

EXTENSION OF THE ISIR L-BAND LINAC CONTROL SYSTEM AT ISIR, OSAKA UNIVERSITY

Ryukou Kato^{1,A)}, Shigeru Kashiwagi^{A)}, Tamotsu Yamamoto^{A)}, Shoji Suemine^{A)}, Goro Isoyama^{A)}

^{A)} Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka, 567-0047

Abstract

In order to realize more easy-to-use and user-friendly control, we have integrated the new timing system, which has been developed and operated independently, into the control system of the L-band electron linac at the Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University. In this paper, the extension of the linac control system is outlined.

阪大産研Lバンドライナック制御系の拡張

1. はじめに

大阪大学産業科学研究所（以下、阪大産研）のLバンドライナックの制御システムでは、ユーザーインターフェースを簡素化し、ユーザーが自分でライナック運転と終了時のシャットダウンをできるようにしている。昨年4月、本制御システムとは独立に開発を進めてきたタイミングシステムが完成し、10月から共同利用を再開した。今回、これまで独立していたタイミングシステムを制御システムに統合し、さらに簡便なユーザー運転ができるよう制御システムを拡張したのでこれを報告する。

2. Lバンドライナックの制御系

2.1 ライナック改造後の制御系

阪大産研のLバンド電子ライナックは、2002年に加速器の安定化・高精度化を目指した改造が行われ[1,2]、クライストロン及びクライストロン用モジュレータ電源、サブハーモニックパンチャー(SHB)用RF源、冷却水装置などの機器更新とこれらを統括する計算機制御システムの導入が行われた[3]。この制御系では、制御機器への配線距離と配線数を減らして、今後のメンテナンスを容易にするために、部屋ごとにプログラマブル・ロジック・コントローラー（PLC）を配置して、機器をそれに接続し、PLC間はネットワークで接続することにした。これにはFA用に標準化されたFL-netと呼ばれる通信ネットワークを採用した。電磁石電源等も、省配線化のためにRS-485などのシリアル通信I/Oを持った機器への更新を進めた。

この制御系は、各ユーザーの実験条件に合わせた制御パラメータを運転ファイル化し、このファイルを加速器の運転開始時に読み込むことにより、加速器の専門家ではないユーザーが自分でライナックの立ち上げ、ビーム維持、シャットダウンができるように設計されている。またPC上の制御画面では複

数の機器への指令を少数のボタンに集約し、運転ファイルを選択した後は、特に細かな調整を行わない場合には、2つのボタンだけでライナックの運転ができるように運転手順を簡素化している。この制御システムの詳細設計とPLC盤の製作は東芝が担当し、現在順調に稼動している。

また、この制御系の導入と並行して、ライナックの安定化のために新しいタイミングシステムの開発を進めてきた[4,5]。このシステムは今回の改造の中でも開発要素が大きい箇所であったため、ライナックの試験運転は旧来のシステムで行い、それと並行して開発を行ってきた。しかし、旧システムに問題が生じたため、昨年4月以降は新しいタイミングシステムに完全に移行した。

2.2 タイミングシステムの概要

Lバンドライナックのタイミングシステムに求められるのは、加速器コンポーネントとビーム利用実験系への精度の高いトリガー信号およびリファレンスとなる安定な高周波信号を供給することである。新たなタイミングシステムでは、ルビジウムタイムベースを使用して安定な基準RF信号（1,300 MHz）を発生させ、その基準信号から分周器によりSHBシステムで必要とされる108 MHz、216 MHz、レーザーシステムで必要とされる81 MHz、そして両者の同期周波数である27 MHzを作り出している。ビームとRF（クライストロンモジュレータ）の繰り返しを決める基準タイミング信号は、分周信号の1つである27 MHzクロック信号と電源同期の60 Hz信号の同期をとることにより作り出される。この同期回路は、標準的なNIMモジュールを用いて構築されている。この60 Hz繰り返し信号と1,300 MHz基準RF信号間の同期精度は標準偏差で約5 psであった。実際の運転でビームとRFパルスの繰り返しは、2台のプリセットスケラを使って独立に上記の同期のとれた60 Hz信号より決められる。クライストロン電源やSHB用RF源へのトリガー信号は、同期信号を

¹ E-mail: kato@sanken.osaka-u.ac.jp

直接デジタルディレイ（DG535: Stanford Research System）を使い遅延時間を調整し分配される。

電子銃に送るトリガー信号とレーザーシステムや各利用実験に供給するトリガー信号は、InternalモードとExternalモードの2つのモードでの運転が可能である。Internalモードでは、加速器制御側で決めた60Hzの整数分の1の繰り返しで連続的に電子ビームとそれに同期した各トリガー信号を発生する。Externalモードでは、各利用実験側からEnable信号を加速器制御側へ供給し、ロジック回路（Phillips 756:Quad Majority Logic Unit）を用いることで、利用実験側から電子ビームのON/OFFや実験測定系とレーザー用トリガー信号の出力をそれぞれ独立にコントロールする事ができる。また、これらの電子銃トリガー信号、実験系およびレーザー用トリガー信号の時間遅延は、DG535 とロジックモジュールを組み合わせる事により、基準タイミングクロックである27 MHzの1周期（37 ns）間隔で高精度に調整する事ができる。これまでに、ミリ秒オーダーの大きな遅延をかけた場合でも、遅延時間無しの場合の同期精度（約5 ps）を維持できる事を確認した。

このシステムでは、市販のデジタルディレイとNIM規格のロジックモジュールを組み合わせる事で、高精度でかつ自由度が高いタイミングシステムを構築することができた。

2.3 タイミングシステムの制御機器

新しいタイミングシステムにおける制御機器は、基準RF信号（1,300 MHz）の主発振器、基準タイミング信号となる27 MHzを読み出すための周波数カウンタ、そして遅延時間調整のための3台のデジタルディレイユニットである。また、一部のデジタルディレイユニットは信号タイプをNIMとECLの間で切り替えることにより、トリガー信号のON/OFFスイッチとしての機能を持たせている。これらの制

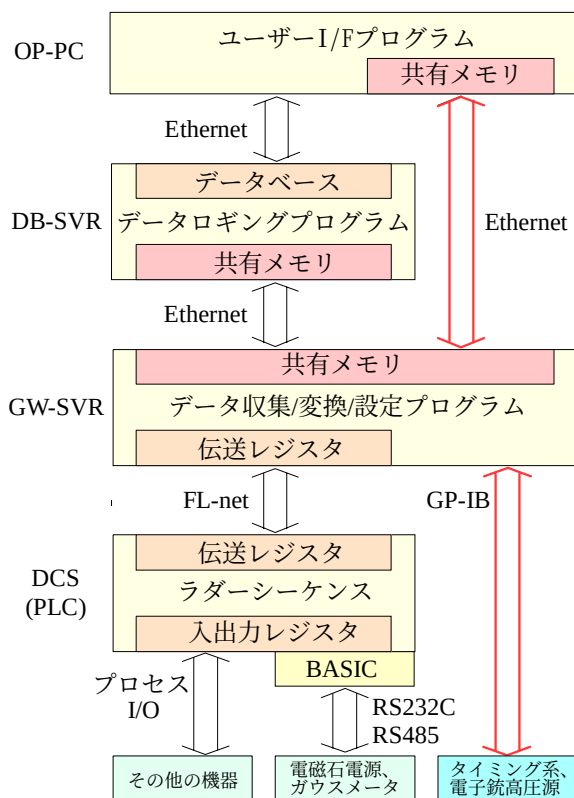


図1：Lバンドライナックの制御フロー。タイミングシステムの機器は従来からあった電子銃高圧源とともにGW-SVRにGPIB接続され、OP-PCからは共有メモリを経由して制御される。

御機器を表1に示す。

3．制御系の拡張

Lバンドライナックの制御フローを図1に示す。

表1：タイミングシステムの制御要素

制御機器名	制御名称	制御項目
主発振器 SMIQ04B	Master Frequency	RF周波数(1,300MHz)設定
周波数カウンタ SR620	Step Frequency	RF周波数(27MHz)モニター
デジタルディレイ DG535 #1	Beam Switch	ビームON/OFF切替
	Inject. Start Trigger	電子銃トリガー遅延設定
	Inject. Stop Trigger	電子銃パルス幅設定
	Experimental Trigger	実験系トリガー遅延設定
	Laser Start Trigger	レーザートリガー遅延設定
	1,300MHz Trigger	クライストロン入力RF遅延設定
デジタルディレイ DG535 #2	Modulator Trigger	モジュレータトリガー遅延設定
	SHB Trigger	SHBトリガー遅延設定
	Instrumental Synch.	機器同期トリガー遅延設定
	Operation Mode	動作モードInt/Ext切替
デジタルディレイ DG535 #3	Exp. Trigger Mode	実験系トリガーモードInt/Ext切替
	Laser Trigger Mode	レーザートリガーモードInt/Ext切替

加速器制御系ではほとんどの機器を直接コントロールしているPLCは、FL-net上の伝送レジスタを用いて情報を共有している。他方、オペレータPC (OP-PC) やデータベースサーバー(DB-SVR)ではEthernet上にUDP/IPプロトコルを用いた共有メモリを展開して情報をやり取りしている。これら2種類のネットワークの仲立ちをするのは、FL-net接続のための通信ボードを有する1台のPC (GW-SVR)である。現在、電子銃高圧源等のGPIB接続される機器は直接このGW-SVRに接続されている。今回の拡張では、GW-SVRにもう1枚GPIBインターフェースカードを増設して、タイミングシステム用の機器をこれに接続した。

ソフトウェア側で必要となった変更点は、以下のとおりである。

- 1) 共有メモリ上でのデータ領域拡張
- 2) GW-SVR用のプログラム拡張
- 3) OP-PC用の制御画面作成
- 4) 運転ファイルの拡張

これらの中で従来のシステムとの互換性が問題となるのは4)の運転ファイルの拡張である。すでに調整試験運転と共同利用運転合わせて1年間運転を行っており、その間に蓄積された運転ファイルは重要なデータとなっている。これを活かすために、拡張後のシステムでは、古い運転ファイルが読み込まれた場合に不足するタイミングシステムの設定データを、予め用意された別の初期ファイルから読み込み、保存時にはタイミングシステムのデータを含む新しい形式で保存することで、互換性を保つようにしている。また、3)のOP-PC用の制御画面は、オペレータが不要な混乱を招かないように、これまで制御系とは独立に運用してきた時の画面に似せて作成した(図2)。しかし、これは必ずしも利用者にとって直感的に理解しやすい画面ではないので、今後改良を加えていく予定である。

4. まとめ

阪大産研のLバンドライナックは、これまで独立していたタイミングシステムを制御システムに統合した。この拡張により、各ユーザーの実験条件に合わせてオペレータがタイミング系パラメータを変更する必要がなくなり、また運転ファイルの中にそのパラメータが記録されるため、さらに簡便な運転ができるようになった。

5. 謝辞

この制御系の拡張の詳細設計とプログラム開発は、(株)東芝 電力・社会システム社が担当されました。開発に携わられた方々に、この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- [1] G. Isoyama, et al., "Remodelling of the L-band Linac at ISIR, Osaka University", Proceedings of the 27th Linear Accelerator Meeting in Japan, Kyoto, Aug. 7-9, 2002, pp.115-117.
- [2] 加藤龍好、et al., "阪大産研Lバンドライナックの改造と性能評価", Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokai, Jul. 30 - Aug. 1, 2003, pp.51-53.
- [3] 加藤龍好、et al., "FL-net上に構築されたPLCベースの加速器制御システム", Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokai, Jul. 30 - Aug. 1, 2003, pp.461-463.
- [4] 柏木茂、et al., "阪大産研Lバンド電子ライナックのタイミングシステム", Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokai, Jul. 30 - Aug. 1, 2003, pp.458-460.

- [5] 柏木茂、et al., "阪大産研Lバンドライナックタイミングシステムとビーム安定性", Proceedings of the 1st Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabashi, Aug. 4 - 6, 2004, pp.558-560.

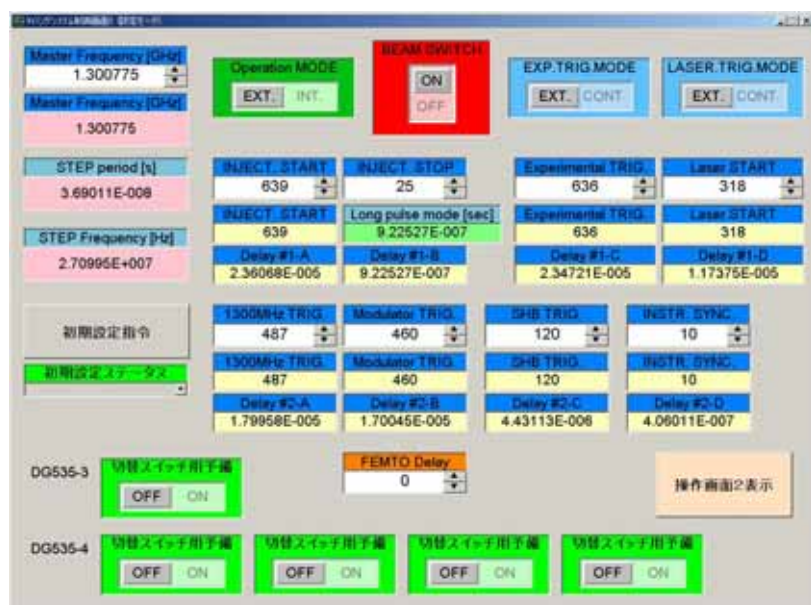


図2：制御プログラムに組み込まれたタイミングシステムの制御画面