DAQ ミドルウェアの開発と中性子実験への導入

安 芳次, 仲吉 一男, 千代 浩司

(高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所)

Development of DAQ-Middleware and the Application to Neutron Experiment

Yoshiji Yasu, Kazuo Nakayoshi and Hiroshi Sendai

Institute of Particle and Nuclear Studies, High Energy Accelerator Research Organization

ABSTRACT

The paper describes what the DAQ-Middleware is, first. Secondly, the application to Neutron Experiment will be shown. Finally, the commissioning will be summarized.

Keywords: *DAQ, Network-based DAQ, DAQ-Middleware, RT-Middleware*

1. DAQ-Middleware とは

DAQ-Middleware[1-5]は, ネットワーク型のデータ収集ソフトウェアで, 産業技術総合研究所が開発したオープンソースソフトウェア, 国際標準規格 RT-Middleware[6, 7]を利用して, 多数の計算機を組み合わせデータ収集を行うことができるフレームワークです.

なぜ RT-Middleware を利用しているのですか? とはよく聞かれる質問です. それは RT-Middleware がロボット共通基盤技術の確立のために開発されたフレームワークだからでしょう. この質問に答えることは同時に DAQ-Middleware の特徴をよく説明することでもあります. 高エネルギー実験や原子核実験の分野のデータ収集は, データ収集システムのスクラップ&ビルドを繰り返して来ました. その実験に即したデータ収集を開発する時, これまではライブラリレベルの再利用かシステムレベルの再利用を行ってきました. 前者の場合, 結局新たなシステムを構築することに成るし, 後者の場合, 効率を犠牲にせざるを得ません. システム構築の負担を減らし効率を最大限にまで近づけようという, コンポーネントレベルの再利用をめざすのが RT-Middleware であり, データ収集システムのスクラップ&ビルドを食い止めようという狙いを持つ DAQ-Middleware の最大の特徴でもあります.

2. DAQ-Middleware の詳細

Fig. 1 は, DAQ-Middleware の概念を示したものです. DAQ-Component は組み上げられたデータ収集システムの 1 つのソフトウェアの単位であり, DAQ-Operator は特別な DAQ-Component で他の DAQ-Components を制御します. System を構成す

Fig.1 Concept of DAQ-Middleware

る configuration データベースと装置パラメータの condition データベースでシステムを汎用化します. Web interface (XML/HTTP protocol) は外の世界との連携をはかります. また, ネットワークワイドの DAQ-Components を起動する仕組みも持っています.

Fig.2 Basic configuration of DAQ-Middleware

Fig. 2 は、DAQ-Middleware の基本構成を示しています。読み出し用モジュール (Readout modules) からデータを読み出す Gatherer コンポーネントは、Dispatcher コンポーネントを介してデータを記録する Logger コンポーネントと解析を行う Monitor コンポーネントにデータを送ります。この組み合わせを 1 つの DAQ Unit とし、DAQ Operator は複数の DAQ Unit を制御することができます。System configuration データベースと装置パラメータの condition データベースは XML で記述され、それぞれ、DAQ Operator およびコンポーネントに読み込まれます。コントロールを行う Web ブラウザは XML/HTTP プロトコルを介して DAQ Operator と会話しデータ収集の制御を司ります。

Fig. 3 に DAQ-Middleware の特徴を一覧します。すでに述べたように DAQ Unit を増やすことができ、それでスケラビリティを実現します。コンポーネント間の通信はネットワーク透過で、1 つの計算機で負荷が大きくなれば、システム構成のデータベースの変更だけで、複数の計算機にコンポーネントを分散化できます。機能単位にコンポーネント化されているため、データベースの変更だけで、コンポーネントの構成をフレキシブルに変えることが可能です。これらのコンポーネントは入出力が明確に定義され単機能に作られているため、構成のフレキシビリティだけでなく、再利用可能性を広げます。あるユーザの作成したコンポーネントが別のユーザのシステムの一部を構成するコンポーネントになることが可能です。

Fig.3 Features of DAQ-Middleware

3. 中性子実験へどのように適用されているか？

DAQ-Middleware を適用したことで、従来のデータ収集と何が変わったでしょうか？従来の、エレクトロニクス上のメモリーに TOF ヒストグラムとして記録する方式でしたが、中性子検出イベント毎に検出情報を記録するイベント方式となり、時間情報が新たに追加されました。従来の 1 つの計算機によるデータ収集から、複数の計算機を連携させたデータ収集が可能となりました。また、ヘリウム検出器と 2 次元シンチレータ用に読み出

し用コンポーネントをそれぞれ作成し、データ記録を共通化し、実験中のデータ可視化コンポーネントを別計算機で動作させることが可能などの特徴を有し、柔軟かつ統一的なデータ収集システムを構築できました。さらに、過渡現象測定など、イベント方式の利点を生かした新しい測定方法を実現できました。また読み出しには SiTCP[8] とよばれる TCP/IP を実装したハードウェアが使われている点も特徴の一つです。

Fig. 4 は、J-PARC/MLF における DAQ-Middleware の現在の状況を示すものです。現在 DAQ-Middleware で利用されている検出器は 3 種類ですが、それぞれに読み出しコンポーネントとモニタコンポーネントが用意されています。また、読み出しに依らない共通のコンポーネントとして、データ記録用の : Logger, DAQ Operator および Dispatcher が用意されています。従って、読み出し毎にシステムを構成する場合、共通のコンポーネントはそのまま利用が可能となっています。

Fig.4 DAQ-Middleware at MLF/J-PARC

4. DAQ-Middleware コミッショニングの経過

DAQ-Middleware コミッショニングは 2007 年 12 月 3 日、JAEA 東海ヘンデル棟 1 階会議室でのミーティングからスタートしました。実験の要請から来るデータレートの試算、運転仕様や各実験グループの DAQ 構成の洗い出しから始めました。構成メンバーは新材料、粉末、生物、チョッパー、全散乱を代表する実験グループの方々、KEK 中性子 DAQ グループの方々および DAQ-Middleware のコアメンバーからなりました。

2008 年春のファーストビームを迎えるにあたり、最初に行われる実験は BL20 : iMATERIA の実験のみでした。すでに述べたように DAQ-Middleware は実験に共通のソフトウェアと実験固有の読み出し／解析ソフトウェアから成ります。BL20 の実験は比較的多くの実験が使用するヘリウム検出器を利用した実験で、その意味で代表的な実験でした。また、データレートの試算や DAQ 構成の視点から、大規模な実験に相当します。この実験の成功はその後に続く多くの実験に希望を与えるものでした。DAQ-Middleware コミッショニングは、この実験をターゲット実験として全員で協力して成功させることを決め、BL20 DAQ コミッショニング実施計画・要領を作成しました。

具体的には、1 台の PC と 20 台の NEUNET と 1 台の VME クレートのセットを「フェーズ 1 ターゲット」システムとして 5 セット平行運転する DAQ-Middleware システムを構築しました。Fig. 5 は 2008 年 5 月 31 日のコミッショニングのスナップショットです。BL20 : iMATERIA の方々や DAQ-Middleware のコアメンバーの実施状況がわかります。

Fig.5 DAQ-Middleware commissioning

初ビームではソフトウェアやハードウェアのバグが多数見つかりましたが、関係者の協力でなんとかクリアして行きました。これらの経過は報告書にまとめられました。報告書は、エレクトロニクス、DAQ-Middleware、フレームワーク、BL20 オフライン解析からなります。

この報告書は、秋からの次の実験に生かされました。秋の実験は、BL01:4SEASONS, BL03:iBIX, BL19:TAKUMI, BL20:iMATERIA でした。4SEASONS はヘリウム検出器を利用する小規模実験を代表する実験で、iBIX と TAKUMI はシンチレータを利用する実験でした。iMATERIA は PC の数を 13 台に増やしていました。さらに TAKUMI は、フレームワーク (IROHA) を導入しました。前回と違い、秋の実験では各実験グループが独自に DAQ コミッショニング実施計画・要領を作成し、それに基づいて実施しました。ここでもハード/ソフトのバグが見つかり、つぶして行きました。

DAQ-Middleware コミッショニングは 2008 年 12 月 24 日まで実施され、合計 24 回のミーティングを開きました。約 1 年に渡るコミッショニングでした。

2009 年の春、BL21:NOVA によるコミッショニングが実施されました。2009 年 5 月 28 日、Fig. 6 はその時の time of flight のスナップショットです。条件 (試料: ダイヤモンド粉末, 真空槽: 大気圧, セル: TiZr セル, 検出器: 散乱角 90 度, 3 ピクセル分 (1 ピクセル=1cm x 1.25cm), 測定時間: 10 分程度, 加速器パワー: 約 17kW) のもとで、「問題なくすんなりと動作したよ」と報告を受

けた時は、感無量でした。やっとここまでたどり着けたという安堵感を感じることができた次第です。

Fig.6 Time of Flight at Nova

5. おわりに

DAQ-Middleware は MLF/J-PARC で多くの実験に使用されています。ここに至までに多くの方々のご協力とご支援があったからです。

DAQ-Middleware コミッショニンググループの皆様の献身的な努力がなければ現在はありません。そして DAQ-Middleware からの要求を快く実装してくださった RT-Middleware を開発された産業技術総合研究所の皆様へ感謝します。

DAQ-Middleware は高エネ機構/素核研の測定器開発室で生まれました。測定器開発室の方々のご協力に感謝します。最後になりますが、私たちが所属していた高エネ機構/素核研のエレクトロニクスシステムグループの皆様の支援に感謝します。

参考文献

- [1] Yasu Y, Inoue E, Nakayoshi K, Fujii H, Igarashi Y, Kodama H, Ando N, Kotoku T, Suehiro T, Hirano S, "Feasibility of data acquisition middleware based on robot technology, *CHEP2006 Macmillan Advanced Research Series* p458-461.
- [2] Nakayoshi K, Yasu Y, Inoue E, Sendai H, Tanaka M, Satoh S, Muto S, Kaneko N, Otomo T, Nakatani T, Uchida T, Development of a data acquisition sub-system using DAQ-Middleware, *Nucl. Instr. and Meth. A* 600 (2009) 173-175.
- [3] Yoshiji Yasu, Kazuo Nakayoshi, Hiroshi Sendai and Eiji Inoue, Functionality of DAQ-Middleware, *IEEE Trans.Nucl.Sci.* 57 (2010) 487-490.

- [4] Hiroshi Sendai, Kazuo Nakayoshi, Yoshiji Yasu and Eiji Inoue, Performance measurement of DAQ-Middleware, 2011 *J. Phys.: Conf. Ser.* 331 022039 doi:10.1088/1742-6596/331/2/022039.
- [5] DAQ-Middleware および Open-It ホームページ
<http://daqmw.kek.jp/>.
<http://openit.kek.jp/technologies/software>.
- [6] Ando N, Suehiro T, Kitagaki K, Kotoku T, Yoon W K, RT-Middleware: Distributed Component Middleware for RT (Robot Technology), 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2005), pp.3555-3560, 2005.08, Edmonton, Canada.
- [7] RT-Middleware ホームページ
<http://www.openrtm.org/openrtm/en/content/rt-middleware>.
- [8] Uchida T 2008 IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-55 1631-7.