

高機能計測器 (Cross Domain Analyzer) の EPICS 制御システムへの導入 INTRODUCTION OF DEDICATED INSTRUMENT (CROSS DOMAIN ANALYZER) TO EPICS-BASED CONTROL SYSTEM

根本弘幸^{#, A)}, 外山毅^{B)}, 山本昇^{B)}, 山田秀衛^{B)}, 吉田奨^{C)}

Hiroyuki Nemoto^{#, A)}, Takeshi Toyama^{B)}, Noboru Yamamoto^{B)}, Shuei Yamada^{B)}, Susumu Yoshida^{C)}

^{A)} ACMOS INC

^{B)} J-PARC Center, KEK and JAEA

^{C)} Kanto Information Service (KIS)

Abstract

Cross Domain Analyzer (U3800 series) is dedicated instrument that can be vector spectrum signal measurements in 2channel RF input. We examine U3841 introduction for the high speed high precision tune measurement of the J-PARC MR ring. It was assuming use alone at first. However, remote control from the J-PARC MR control system was required. Therefore, the control software for the waveform data collection, and developed a GUI.

J-PARC MR control system has been developed using EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) toolkit. For remote control of U3841 by EPICS, we introduced StreamDevice, EPICS device support. GUI development were used EDM (Extensible Display Manager). This article gives detailed information of the EPICS application for U3841.

1. はじめに

Cross Domain Analyzer (U3800 シリーズ) は、2チャンネル RF 入力でのベクトル・スペクトル信号測定が可能な高機能計測器である。当初は単独使用によるローカルコントロールが前提とされていた。しかし、J-PARC MR 加速器制御システムからのリモートコントロール、及び取得した波形データの収集が必要とされた。

J-PARC MR 加速器制御システム^[1]は、EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) を採用して開発が行われている^[2]。そこで、EPICS での Cross Domain Analyzer 制御ソフトウェアおよび GUI 開発を行った。EPICS での Cross Domain Analyzer 制御を実現するため Device Support には StreamDevice を使用し、GUI 開発には EDM を使用した。本発表では、Cross Domain Analyzer 用 EPICS アプリケーションソフトの開発について報告する。

2. Cross Domain Analyzer

2.1 Cross Domain Analyzer 概要

Cross Domain Analyzer は Advantest 社製の高性能計測器であり (Figure 1)、2チャンネル RF 入力でのベクトル・スペクトル信号測定が可能である。

tune 測定はこれまで、Horizontal、Vertical に対し 1 台ずつ計 2 台のスペクトラムアナライザを用いて波形データを取得していた。しかし、今回導入された Cross Domain Analyzer (U3841) であれば Horizontal、Vertical の 2チャンネル RF 信号を、1 台で同時に測定し波形データを取得することが可能

である。測定では時間軸解析機能のうち IQ-Time 解析機能を使用する。その測定性能を Table 1 に記す。

Cross Domain Analyzer のリモートコントロールは GPIB、LAN、2つのインタフェースから実現可能である。今回は LAN リモートコントロールシステムを使用した。しかし、このシステムでは GPIB バス機能が制限されるため、サービスリクエストなど一部機能が使用できない。全ての GPIB バス機能が必要とされる場合は、GPIB インタフェースを使用する必要がある。



Figure 1: Cross Domain Analyzer (U3841).

Table 1: Vector Analysis of U3814

RF 入力 (2チャンネル)	N 型(f), 50Ω
測定帯域幅	100Hz~30MHz, 40MHz
サンプリングレート	500Hz (CBW 100Hz) ~ 65MHz (CBW 40MHz)
時間分解能	15.4ns (CBW 40MHz) ~ 2ms (CBW 100Hz)
キャプチャ時間	120ms (CBW 40MHz)~ 1000sec (CBW 100Hz)

[#]hiroyuki@post.j-parc.jp

2.2 IQ-Time 解析

IQ-Time 解析機能を使用することで I/Q 波形データを取得できる。そのデータを絶対値換算用スケールリングデータを用いて電圧値に換算することで、最終的な 2 チャンネル分の I データ、Q データを取得する。I/Q 波形データのデータ形式は Binary 32bit (4Bytes)、Endian 形式は Little Endian である。I データと Q データひとつずつの 1 Pair を 1 Sample として扱う。Sample 数が多い場合、2097152 Sample を上限にして分割送信される。全 Sample を取得するためには分割数に応じ、I/Q 波形データ取得コマンドを複数回実行する必要がある。

Sample 数は、Capture Bandwidth と Capture Time の組み合わせにより決定される。動作検証時の最大 Sample 数は Capture Bandwidth 100kHz、Capture Time 20sec の条件下で、7983437 Sample、4 分割、1 チャンネルあたりのデータサイズは約 200MB であった。ただし、I と Q は別データであるため、個別のデータサイズは 100MB となる。さらに Cross Domain Analyzer は 2 チャンネル測定が可能であり、一度の測定で最大 400MB 分のデータを取得した。

3. EPICS 制御アプリケーション

3.1 開発および実行環境

EPICS 制御アプリケーション開発環境を Table 2 に記す。IOC (Input Output controller : 入出力コントローラ) は、I/Q 波形データ処理時に十分なメモリリソースが要求されたため Table 3 に示す VME CPU を採用した。

本アプリケーションは、Cross Domain Analyzer の全コマンド実装を目的として開発したのではなく、IQ-Time 解析を行う上で必要となるコマンドのみ実装した。

Table 2: EPICS Base and Device Support

EPICS base	R3.14.12.3
asyn	4-21
StreamDevice	2-6

Table 3: IOC Spec

VME	V7865
CPU	Intel Core Duo 2.0 GHz
Memory	3 GB DDR2 SDRAM

3.2 StreamDevice

StreamDevice^[3]とは PSI で開発された EPICS のデバイスサポートである。

使用するためには、EPICS データベースファイルと protocol ファイルへの設定が必要である。EPICS データベースでは DTYP、INP、OUT 各 field への設定。protocol ファイルでは EPICS データベースファ

イルで設定を行った EPICS レコードに対し、個別に動作設定を行う。また、デバイスとの非同期通信を行うためには EPICS デバイスサポートである asynDriver^[4]が必要となる。

3.3 EPICS データベース

Cross Domain Analyzer は、外部トリガ信号と同期して 2 チャンネル同時掃引が可能である。また、掃引終了後に OSR (スタンダードオペレーションレジスタ) のビットが立つ。これらの機能を利用することで掃引終了後、EPICS データベースでの I/Q 波形データ処理を自動で開始することが可能である。外部トリガ信号検知から、I/Q 波形データ処理までの順序を Figure 2 に記す。

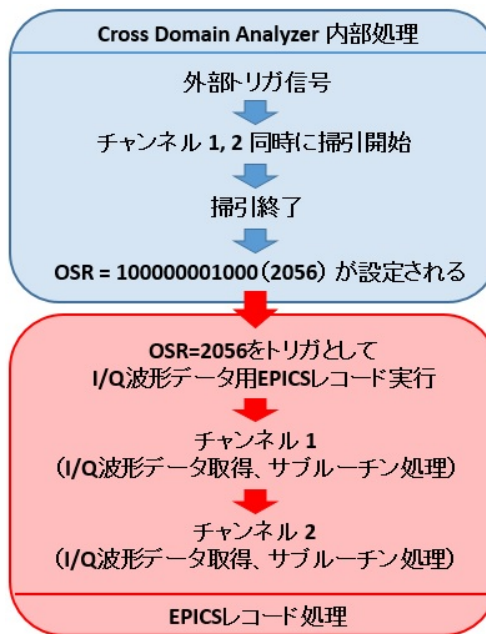


Figure 2: Flow of data processing.

IQ-Time 解析により生成される I/Q 波形データは、I データと Q データが個別にまとまって存在するのではなく、I・Q・I・Q・I・Q... と交互に並んだデータの羅列である。また、2097152 Sample を超えた場合は複数のデータ集合に分割される。これらのデータを個別の I データ、Q データに整理統合するためにはプログラム処理が必要である。そこで、サブルーチンレコードで全ての I/Q 波形データを読み込み、C プログラムでのデータ処理を経て、I データ列と Q データ列へと整理し、EPICS レコードにデータを渡すことにした。これにより、I データと Q データを個別に呼び出すことが可能になった。

各 I データ、Q データは、C プログラム処理時に絶対値換算用スケールリングデータを積算し電圧値に変換している。

Cross Domain Analyzer は様々な設定条件での測定が可能である。しかし、設定変更の度に本体操作を行うのは煩雑である。そこで、Quick Save/Recall 機能を利用した。この機能は 10 個まで設定条件を記憶し呼び出すことができる。これにより設定変更が容易になった。

4. GUI

4.1 GUI 概要

EPICS の GUI 開発ツールである EDM (Extensible Display Manager) を使用した。

状態表示画面と詳細設定画面に分けて作成した。これは、設定項目の増加により一画面に収めると視認性が低下する。詳細設定画面をディスプレイ上に常時表示することによる不用意な設定変更を防止するためである。

これらの画面はトップ画面からそれぞれ呼び出すことができる。詳細設定画面を呼び出す際は警告画面を表示し、安易に操作を行わないよう注意を促している。

4.2 状態監視画面

状態表示 (Figure 3)、Trace グラフ (Figure 4) の 2 画面を作成した。

Figure 1 は測定中に確認が必要となる IQ-Time 解析コマンドと Spectrum 解析コマンドの状態を表示する。画面右上に配置した本体状態表示では、5 つの状態を表示する。データ取得可能、Preset による本体設定変更中、チャンネル 1 データ処理中、チャンネル 2 データ処理中、Sample 数が想定以上に達し一部処理不可、である。これにより本体状態とデータ処理状態を把握可能にした。

右側中段には、取得した I/Q 波形データの総 Sample 数、データ分割数、サンプリング周波数、絶対値換算用スケーリングデータを 2 チャンネル分表示する。

Figure 2 は Trace 機能を用いた 1000 Sample グラフを表示し、データ更新を確認できるようにした。表示されるのは 2 チャンネル分の I 成分、Q 成分、I/Q 成分を重ねた表示の 6 グラフである。

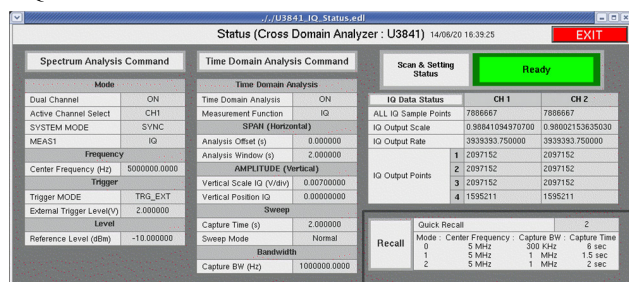


Figure 3: Status window.

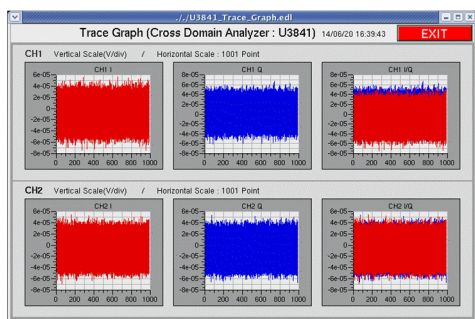


Figure 4: Trace Graph.

4.3 詳細設定画面

IQ-Time 解析 (Figure 5)、Spectrum 解析と GPIB レジスタ及びコマンド (Figure 6)、Trace 機能 (Figure 7)、Preset 機能 (Figure 8) の 4 画面を作成した。

Figure 5 は IQ-Time 解析コマンドの設定と状態表示を行う。Figure 6 は今回の測定で使用する Spectrum 解析コマンドと GPIB コマンドの設定と状態表示及びレジスタ表示を行う。Figure 7 は Trace 機能設定コマンドと状態表示を行う。Figure 8 は Preset 機能の実行、Quick Save/Recall 機能の設定と呼び出しを行う。

各コマンドの設定変更は、値の入力、ボタン押下、プルダウンメニューからの選択によって行う。

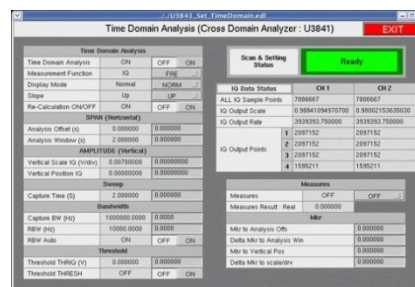


Figure 5: Setting window for Time domain analysis.

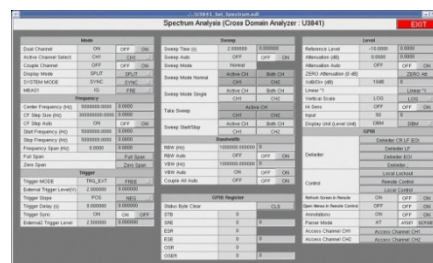


Figure 6: Setting window for Spectrum and GPIB.

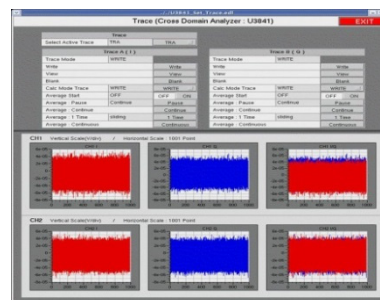


Figure 7: Setting window for Trace.

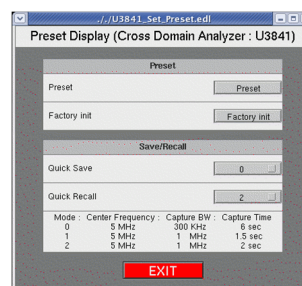


Figure 8: Setting window for Preset.

5. まとめ

今回開発した EPICS アプリケーションにより、Cross Domain Analyzer の遠隔リモートコントロールが実現した。

StreamDevice を用いた開発を行う事により、機器専用のデバイスサポートを作成する場合に比べ、GPIB コマンドによる制御が容易に実現できた。

今後は、従来システムと並行して加速器運転時に測定を繰り返し行い、取得する I/Q 波形データを比較検討することで、データの正確性を検証する必要がある。

担当者以外は GUI 操作を行えないようにするため、アクセスコントロールなどユーザ認証の実装を検討する必要がある。

参考文献

- [1] N.Kamikubota, et al., “J-PARC Control toward Future Reliable Operation”, Proceedings of the ICALEPCS 2011, Grenoble, France Oct.2011 p.378.
- [2] EPICS web site “<http://www.aps.anl.gov/epics/>”
- [3] StreamDevice web site
“<http://epics.web.psi.ch/software/streamdevice/>”
- [4] asyn web site
“<http://www.aps.anl.gov/epics/modules/soft/asyn/>”