

STATUS OF CONTROL SYSTEM FOR J-PARC MR

Hidetoshi Nakagawa^{A)}, Jyun-ichi Odagiri^{A)}, Atsuyoshi Akiyama^{A)}, Tadahiko Katoh^{A)},
 Norihiko Kamikubota^{A)}, Kazuaki Niki^{A)}, Noboru Yamamoto^{A)}, Katsuhiko Mikawa^{A)},
 Guobao Shen^{B)}

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization
 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

^{B)} Japan Atomic Energy Agency
 2-4 Shirane Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1195

Abstract

In the design of the control of J-PARC MR, "the remote manipulation function is built in from the stage of the equipment design" was made to be the basic principle. VME computer (IOC) for the equipment operation sends the operation order to the electric power source equipment by Ethernet, when the operation indication is sent from human interface computer (OPI) for IOC. In J-PARC, the data is exchanged using the CA protocol of EPICS between OPI and IOC. Control test and program development of the electric power source equipment became possible without choosing the place using NotePC. In J-PARC MR, the power supply testing must be carried out in KEK Tsukuba campus, and this technique is effectively used. Network and timing system used for the operation are under preparation of the construction the present. In this report, the following are described under construction : Program development of accelerator equipment of be J-PARC MR and testing status and construction situation of the other equipment.

J-PARC MR部の制御装置開発の状況報告

1. はじめに

J-PASRCのMR部の制御は、制御対象をインテリジェント化し機器に対する通信による遠隔操作を行うことで、制御側と非制御側の独立性を高め、しかも、接続と保守を容易にする方法を採用した。この方法は、最終設置場所の完成が遅れた場合でも、制御プログラム群の開発を大きな支障はなく遂行できるという利点をもたらす。

計画段階では、東海ですべての開発や試験を行う予定であったのが、現在、機器の試験は主としてつくばキャンパスで行われており、EPICSを使った制御システムがつくばキャンパスで使われ、プログラムの検証もそこで行うことになる。様々な大型電源装置は全て制御グループで指定したイーサネットの通信に基づいて遠隔操作される様に製造されている。それゆえに、ノートPC一台で遠隔操作ができるようになる。制御の通信に関してはこの会議の別のセッションで詳しく報告される^[1]。ここでは、どのような所でどのように使われていて、制御の準備がどのように進められているかを示す。

また、制御のためにはタイミングやネットワークといったサポート技術が必要であるが、これらに関しても、建設の進捗状況を示す。

2. 電源装置の試験とEPICS

J-PARCのMR部の電源装置はワイヤーの接続で情報伝達をしたり操作指示を行う方法を採用しなかった。電源規模が大きくステータスも多く、接続線数が非常に多くなることが予測された。この困難を回避するために、装置側にインテリジェンスを持たせ内部の状況を情報としてネットワークを通じて伝えることで、接続作業を大幅に簡素化した。

電源の中に 100Base-TX のインターフェースを持つ PLC を入れ、制御側のVMEボードから操作を行

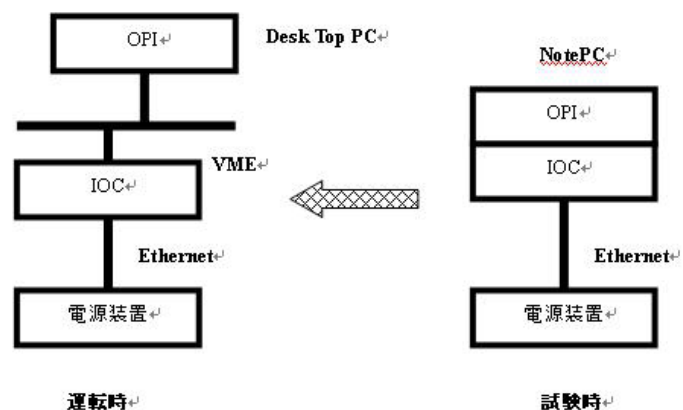


図 1: 機器と制御側との接続

うというのが、最終形態である。加速器の運転時には中央制御棟のヒューマンインターフェース(OPI)と、VMEボードで作られるIOC(入出力制御装置)が分離しネットワークで接続される。しかし、VMEボードの代わりにノートPCを接続することも容易である。MRの制御では Scientific LINUX を OS として利用する。そこで、電源試験現場が東海の加速器周辺のネットワークから隔離されている場合、OPIとIOCの両方の機能をノートPC一台の上に構築すると、現場でも電源装置の遠隔操作試験が容易にできる。



図 2: 速い取り出しのセプタムの電源試験

図 1 で示すようにノートPC側で試験したものを実用運転時に使用することも容易である。図 2 はつくばキャンパスにある実験室での速い取り出しセプタム電源の試験状況である。中央付近にあるノートPCで制御される。これと類似した状況がつくばキャンパスのあちこちで見られる。表 1 に大型電源装置などの機器の試験状況をまとめる。

この表 1 には主電磁石の電源が含まれていない。主電磁石の電源装置の一式には、それを統括し運転するためのワークステーション(WS)が D3 電源棟にある。LINUXで動かされていて、EPICSがその上で動いている。上記のノートPCと同じ位置づけに主電源の統括制御用 WS があり、この WS の表示

表 1: 制御対象機器の制御試験の状況

装置名	場所 (つくば)	状況
FX Kicker	RF 実験棟	試験中
FX Septum	富士実験室	試験中
入射Kicker	北実験室	近日中に再開
ステアリング	陽子LINAC棟	近日中に開始
振分け電磁石	AR実験棟	装置改良後
ビーム位置モニタ	D3 (東海)	引越し中
ビームロスモニタ	未定	検討中

に EPICS の機能が使われている。図 1 で示した考えの拡張で現場での OPI 機能を持ちながら、EPICSの IOC として機能することで、中央制御室からの遠隔操作をも可能にする。ただし、2 箇所以上からの制御干渉を避けるために操作者に対する制限をつける。

3. 制御用ネットワーク

MR は建物群がまだ完成していないので、ケーブルラックがなく光ケーブル網もない。当面、別の目的で張られた光ケーブルを借りて、中央制御室と D3 電源棟との間で通信回線を確保し、本格的ネットワークを構築する前の準備試験を行っている。光ケーブル長が約 2.5 Km でも全システムがギガビットイーサネットでは構築されている場合、600 Mbps 以上の転送速度を確保できることを確認した。

今年度末には本格的なネットワークの構築が可能になる予定で、そのときの接続図を図 3 に示す。この図の中で赤線でマークされている物をKEKが担当していて、今年度設置予定の箇所である。他の部分はすでに完成している。

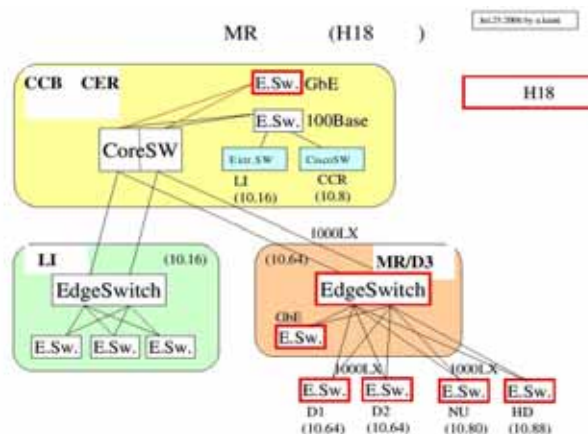


図 3: 制御ネットワークの完成予想図

主要コンポーネントを二重化しループ型の接続をしてリダンダント構成にし、現実的な範囲で信頼性を高める。

4. 機器の保護(異常対策)

何らかの機器に異常が起こったりビームを維持できなくなった場合には、加速器の装置の保護や放射化の回避のために、加速中のビームを指定された場所に捨てる必要がある。また、次のサイクルからは MR にビームを入射しないように施設全体の調整を行う必要もある。

このために、アバートと MPS がある。アバートは加速を中断しビームを投棄する機能で、MPS は

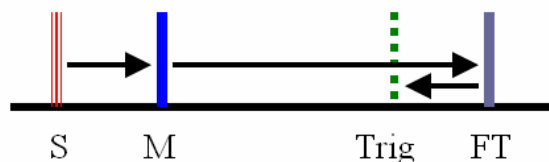
上流に異常を通知し、次の MR サイクルでの入射を抑制する機能である。アボートと MPS は共に機器異常、ビームロスの増大、RF でのビーム維持不能信号や、下流の実験エリアやトランスポートラインでの異常を示す信号を受け取る。入力信号は共通であり、論理回路も共通にする。出力は 2 本であるが、アボート発生すれば MPS も発報する。ただし、前の段の加速器である RCS からのトランスポートラインの異常時などの場合には、無理なアボートをせず取出しまで行った後で MPS 処理だけ行う。この様に、半分は独立にだが半分は関係を持って機能するために、一体化して構築する。

加速器の調整段階では更に変則的な状況も起こりうる。取出しまでビームを持って行かず、加速途中で積極的にビームを廃棄し、それでいて、次のサイクルでは加速を続ける様な場合である。この様な複雑な事態に対応できるように、運転モードとタイミングも取り込み、FPGA の様な大規模な論理素子で論理判断を行う。ハードウェアの更新をしないで、論理変更できるように構築する。ただし、通常は論理変更できないような、キーの様なメカニズムを付ける。

5. タイミング

タイミングの基礎になる値は MR の周期とその中の加速開始、加速終了、フラットトップ終了等であり、値は主電磁石の磁場パターンを作ったときに決定される。また、加速開始の前には RCS の動きに合わせた入射期間が存在する。

加速開始、加速終了、フラットトップ終了といった区切りとなるタイミングと入射中、加速中、取り出し中といった期間を表す概念とを組み合わせるようになる。判りやすくするために、区切りとなるタイミングからの相対値で運転上の時刻を表現し、計算機処理で現実のトリガ値に変換しタイミング発生用ディレー回路に値を設定する。たとえば、取り出し開始前 0.1 秒に取り出し機器を動かすというように、表現上の負のディレーも存在する。



S: タイミングシステムスタート
M: MR スタート(入射 45 ms 前)
FT: フラットトップスタート
Trig: 取り出し磁石のトリガ

図 4: ディレー値の概念

図 4 でタイミング信号の簡略化した概念を示す。S はタイミングシステムの開始であり、ディレーボードのリセットを行う。M は主リングのサイクルの開始であり、この 45ms 後にビームが MR に入射される。FT でフラットトップ開始(加速終了)を表す。取り出し機器はその 100ms 程度前から動かす始めるものもあり、Trig で示すタイミングでトリガ信号を発生することになる。遅い取り出しの電源のトリガは「FT-100ms」に相当する記述で済むようにする。

加速器の性能を最大限に発揮するために今でも様々な動作条件の見直しが行われていて、周期や加速時間が確定しているとはいえない。また、機器の増加や電源の動作検証のためのトリガが増えるなど、様々な値を確定するには至らない。様々な検討のうちの一例を表 2 に示す

表 2: 周期等の検討の一例

	標準パターン	Fast	Slow	
フラットベース	0.17		0.17	0.17
加速(スムージング):S	0.1		0.1	0.1
加速(リニア)	1.7		1.7	1.7
加速(スムージング):E	0.1		0.1	0.1
フラットトップ	0.7		0.1	3
減速(スムージング):S	0.22		0.22	0.22
減速(リニア)	0.6		0.6	0.6
減速(スムージング):E	0.05		0.05	0.05
周期	3.64		3.04	5.94

6. まとめ

運転開始まで 2 年をきった現在でも様々な問題点の検討が行われていて、様々な条件が確定しているとはいえない。また、電源装置の遠隔操作試験のところを示したように、最終形態での試験ができず、仮の方法で開発を行っているようなところもあるが、大雑把に言って、運転開始に合わせてほぼ予定に近いタイミングで作業が進んでいると言える。

一番大変な電源装置の制御に関しては、このシステムに合わせた制御プログラムの開発^[1]で試験の自由度が上がり、現地への設置から運転までの期間が短くとも十分に対応できると考えている。

当面、アボート系の設計に不確定要素が多く、困難が多いと考えている。ただ、この点に関しては、異存も多いのだが、自由度の多いシステムの開発で運転の初期段階を克服したいと考えている。

参考文献

- [1] J. Odagiri, et al., “ネットワーク・ベースのデバイスのための EPICS デバイス/ドライバ・サポート・モジュールの開発”, 第 3 回加速器学会年会(本学会)