

PF-AR 加速器における Archiver Appliance の導入 DEPLOYMENT OF ARCHIVER APPLIANCE AT PF-AR ACCELERATOR

中村卓也 ^{*A)}、帯名崇 ^{B)}

Takuya Nakamura ^{*A)}, Takashi Obina ^{B)}

^{A)}Mitsubishi Electric System and Service Co., Ltd.

^{B)}High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

Abstract

The PF-AR accelerator has used a CSS based archive system since 2011 to store archive data of accelerator operations. However, while operating CSS based Archiver for several years, several issues were identified. 1) Archive data became too large. 2) The reading speed of long-term data retrieval has become slower. To solve these problems, we considered the deployment of Archiver Appliance, a new archive system. In this paper, we report the deployment of Archiver Appliance at PF-AR Accelerator.

1. はじめに

高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の PF-AR 加速器の制御システムは、分散制御システムの Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS) [1] を用いて構築されている。また PF-AR 加速器では、EPICS による加速器制御のツールの一つとして Control System Studio (CSS) [2] を利用している。CSS には、GUI ツール、アラームシステム、アーカイブシステムなどの、加速器の制御で利用されるツール類が用意されている。PF-AR 加速器では、2011 年に CSS による制御システムの運用を開始し [3]、アーカイブシステムである CSS Archiver の運用も開始した。しかし CSS Archiver を運用するうちに、アーカイブデータの容量の肥大化や、長期間のアーカイブデータの取得に時間がかかるといった問題点が明らかになってきた。これらの問題点に対処するため、新たなアーカイブシステムである Archiver Appliance の導入を検討し、2019 年 4 月から試験運用を開始した。本件では、PF-AR 加速器における Archiver Appliance の導入について報告する。

2. CSS ARCHIVER

2.1 CSS Archiver の概要

PF-AR 加速器では、2011 年から CSS を用いた制御システムの運用を開始し、アーカイブシステムである CSS Archiver の運用も開始した。CSS Archiver によるアーカイブシステムは、Archive Engine と呼ばれる EPICS のデータを収集するソフトウェアと、収集したデータを保存するリレーショナルデータベース管理システム (RDBMS) とで構成されている。Archive Engine は、EPICS のレコードと接続してデータを収集し、そのデータを RDBMS へと保存する。収集したデータを保存する RDBMS には、Oracle、MySQL、PostgreSQL が選択可能であるが、PF-AR では制御グループで運用実績のある PostgreSQL [4] を採用した。収集したデータの読み出しには、CSS のツールとして用意されている Data Browser を使用することができる。また KEK では、Web ブラウ

ザを用いて収集データを読み出す Web アプリケーションも用意されている [5]。CSS Archiver のソフトウェアの構成を Fig. 1 に示す。

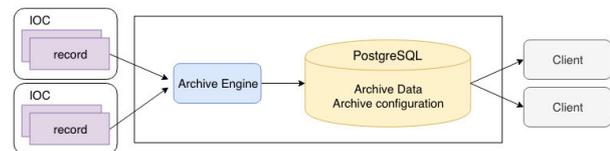


Figure 1: Software structure of CSS Archiver.

2011 年の CSS Archiver の導入時には、CSS 3.0.0 のバージョンの Archive Engine と、PostgreSQL 9.0.4 を使用してアーカイブシステムを構築した。その後、2018 年にアーカイブシステムの更新を行い、運用する計算機の更新と各ソフトウェアのバージョンアップを実施し、現在は CSS 4.4.1 の Archive Engine と、PostgreSQL 10.3 にて運用している。現在の CSS Archiver の運用環境を Table 1 に示す。

Table 1: Specification of Server for CSS Archiver

CPU	Intel Xeon CPU E5-2620 v4 2.10GHz (x2)
Memory	64 GB
Storage	27 TB
OS	CentOS 7.4
CSS Archiver	4.4.1
PostgreSQL	10.3
Java	OpenJDK 1.8.0_161

2.2 CSS Archiver の問題点

CSS Archiver を運用するうちに、以下のような問題点が明らかになってきた。

- アーカイブデータ容量の肥大化
- 低速なアーカイブデータの読み出し速度

アーカイブデータの容量の肥大化については、運用を続ける際にしばしば問題となってきた。これまでの運

* nakataku@post.kek.jp

用でも、RDBMS を運用するストレージの容量が逼迫する度に、容量の大きなストレージを持つ別の計算機へと RDBMS の移行を行ってきた。なお、2011 年から 2019 年までの 8 年間の運用で、アーカイブデータの容量は約 10 TB に達している。

また、低速なアーカイブデータの読み出し速度の問題についても、直近の数時間のデータであれば数秒から数十秒程度で読み出すことができるが、一週間や一ヶ月といった長期間のデータを読み出す際には、完了までに数分から数十分程度かかる状況であり、運用の上で満足できる読み出し性能ではなかった。

3. ARCHIVER APPLIANCE

3.1 Archiver Appliance の概要

Archiver Appliance は、2015 年に登場した、EPICS の新しいアーカイブシステムである。Archiver Appliance の特色として、以下の点が挙げられる。

- 高速なアーカイブデータの読み出し性能
- Web ブラウザによるアーカイブシステムの管理
- PV 毎の個別の設定が可能な柔軟な管理方式
- 3 階層のデータ格納領域の構成
- クラスタ構成によるシステムの拡張性

近年では、J-PARC の Main Ring にて、Archiver Appliance によるアーカイブシステムの運用が開始されている [6]。また KEK の SuperKEKB や LINAC においても、Archiver Appliance の導入が開始されている [7, 8]。

3.2 Archiver Appliance のソフトウェア構成

Archiver Appliance は Tomcat [9] を用いた Java Servlet であり、Engine、ETL (Extract/Transform/Load)、Data Retrieval、Management という、役割に応じた 4 種類の Java Servlet が用意されている。Engine は EPICS のレコードと接続してデータを収集し、収集したデータを Google 社が開発した Protocol Buffers 形式のバイナリファイルとして保存する。ETL は期間ごとに区別した 3 階層のデータ格納領域に保存されているアーカイブデータの管理を行う。Data Retrieval はクライアントからの要求に応じてアーカイブデータの読み出しを行い、その結果をクライアントへと返答する。なお、Data Retrieval とクライアントとの通信プロトコルには HTTP が使用される。Management は Archiver Appliance の全ての Java Servlet を管理し、管理用の Web サービスの提供も行う。

収集対象となる各レコードのアーカイブの設定は、RDBMS である MySQL [10] に保存する。CSS Archiver での RDBMS の使用方法とは異なり、MySQL にはアーカイブの設定情報だけが保存される。Archiver Appliance のソフトウェアの構成を Fig. 2 に示す。また、今回 PF-AR 加速器用に構築した Archiver Appliance の運用環境を Table 2 に示す。

3.3 3 階層のデータ格納領域

Archiver Appliance ではアーカイブデータを期間ごとに区別して保存し、STS (Short Term Store)、MTS (Medium Term Store)、LTS (Long Term Store) という 3 階層のデータ格納領域を定義している。Engine によ

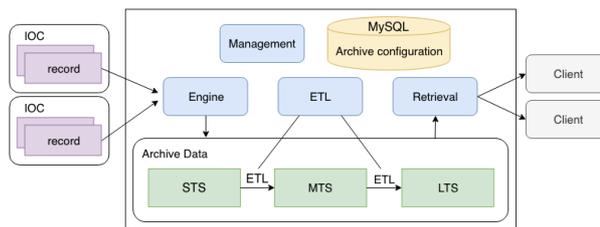


Figure 2: Software structure of Archiver Appliance.

Table 2: Specification of Server for Archiver Appliance

CPU	Intel Core i5-8400 CPU 2.80 GHz (x6)
Memory	64 GB
Storage (HDD)	3 TB (SATA)
Storage (SSD)	500 GB (NVMe)
OS	CentOS 7.4
Archiver Appliance	Fall 2018 Release
Tomcat	8.5.39
MySQL	5.7.25
Java	OpenJDK 1.8.0_201

て収集された最新のアーカイブデータは STS の領域に保存され、その後は設定した期間に応じて MTS、LTS へとデータを移動する。PF-AR 加速器では、STS には 1 ヶ月分のデータ、MTS には 3 ヶ月分のデータ、LTS には 1 年分のデータを保存するよう設定している。また物理的な構成としては、データの読み出し頻度が高い直近のデータを保存する STS の領域には、読み出し速度の高速な SSD を指定し、MTS と LTS の領域には HDD を指定している。

なお、ETL によるデータの移動時に、データを削減する処理を行うことができる。例えば STS や MTS には全データを保存しておき、長期間のデータを保存する LTS に移る際にデータを削減し、ディスクの使用量を抑えるといった運用を行うこともできる。

3.4 Web ブラウザによるアーカイブシステムの管理

Archiver Appliance では、Web ブラウザによるアーカイブシステムの管理を行うことができる。Web ブラウザからレコード毎のアーカイブの設定を管理することが可能で、アーカイブするレコードの追加や削除、アーカイブのパラメータの変更、アーカイブの休止や再開といった処理を、アーカイブシステムを停止することなく行うことができる。また、アーカイブシステムの統計情報や、Java Servlet のメモリの使用状況、ストレージの使用率などの情報も確認することができる。

その他にも、CSS Archiver や昔のアーカイブシステムである Channel Archiver で使用していた、アーカイブのパラメータを記述した XML ファイルを読み込む機能も備えている。CSS Archiver や Channel Archiver から Archiver Appliance にアーカイブシステムを移行する際に、アーカイブの設定をそのまま引き継ぐことができる。

4. アーカイブシステムの比較

PF-AR 加速器のアーカイブシステムについて、今回新たに整備した Archiver Appliance と、既存の CSS Archiver について性能を比較した。

4.1 アーカイブデータ容量の比較

2019 年 5 月から 6 月まで行われた PF-AR 加速器の運転時のデータについて、アーカイブデータの容量を比較した。両アーカイブシステムともに、約 9,000 個の同一のレコードをアーカイブ対象としている。

Archiver Appliance と CSS Archiver のアーカイブデータのサイズを Table 3 に示す。なお CSS Archiver のデータは、検索用のインデックスのサイズも含んでいる。

Table 3: Archive Data Size of 2-Months Data

System	Size
Archiver Appliance	60 GB
CSS Archiver (Data + Index)	243 GB

Table 3 に示したとおり、Archiver Appliance は CSS Archiver に比べて、25% 程度のデータサイズになっており、ストレージの使用量が大幅に削減されている。

4.2 データ読み出し速度の比較

Archiver Appliance と CSS Archiver のアーカイブデータの読み出し速度を比較した。1Hz で値が変化するレコードについて、1 時間、1 日、1 週間、4 週間の期間でアーカイブデータを読み出し、その所要時間を測定した。Archiver Appliance のデータは、wget コマンドを使用して Data Retrieval からアーカイブデータを読み出し、その際に time コマンドを用いて所要時間の測定を行った。CSS Archiver のデータは、EXPLAIN ANALYZE コマンドによる SQL の実行により PostgreSQL からアーカイブデータを読み出し、その所要時間を測定した。Archiver Appliance と CSS Archiver のアーカイブデータを読み出しの所要時間を Fig. 3、及び Table 4 に示す。

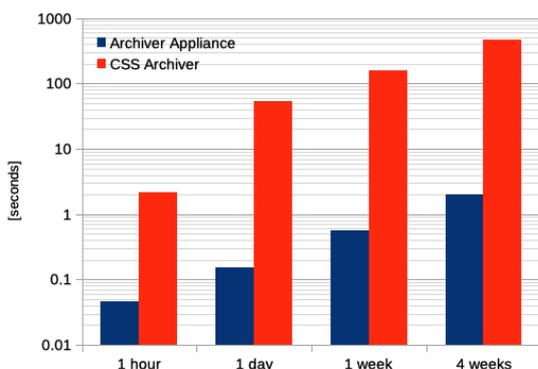


Figure 3: Data retrieval speed of both archive system.

4 週間分のアーカイブデータの読み出しについて、CSS Archiver の所要時間が 7 分 45 秒程度であるのに対し、Archiver Appliance では 2 秒程度で完了しており、非常に高速に読み出されている。

Table 4: Comparison of Data Retrieval Speed

Period	Archiver Appliance	CSS Archiver
1 hour	0.046 sec	2.162 sec
1 day	0.153 sec	52.989 sec
1 week	0.556 sec	160.071 sec
4 weeks	2.024 sec	465.496 sec

5. まとめ

今回、PF-AR 加速器で運用している CSS Archiver と、新たなアーカイブシステムである Archiver Appliance の性能を比較した。CSS Archiver を運用する上での問題点であった、アーカイブデータの容量の肥大化や、低速なアーカイブデータの読み出し速度について、Archiver Appliance ではどちらも大幅に改善される結果であった。今後 PF-AR 加速器の正式なアーカイブシステムとして運用できるよう、運用環境の整備を進めていく。

5.1 今後の予定

これまで CSS Archiver で蓄積したデータについて、Archiver Appliance のデータへの変換作業を行っている。既に Archiver Appliance を導入した J-PARC にて、CSS Archiver のデータを Archiver Appliance のデータへと変換するツールが開発されている [11]。そのツールを使用して、順次アーカイブデータの変換を進めており、2019 年 7 月時点で 2017 年、2018 年のデータの変換が完了した。残りのアーカイブデータについても順次変換を行い、過去のデータも Archiver Appliance から読み出せるよう整備する予定である。

参考文献

- [1] <https://epics.anl.gov/>
- [2] <http://controlsystemstudio.org/>
- [3] T. Nakamura *et al.*, “Upgrade of Alarm System at PF-AR Accelerator Control”, Proceedings of the 9th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Osaka, Japan, Aug. 8-11, pp. 707-710 (2012).
- [4] <https://www.postgresql.org/>
- [5] T. Kudou *et al.*, “Present Status of CSS Archiver at KEK Injector LINAC”, Proceedings of the 12th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Tsuruga, Japan, Aug. 5-7, pp. 806-808 (2015).
- [6] S. Yamada *et al.*, “Deployment of Archiver Appliance at J-PARC Main Ring”, Proceedings of the 14th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Sapporo, Japan, Aug. 1-3, pp. 1144-1147 (2017).
- [7] H. Kaji, “Application of EPICS Archiver Appliance at SuperKEKB”, in these proceedings, THPH004.
- [8] I. Satake *et al.*, “Introduction of Archiver Appliance in KEK electron positron injector linac”, in these proceedings, FRPH002.
- [9] <http://tomcat.apache.org/>
- [10] <https://www.mysql.com/>
- [11] <https://github.com/shuei/ca2aa>