

DEVELOPMENT OF OPT-VME BOARDS TOWARDS THE UNIFICATION OF OPTICAL-LINKED REMOTE I/O SYSTEM AT SPRING-8

Takemasa Masuda^{1,A)}, Toru Fukui^{B)}, Togo Kudo^{A)}, Toru Ohata^{A)}, Ryotaro Tanaka^{A)}

^{A)} JASRI/SPring-8, 1-1-1 Kouto, Sayo, Hyogo, 679-5198

^{B)} RIKEN/SPring-8, 1-1-1 Kouto, Sayo, Hyogo, 679-5148

Abstract

SPring-8 control system employs a large number of optical-linked remote I/O boards for the purposes of noise immunity enhancement, concentration of input/output signals and so on. At present, we utilize four kinds of optical-linked remote I/O systems, NIO, MTC-UDC, RIO and OPT-VME, due to the different construction phases of the accelerators. NIO and MTC-UDC used in the booster are already unavailable because they are discontinued. Then we will replace them using OPT-VME system developed by SPring-8. We have developed two kinds of new OPT-VME boards. One is a substitute remote board of NIO for the booster steering magnet power supplies. By changing the FPGA logic, the new remote board will also work as a substitution of the RIO Type-A remote board for the storage-ring steering magnet power supplies. The other is a 1:11 multiplexer board to enhance channel density of the OPT-VME system. The multiplexer board can be also used as a 12 ports VME master board. The successful development shows the unification capability of the optical-linked remote I/O systems at SPring-8.

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

1. はじめに

SPring-8加速器制御系では、耐ノイズ性の向上、信号の集約等を目的として、多数の光リンクリモートI/Oシステムを使用している。3つの加速器（リナック、ブースターおよび蓄積リング）の建設時期の違いから、1998年の共用開始以来、以下に示す3つの異なる光リンクリモートI/Oシステムを用いている。これらは全てメーカー固有のシステムで、マスター・スレーブボード間の通信プロトコルも公開されておらず、相互運用は出来ない。

- NIOシステム（ニチゾウ電子制御製）：ブースターの補正電磁石電源制御に使用
- MTC-UDCシステム（住友重機製）：ブースター-蓄積リングビーム輸送系（SSBT）の電磁石電源制御に使用
- RIOシステム（三菱電機製）：蓄積リングの電磁石電源制御や真空系制御などに使用

上記に加えて、リナック制御系の更新時^[1]に新たにSPring-8で開発を行った光伝送ボード（OPT-VME）システム^[2]も使用している。従って、現時点では4種類の異なる光リンクリモートI/Oシステムが混在していることになる。

既に運転開始から10年以上が経過したこともあり、ブースターで使用しているNIOとMTC-UDCの2種類の光リンクリモートI/Oシステムについては、新規に購入出来ない状況になっている。高度化や保守の観点から、早急にこれらの代替システムを用意する必要がある。そこで、SPring-8で開発を行なったOPT-

VMEシステムをベースに、これらの置き換えを進めることとなった。その際、リモートI/Oシステムの統合化を目指して、RIOシステムの代替利用や置き換えも行えるように設計を進めることとした。

2. 光伝送ボードシステム

OPT-VMEシステムは、高速なデータ転送の実現のためにSPring-8で開発された光リンクリモートI/Oシステムである。マスターボード（OPT-VME）は、4ポートの光リンクを持つ1スロット幅のVMEボードで、独立にサイクリック転送を行う各々のポートには1枚のリモートボードのみ接続が可能である。通信速度は10Mbps、データ転送周期は50 μ 秒である。

SPring-8で開発を行ったため、通信プロトコルの仕様（OPT-Protocol 2006）が分かっていることが他の3つのシステム（NIO、MTC-UDC、RIO）との大きな違いである。このことが、OPT-VMEシステムをベースに光リンクリモートI/Oシステムの統合化を目指した大きな理由である。

3. 補正電磁石電源制御用光伝送リモートボードの開発

3.1 現システム

NIOシステムは、VMEバスインターフェースを持つコントローラボード（NIO-C）とブースター補正電磁石電源制御用のスレーブボード（NIO-S）から構

¹ E-mail: masuda@spring8.or.jp

成される。ブランチボードによるマルチドロップ接続が可能で、1枚のNIO-Cに最大で32枚のNIO-Sを接続出来る。NIO-Sの主な仕様を表1に示す。1枚のNIO-Sが1台の補正電磁石電源の制御を受け持つ。現在、合計80台の補正電磁石電源の制御を1台のVMEから行っている。

RIOシステムは、VMEバスインターフェースを持つマスターボード（RIO-M）と、6種類のスレーブボードから構成される。6ポートのブランチボードによるマルチドロップ接続が可能で、1枚のRIO-Mに最大で62枚のスレーブボードを接続可能である。このうち、蓄積リング全体で約800台ある補正電磁石電源の制御に使用しているスレーブボードがType-Aボードである。補正電源は、筐体内部にType-Aボードをそのまま差し込めるようになっている。表2にType-Aボードの主な仕様を示す。

表1：NIO-Sボードの主な仕様

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 100Hz内部クロックに同期 最大20点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）

表2：RIO Type-Aスレーブボードの主な仕様

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	1Mbps
アナログ入力	16bit×1点 ±10V/±1V/0~10V/0~1Vレンジ
アナログ出力	16bit×1点、±10V/0~10Vレンジ
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）

3.2 NIOスレーブ代替ボードの開発

NIO-S代替ボードの開発を行うにあたり、我々はNIO-SとRIO Type-Aボードの共通性に着目した。表1および2より、NIO-SとRIO Type-Aボードは、ボードサイズが同じで、かつ入出力信号の仕様も殆ど共通していることが分かる。主な違いは、RIO Type-Aボードが静的なアナログ出力を行うのに対し、NIO-Sがパターンスタート信号をトリガにしてパターン出力を行うことである。我々は、実装するFPGAに2つのボードの違いを吸収させることで、基板の共通化が図れると判断した。すなわち開発するNIO代替ボードのFPGAロジックを変更することでRIO Type-A代替ボードとしても利用出来るよう基板の設計を行った。

開発した光伝送ボードベースのNIO-S代替ボード（OPT-RMT COMBOdaoボード）を図1に示す。また主な仕様を表3に示す。NIO-Sの仕様に加えて、フロントパネルまたはリア入出力信号用コネクタに10kHzまでの外部クロック信号を入力できるようにし、また13Kワードまでの任意のパターンデータを

設定出来るようにした。これにより、ブースターの偏向電磁石電源、四極電磁石電源、六極電磁石電源と同様に10kHzの外部マスタークロックに同期して任意のパターン出力を行うことが可能となる。また、パターンメモリは2バンク用意して、パターン的高速切り替えが可能となるようにした。

製品寿命を考慮し、FPGAにはAltera社の最新デバイスであるCyclone IIIを採用している^[3]。



図1：開発したOPT-RMT COMBOdaoボード

表3：OPT-RMT COBMOdaoボードの主な仕様

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	10Mbps
アナログ入力	16bit×1点、±10Vまたは0~10Vレンジ（DSWによる切替） 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または0~10Vレンジ（DSWによる切替） パターン出力 内部クロック時：100Hz、外部クロック時：最大10kHz パターンデータ：13Kワードx2バンク
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）

3.3 RIO Type-A代替ボードの開発

OPT-RMT COMBOdaoボードの開発時に、RIO Type-A代替ボード（OPT-RMT COMBOminiボード）用のFPGAロジック開発も行った。前述の通り、OPT-RMT COMBOdaoボードのFPGAロジックのみを変更することで、RIO Type-Aボード同様の静的な入出力を行うボードとすることが可能となる。OPT-RMT COMBOminiボードは、リアの入出力信号用コネクタのピンアサインをType-Aボードと全く同一としてあるため、Type-Aボードと同じように蓄積リング補正電磁石電源にそのまま差し込むことが出来る。これによりOPT-RMT COMBOminiボードは、現在800枚ほど使用しているRIOシステムの中でも圧倒的多数を占めるType-Aボードの代替ボードとなりうる。

OPT-RMT COMBOminiボードは、他の光伝送スレーブボード同様、マスターボード側の状態に関係なく現在の出力値を保持し、かつ実際の出力値をマスター側から読み出せるよう設計されている。RIO Type-Aボードで問題となっていたVMEリブート後のホットスタートを容易に実現可能である。

4. 光伝送マルチプレクサボードの開発

3.1 開発の背景

前述の通り、OPT-VMEシステムは1つの光リンクポートに対して1枚のリモートボードの接続を基本としている。これによって、目的であった50 μ 秒の高速サイクリック転送を実現している。

一方で、1枚のOPT-VMEボードに接続出来るリモートボードは4枚であり、チャンネル実装密度が低いという課題もある。またNIOやRIOのようなマルチドロップ接続が出来ないため、必然的に配線量が増えてしまうという課題もある。補正電磁石電源などのように、高速制御性は必要ないが台数が非常に多い機器にとっては、現状のOPT-VMEシステムは必ずしも最適な解とは言えない。このような機器にとっては、データ転送の高速性を多少犠牲にしても、より多くの枚数のスレーブボードが接続できることが望まれる。そこでこれらの課題を解決するマルチプレクサボードを開発することになった。

3.2 マルチプレクサボードの開発

OPT-VMEシステムは1対1接続を基本とするプロトコルのため、マルチドロップ接続には対応出来ない。そこで、マスターボードとスレーブボードの間にセカンドコントローラとして機能するボードを挿入し、データを書き込むアドレスを切り替えることで、対応するリモートボードへのデータ転送を実現する手法をとった。

開発したマルチプレクサボード (OPT-CC) を図2に示す。2スロット幅で12個の接続ポートを持つ。そのうち1つはアップリンクポートであるので、1:11のマルチプレクサとして機能することになる。アップリンク側とダウンリンク側はそれぞれOPT-Protocol 2006に従って独立にサイクリック転送を行う。そのため、マスターボードからマルチプレクサボードを介してリモートボード側と通信する場合の転送時間はワーストケースで200 μ 秒となる。原理的にはOPT-CCを多段に接続することも可能であるが、ソフトウェアが複雑になるため1段のみの接続を許すことにしている。

OPT-CCはVMEバスインターフェースを持ち、ディップスイッチを切り替えることでマスターボードとしても機能する。その場合は12ポート全てがリンクポートとして使用可能である。OPT-CCを導入す

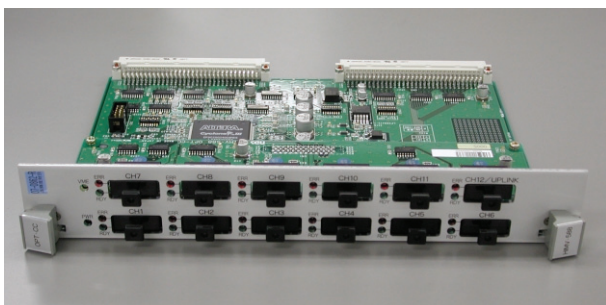


図2：開発したOPT-CCボード

ることで、最大132枚のリモートボードが接続可能となる。OPT-CCの導入で、OPT-VMEシステムで課題であったチャンネル密度の向上、省配線化が可能になったことになる。

OPT-RMT COMBOdaoボード同様、製品寿命を考慮してAltera社のCyclone IIIを使用している。

4. 応用

4.1 NIOシステムの置き換え

開発したOPT-CCボードとOPT-RMT COMBOdaoボードを用いて、NIOシステムを置き換える予定である。今後COMBOdaoボードを収納するカードラック等の設計を行い、2009年度中の置き換えを考えている。

4.2 SSBT電磁石電源制御系への適用

現在、2009年度中を目標にSSBT電磁石電源本体の置き換えを進めている。制御系については、MTC-UDCを廃し、OPT-VMEシステムベースで設計を行っている。OPT-CCをマスターボードおよびマルチプレクサボードとして使用する予定である。

4.3 8GEV XFEL電磁石電源制御系への適用

SPring-8サイト内に建設中のXFELプロジェクトにおいても、電磁石電源制御用にOPT-VMEシステムを用いるべく製作が進められている。チャンネル実装密度の向上や省配線のため、OPT-CCを使用する予定である。

5. まとめ

SPring-8で開発を行ったOPT-VMEシステムをベースにした光リンクリモートI/Oシステムの統一化を目指して、今回2種類のボードの製作を行った。1つは、NIOシステム置き換えのためのOPT-RMT COMBOdaoボードである。このボードは、FPGAロジックを変更することでRIO Type-Aボードの代替ボード (OPT-RMT COMBOminiボード) にもなり得るよう開発を行った。もう一つは、OPT-VMEシステムの課題であったチャンネル実装密度の向上と省配線を実現するOPT-CCボードである。OPT-RMT COMBOボードは、来年度に予定しているNIOシステムの置き換えに、OPT-CCボードはNIOシステムの置き換えを始めとしてXFEL制御システムにおいても利用される予定である。共にハードウェアの動作は良好で、現在ソフトウェアの開発を行っている状況である。

参考文献

- [1] T. Masuda, et al, "Upgrade of the SPring-8 Linac Control by Re-engineering the VME Systems for Maximizing Availability", Proc. Of ICALEPCS'03, Gyeongju, Korea, 2003
- [2] T.Fukui, et al. "Applications of Reconfigurable Logic Devices for Accelerator Controls", Proc. Of ICALEPCS'03, Gyeongju, Korea, 2003
- [3] <http://www.altera.co.jp/>