

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400303

研究課題名(和文) DAQ-Middlewareの高度化

研究課題名(英文) Development of Enhanced DAQ-Middleware

研究代表者

千代 浩司 (Sendai, Hiroshi)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・前任技師

研究者番号：10391799

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：DAQ-MiddlewareはRobot Technology Middlewareをベースにした実験データ収集ソフトウェアフレームワークである。データ収集の基本的機能はすでに完成されていた。実験ではデータ収集機能の他に使用する機器のパラメータを設定、変更するなどの機器制御機能が要求される。そこでDAQ-Middlewareに機器制御機能を追加する開発を行った。

研究成果の概要(英文)：DAQ-Middleware is a software framework for a network-distributed data acquisition system (DAQ) that is based on the Robot Technology Middleware. The basic functionalities of a DAQ system are already prepared in the framework. Although the main role of a DAQ system is to gather and record data, the functionality of changing parameter values on modules is also required. We, therefore, developed the new DAQ-Middleware framework that has a general-purpose control functionality.

研究分野：データ収集

キーワード：データ収集システム

1. 研究開始当初の背景

我々は汎用のネットワーク分散データ収集ソフトウェアフレームワークである DAQ-Middleware の研究開発を行ってきた。実現には産業技術総合研究所で開発された世界標準ロボットソフトウェア技術を取り入れ、DAQ コンポーネントというソフトウェアコンポーネントを単位とする柔軟で拡張性の高いフレームワークを作り上げた。この手法によるデータ収集システムは成功しつつあった。実際、CANDLE 実験(岐阜県神岡地下実験室)でデータ収集システムとして使われていた他、大強度陽子加速器施設(J-PARC)ハドロン実験施設で行われる E16 実験(High P)での使用が予定されている。さらに J-PARC 物質・生命科学実験施設(MLF)中性子実験では、全 18 ビームライン中 14 ビームラインの多種多様な実験装置で使われており、DAQ-Middleware によるソフトウェアの再利用が有効に行われていた。また実験だけではなく、セットアップ・開発が容易であることから検出器テストシステムとしても利用されていた。たとえば J-PARC COMET 実験に利用される検出器センサーのテストシステムとして使われていた。

2. 研究の目的

近年ビームライン制御・モニターとターゲット・試料からの粒子・光検出器装置はひとつの計測制御装置として運用される必要が高まっている。それはビーム強度が高くなりサイエンスアウトプットが量子ビームのクオリティーに左右されるためであり、そのためビームのモニターはターゲット測定器の一部とされている所もある。残念ながらこれらの計測・制御を統一し、ひとつの計測制御装置として組み上げるためのツールが存在しないため、実験毎に別々に制作され運用されている。場合によっては市販ツールを利用し装置を構築しているため装置改良が思いどおりにできない現状もある。つまり現状では装置の運用、改良コストがかかるためだけでなく、新規アイデアを実行に移すために時間と費用がかかるため、人的資源で勝っている海外の研究者との国際競争に打ち勝つことはできない。

DAQ-Middleware の高度化を行うのが研究の目的である。高度化とは現在の DAQ-Middleware の制御機能を強化し外部機器の制御とデータ収集の同期化を可能にすることである。これにより「計測・制御シケンス」の自動化を実現することができる。原子核素粒子実験においてはビーム輸送系の制御を行いながら高品質なビームを使用し効率的でバックグラウンドの低い実験が可能になる。また他の加速器を使ったサイエンスでは非可逆過渡現象の測定やビームの

偏極等の性質を制御しながら試料を観測する実験を効率的に行う環境を提供することができる。

いままではデータ取得が中心であった DAQ-Middleware に機器制御機能を強化することが研究の目的である。これによりデータ収集と機器制御を同じフレームワークで行うことができるようになる。また計測システムの自動化も可能となり、加速器を使用したサイエンスへのさらなる貢献が可能である。

3. 研究の方法

DAQ-Middleware の構成図を図 1 に示す。

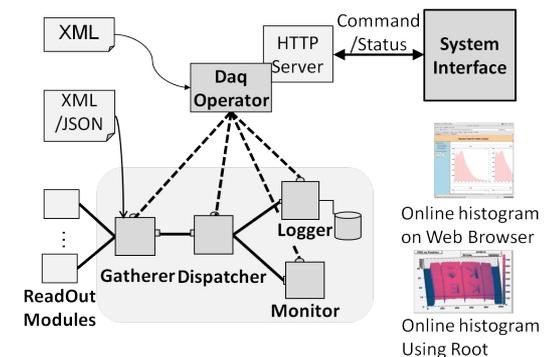


図 1 DAQ-Middleware 構成図

リードアウトモジュールからのデータを複数の DAQ コンポーネント(Gatherer, Dispatcher, Logger, Monitor 等)が協調してデータ収集を行う。リードアウトモジュールの違いは Gatherer (Reader) で吸収し、読み出しシステムの構成としては普遍的なフレームワークになっている。DAQ コンポーネントを統括するのが DaqOperator である。DaqOperator はシステムインターフェイスからの指示を受けて各 DAQ コンポーネントに「データ取得開始」(Start)、「データ取得終了」(Stop)、「ポーズ」(Pause)、「再開」(Resume)などの指示を出すようになっていく。

DaqOperator - システムインターフェイス間の通信仕様は DAQ-Middleware の仕様として策定している。これにより既存のシステムインターフェイスがある場合にはそれを利用することができる。現在は DAQ-Middleware ではシステムインターフェイスとして簡易な参照実装を提供している。

素粒子原子核実験分野で使用されている機器を広く調査し、必要になる機能をまとめる。その結果をもとに機器制御フレームワークを DAQ-Middleware に取り込むための設計を行う。実験データ取得の他に機器制御をも行うフレームワークとして考えなければならない事項としてたとえば各コンポーネントのステートがある。現在のステート、状態遷移を図 2 に示す。

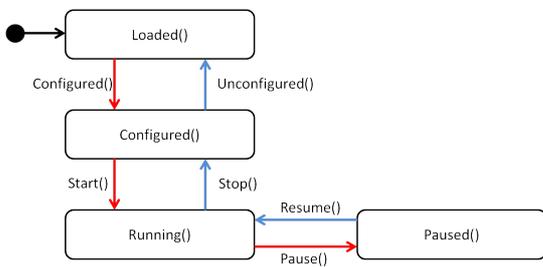


図 2 従来の状態遷移

このステート、状態遷移は実験データ収集のためには十分であることが実際に利用されている実験によりわかっているが、ラン中に機器制御を行うことができない等不十分なことが判明している。設計は高度なソフトウェア設計となるので、現在、情報工学を専門とし、また CERN LHC ATRAS 実験など素粒子原子核実験に参加している長坂と分担し設計を行う。その設計をもとに実装を行い、状態遷移にかかる時間などを計測し、評価を行う。

また機器制御を行う際に、各種パラメータを用意する必要がある。それを支援するための GUI も開発する。

4. 研究成果

まず状態遷移については図 3 のように改良することにした。従来のものに、Changed() 状態を追加し、それにいたる状態遷移関数を Change(), もどる関数を Reconfigured() とした。また Changed() 状態から Paused() に至る状態遷移を新設する設計とした。実験に必要な機器の設定プログラムは Changed() 状態遷移関数内で行うこととした。また設定する値は DaqOperator から機器制御コンポーネントへ送るといった設計にした。

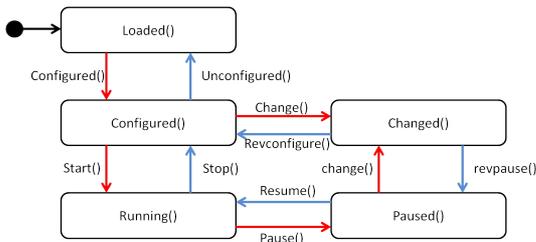


図 3 新状態遷移図

この設計に基づき、必要となるソースコードへの実装を行い、動作検証および性能測定を行った。動作検証に用いた DAQ コンポーネント構成例を図 4 に示す。図中、左側の機器制御用コンポーネントで実験機器の制御を

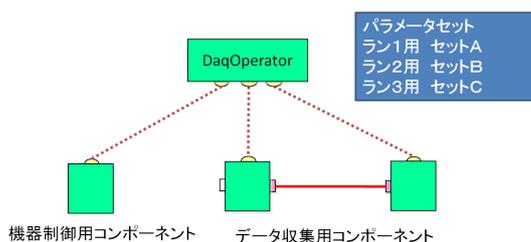


図 4 動作確認構成図

行えることが確認された。

状態、および状態遷移関数を増やしたことで従来のシステムと比べて性能劣化がないか検証するために図に示すように制御機器コンポーネント単体の状態遷移にかかる時間を計測した。

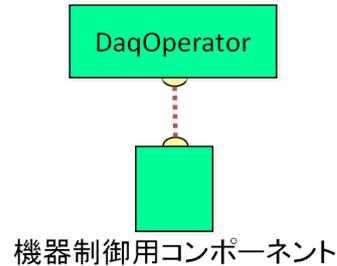


図 5 制御コンポーネント単体繊維時間計測

計測は Configured() 状態から Changed() 状態への遷移に要する時間、およびその逆の Changed() 状態から Configured() 状態への遷移に要する時間を計測することで行った。実際に計測してみると遷移時間にばらつきが発見されたが詳細に検討するとそれは CPU を正しく最速で動作させていなかったことからであることが判明した。最近の CPU はなにもジョブがないと節電のために C1, C2, C3, ... という節電モードに移行し、移行後ジョブが投入されると動作状態に復帰するのに時間を要し、この遅れがばらつきの原因となっていた。また今の CPU は動作周波数も負荷に応じ動的に変化し、さらに一定条件を満たすと定格以上の動作周波数で動作し (Turboboost 機能) あるときははやく動作するがあるときは定格周波数で動作することがあることがわかった。これらの影響をなくすために Turboboost 機能を無効化し、また節電モードへ移行しないように PC を設定して計測を行った。計測結果を下表に示す。結果は十分にはよいもので、従来のものに比べて性能劣化がないことが確認できた。また CPU の違いによる状態遷移時間の差は CPU クロック比と同一であり、状態遷移に要する時間差は CPU クロック以外の要因はないことが確認できた。

CPU	Configured() Changed()
Intel Core i7-6800K (3.4 GHz)	28 マイクロ秒
Intel Core i7-6800K (3.4 GHz)	49 マイクロ秒

CPU	Changed() Configured()
Intel Core i7-6800K (3.4 GHz)	27 マイクロ秒
Intel Core i7-6800K (3.4 GHz)	45 マイクロ秒

次の検証として図 6 のように複数の制御

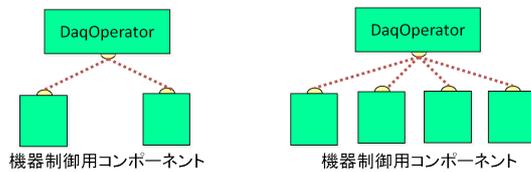


図 6 システム全体としての遷移時間の計測

機器コンポーネントを使い、コンポーネント単体ではなく、計測システム全体として状態遷移にかかる時間を計測した。結果を下表に示す。

機器制御コンポーネント数	Configured() Changed()
2	4 ミリ秒
4	17 ミリ秒

制御機器コンポーネント単体での時間に比べて大幅に時間がかかる結果だが、状態、状態遷移関数を追加する前からこの現象は知られており、時間がかかる原因はこの研究で行った状態、状態遷移関数の追加によるものではない。原因追究はこの研究期間内では時間の不足で遂行することができなかった。

機器制御を行うさいに、各種パラメータの入力支援 GUI の設計では GUI ツールキットとして Qt を選択した。これは配布ライセンス、利用可能な言語 (C++, Python など) を考慮した結果である。GUI ツールキット選択後、実装を行った。完成したプログラムのスクリーンキャプチャを図 7 に示す。

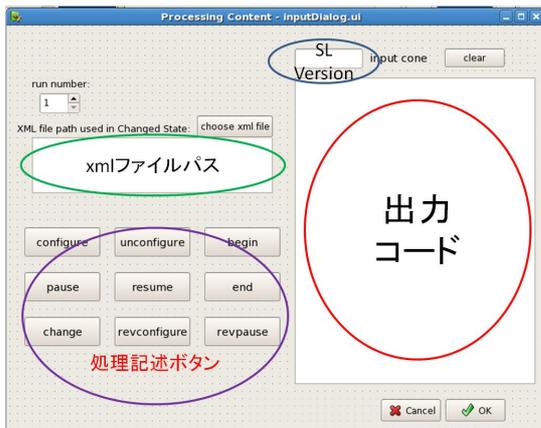


図 7 パラメータ入力支援 GUI

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 件)

[学会発表](計 8 件)

千代浩司、長坂康史、濱田英太郎他、
「DAQ-Middleware の機器制御機能の実装と性能」、日本物理学会、2017 年 3 月 18 日、大阪大学 (大阪府豊中市)

Y. Nagasaka, H. Sendai, E. Hamada et al., “A general-purpose control functionality of DAQ-Middleware”, 20th IEEE Real Time Conference, 2016 年 6 月 5 日 ~ 2016 年 6 月 10 日, Centro Congressi Padova (パドヴァ、イタリア) 千代浩司、長坂康史、濱田英太郎他、
「DAQ-Middleware への機器制御機能の実装」、日本物理学会、2016 年 3 月 19 日、東北学院大学 (宮城県仙台市) 堀裕貴、千代浩司、長坂康史、濱田英太郎他、「データ収集システムフレームワークにおける動的制御機器機構の性能評価」、第 17 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム、2015 年 11 月 21 日 ~ 2015 年 11 月 22 日、岡山大学 (岡山県岡山市) 堀裕貴、千代浩司、長坂康史、濱田英太郎他「動的機器制御機能を持つデータ収集システムフレームワークの提案」、科学技術フォーラム、2015 年 9 月 15 日 ~ 2015 年 9 月 17 日、愛媛大学 (愛媛県松山市) 千代浩司、長坂康史、濱田英太郎他「DAQ-Middleware の開発環境と適用事例」、日本物理学会、2015 年 3 月 22 日、早稲田大学 (東京都新宿区) 堀裕貴、長坂康史「RT-Middleware を用いたデータ収集フレームワークの開発」、IEEE SMC Hiroshima Chapter 若手研究会、2014 年 7 月 19 日、広島市立大学 (広島県広島市) Y. Nagasaka, H. Maeda, H. Hori, H. Sendai et al., “A General-purpose control functionality of DAQ-Middleware”, 19th Real-Time Conference, 2014 年 5 月 26 日 ~ 2014 年 5 月 30 日、奈良県新公会堂 (奈良県奈良市)

[図書](計 件)

[産業財産権]

出願状況 (計 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

取得状況 (計 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://daqmw.kek.jp/> DAQ-Middleware ホームページ

6．研究組織

(1)研究代表者

千代 浩司 (SENDAI, Hiroshi)

高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・前任技師

研究者番号：10391799

(2)研究分担者

長坂 康史 (NAGASAKA, Yasushi)

広島工業大学・情報学部・教授

研究者番号：20299655

(3)連携研究者

濱田英太郎 (HAMADA, Eitaro)

高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・准技師

研究者番号：70708479

(4)研究協力者

()