

UPGRADE OF THE CONTROL SYSTEM FOR STEERING MAGNET POWER SUPPLIES AT SPRING-8 BOOSTER SYNCHROTRON

Souroku Ueda, Takemasa Masuda, Kenji Fukami, Tsuyoshi Aoki
Japan Synchrotron Radiation Research Institute
1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo 679-5198, Japan

Abstract

Fifteen years has passed since SPring-8 started user operation. A lot of control boards used in the control system were already discontinued. The NIO system used for control of the steering magnet power supplies at the booster synchrotron was one of such discontinued boards. We have replaced it with the OPT-VME system developed by SPring-8. The new slave board called OPT-RMT COMBOdao has been developed for this purpose. We have achieved synchronized pattern control of all the steering magnets with 10kHz timing clock that are used for pattern control for the bending, quadrupole and sextupole magnets. In this paper, we present the new control system from the viewpoint of both hardware and software.

SPring-8 ブースターシンクロトロン補正電磁石電源制御システムの更新

1. はじめに

SPring-8 ブースターシンクロトロンは周長 396 m のレーストラック型の加速器で、線型加速器で 1GeV まで加速された電子ビームを受け取って 8GeV まで加速し、蓄積リングへ向けて出射する。この入射・加速・取り出しを、通常 1Hz で繰り返される入射タイミング信号によって繰り返す。加速運転に関わる RF 空洞や電磁石などの機器をあらかじめ決められたパターンで駆動し制御を行うことで、この 1Hz の加速運転を実現している。特に高精度でのパターン制御が必要な RF 空洞、偏向電磁石、4 極電磁石、6 極電磁石については、10kHz の外部クロックを制御ボードに分配し、これに同期したパターンデータを出力することでパターン制御を行っている。

一方、全周で 80 台配置している補正電磁石のパターン制御は、制御ボード自身の 100Hz クロックを用いて行っている。制御ボードには日立造船製の NIO (Network I/O) ボードを使用していたが、このボードが 2007 年に製造中止になってしまった。1997 年の共用運転開始から既に 15 年が経過しており、制御システムの老朽化が数多く見られるようになってきている。NIO ボードのように使用している制御ボードが生産中止になってしまうことは最も頭の痛い問題の一つである。

我々はこの問題に対して、SPring-8 で開発を行い既に実機で数多く使用されている光伝送ボードをベースとした新システムへの移行を図ることにした。

2. 既存システム

NIO はマスター・スレーブ間を光ケーブルで接続する光リンクのリモート I/O システムで、VME ベースのマスターボードである NIO-C と、1 台の補正電磁石電源と信号を取り合うスレーブボード NIO-S から構成されていた。ブランチボード (NIO-

B) によるマルチドロップ接続が可能で、1 枚の NIO-C に 32 枚までの NIO-S を接続できる。表 1 に NIO-S の仕様を示す。

表 1 : NIO-S の主な仕様

ボードサイズ	3U シングルスロット幅ユーロカード
通信速度	2Mbps
アナログ入力	16bit×1 点、±10V レンジ 任意の時刻の 3 点をサンプリングし、 偏差異常検出に使用
アナログ出力	16bit×1 点、±10V/0~10V レンジ パターン出力は 100Hz 内部クロックに 同期。最大 20 の変化点を設定可能。
デジタル入力	8 ビット (プラスコモン一括)
デジタル出力	8 ビット (マイナスコモン一括)

ブースターシンクロトロン用の補正電磁石電源は、シンクロトロン電磁石電源室に 24 台、入射パルス電源室に 24 台、出射パルス電源室に 32 台設置されている (図 1)。各電源室には電源と同数の NIO-S が設置され、シンクロトロン電磁石電源室に設定した VME シャーシ内に 3 枚の NIO-C、4 枚の NIO-B を実装して、全 80 台の補正電磁石電源の制御を行っていた (図 2)。

パターン運転のための出力データは、NIO-C から各 NIO-S に対してあらかじめ変化点の座標データを与えておくことで NIO-S 側で作られた。変化点の間は直線で補完された。データ出力のためのクロックは NIO-S 上の 100Hz クロックを用いていて、10ms おきに値が更新される。パターン出力開始の合図となる 1Hz 入射タイミング信号は、NIO-B のハードウェアを用いて制御系とは別のライン (TOS-LINK) で各 NIO-S に配信されていた。

を使用して TTL 信号に変換し、RPN-1130(林栄精器製)を使用して各電源室に光ファイバで分配を行った。

加速器の運転中は中央制御室からでないシステムにログインできず設定等を確認できないため現場からシステムにログインしなくても設定値が確認可能とするために全面に LED を 20 個とロータリースイッチを設け、ロータリースイッチによって設定値および読み返し値を確認できるように設計した。

開発した OPT-RMT COMBOdao を制御するために、VME の OS である Solaris 用のデバイスドライバの整備も合わせて行った。

4. 試験

ボード及びデバイスドライバの完成後、まず SPring-8 テストスタンド内に実際の補正電磁石電源と試験用の磁石を使用した試験環境(図4)を構築し、単体での試験を行った。また比較のために既存の NIO システムでのデータの計測を行った(図5)。

COMBOdao ボードを使用し試験を行った結果は図6が示す通りとなり、実際の制御に関して問題がないことが確認出来た。その後、実機を使用して複数台の電磁石の制御の試験を行ったが、10kHz クロック 1 秒分のデータに相当する 10,000 のパターンデータの送信に予想以上の時間が掛かることが判明し、対策を講じることとなった。

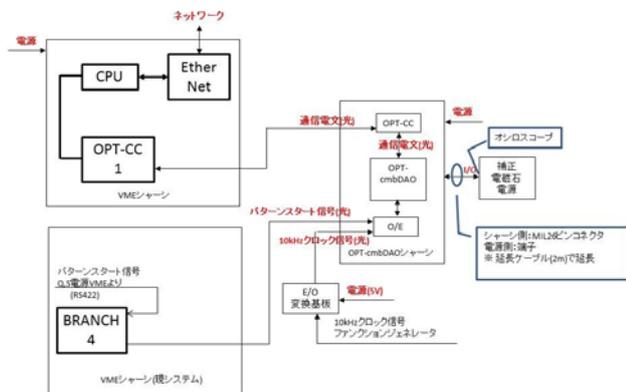


図4：テスト環境

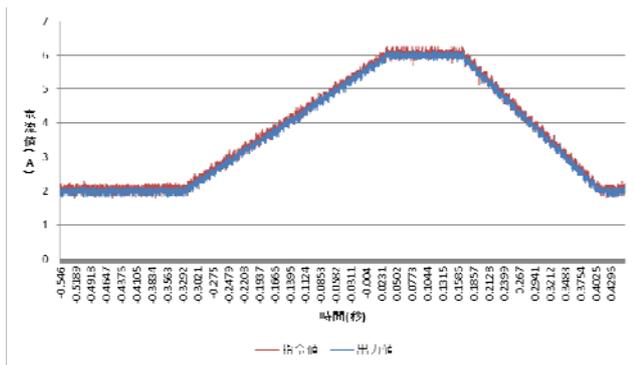


図5：NIOシステムの波形

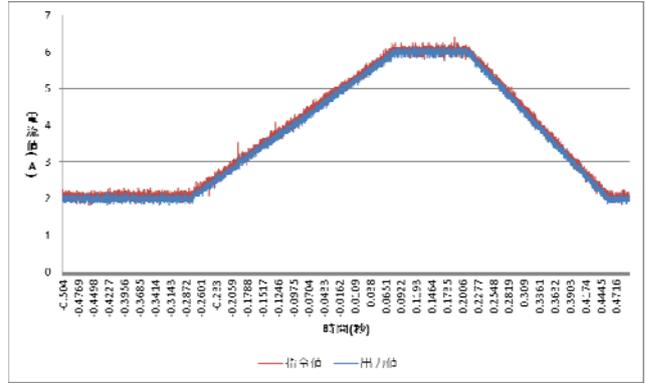


図6：新システムでのテスト結果

5. 高速化

試験を行った際に 10,000 ポイントのデータの送信に時間が掛かることが判明したため、調査を行った。データの送受信は VME シャーシに搭載される中継ボードである OPT-CC(HIMV-588:日立造船製)を経由し 3 ポイント単位でデータ送信しており、中継ボードからの応答を確認するために 3 回の delay() 関数が呼ばれていた。HZ は 100 に設定し確認していたため 1 回の delay() 関数で最短でも 15msec スリープすることになる。そのため 3 ポイントのデータ送信で 45msec スリープしていることになり 10,000 ポイントだと約 150sec となる。HZ を 1000で行った場合スリープは 15sec となるが 80 台へ同時にデータを送信することを考えると約 13 分かかることになる。そのため delay() 関数をビジーウェイトである drv_usecwait() 関数に置き換えることを検討した、結果 80 台へのデータ送信に約 2 分となったが、実際にはスリープしないビジーウェイトを使用したことにより CPU 負荷が増大し VME の応答が悪くなった。そのため CPU ボードをシングル CPU ボードの SVA041 (サンリツオートメーション製) からマルチコア CPU ボードの VP717 (Concurrent Technologies 社製) へ切り替えることにした。結果ビジーウェイトを使用しながらも応答性を高めることに成功した。また VME から 1 枚の OPT-CC から制御することを考えていたが、3 枚の OPT-CC で制御を行った方が時間短縮できるため 3 枚のボードで制御を行うこととし制御用プログラムを複数枚のボードを同時に制御可能とするためマルチタスク構成と変更した。

結果、当初約 2 時間かかる 80 台へのデータ送信を 32 秒まで短縮することに成功した。以上の高速化を考慮した結果 VME シャーシに 3 枚の OPT-CC ボードを追加し新システムでの構成は以下の通りとなった(図7)。

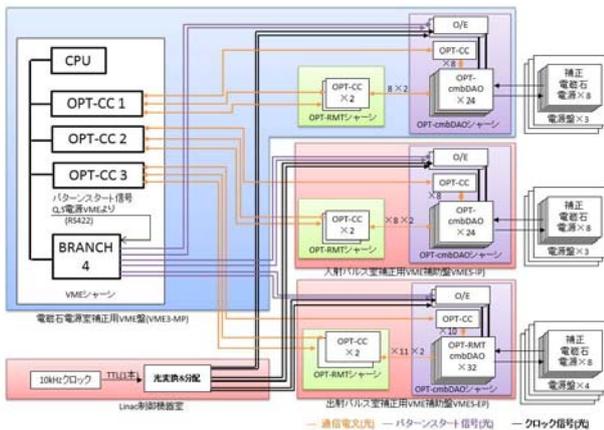


図 7：新システム構成

6. 更新作業

今回の更新で 10KHz のクロック信号用光ケーブル 6 本および制御用光ケーブルを 3 本の敷設、シャーシおよびボードを置き換えた。既存システムをなるべく再利用するために設計したためこの更新作業に関してかかった日数は約 3 週間程度と短く行うことができた。

SPring-8 で使用している制御フレームワークである MADOCA (Message and Database Oriented Control Architecture)[2] に組み込むための EM(Equipment Manager)用プログラムの作成を行なった、10,000 ポイントのパターンデータを送信するためのプログラムは変更する必要があったが、それ以外はプログラムのインターフェースを NIO システムと同様になるように設計したため呼び出す関数名を変える程度の変更で更新作業を行え、制御用 GUI の変更はなく更新後そのままテストおよび運用が可能であった。

7. まとめ

新システムは 2012 年 3 月から導入され、約半年間、安定して運用出来ている。また本システムはボードの状態の一部を VME の制御プログラムで保持し制御に利用しているため 2012 年夏期点検調整期間中にその部分の改修予定である。

8. 参考文献

- [1] T. Masuda et al., 「SPring-8 光リンクリモート I/O システム統合化に向けた光伝送ボードの開発」, Proc. of 7th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Higashi-Hiroshima, Japan, 2008, p.377.
- [2] R. Tanaka et al., “The first operation of control system at the SPring-8 storage ring”, Proc. of ICALEPCS'97, Beijing, China, 1997, p.1.