ISIR, Osaka University", Proceedings of the 27th Linear Accelerator Meeting in Japan, Kyoto, Aug. 7-9, 2002, 7P-1
- [2] T. Horii, S. Takeda, K. Tsumori, T. Yamamoto and N. Kimura, "Real-Time Data Logging System for the Osaka University Single Bunch Electron Linear Accelerator", Proceedings of the 6th Meeting on Linear Accelerator in Japan, Sapporo, July 27-29, 1981, pp.162-166.
- [3] T. Igo, R. Kato, S. Kondo, T. Okita, T. Konishi and G. Isoyama, "Development of a computer control system for the FEL at ISIR, Osaka Univ.", Proceedings of the 24th Linear Accelerator Meeting in Japan, Sapporo, July 7-9, 1999, pp.89-91.
- [4] T. Igo, R. Kato and G. Isoyama, "Improvement and Extension of the Computer Control System for the ISIR-FEL at Osaka University", Proceedings of the 25th Linear Accelerator Meeting in Japan, Himeji, July 12-14, 2000, pp.258-260.