

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТА SPD

Ф. В. Прокошин^{1,*}, *А. В. Анисенков*^{1,2}, *З. А. Будтуева*¹,
*Б. П. Двизов*¹, *С. В. Гуссалов*¹, *Р. А. Магкаев*¹

¹ Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

² Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

Эксперимент SPD наберет триллионы событий, производя около 10 ПБ данных в год. Для эффективного использования этих данных и обеспечения работы детектора создается ряд информационных систем. Каталог физических событий SPD (Event Index) организует доступ к данным событий в распределенной системе хранения. Каталог оборудования SPD поможет в обслуживании детектора и сборе данных. Также разрабатываются реестры задач обработки данных, программного обеспечения, геометрии установки и карт магнитного поля.

The SPD experiment will collect trillions of events, producing around ten petabytes yearly. A similar amount of simulated data will be generated. To effectively access and handle this data, and to support detector operation, a number of information systems have to be created. A catalog of the SPD physics events (Event Index) will help to access event data in the distributed storage system. A catalog of SPD hardware components will assist in detector maintenance and data acquisition. To support data production, a number of registries will be developed, including production, software, geometry and magnetic field map registries.

PACS: 89.20.Ff

ВВЕДЕНИЕ

Эксперимент SPD [1] на коллайдере NICA создается для изучения спиновых явлений в столкновениях поляризованных протонов и дейтронов. Первый этап эксперимента планируется с неполным набором детекторов и меньшими параметрами пучка. Второй этап будет проводиться при энергиях протонов 27 ГэВ и дейтронов 13,5 ГэВ/нуклон и максимальных светимостях до 10^{32} и 10^{31} см⁻² · с⁻¹ соответственно, с полной конфигурацией установки, имеющей 283 или 608 тыс. выходных каналов. Успешное проведение эксперимента требует создания информационных систем для эффективной работы экспериментальной установки, обработки и анализа данных.

* E-mail: prof@jinr.ru

SPD КАК ИСТОЧНИК ДАННЫХ

На SPD будет реализована бестриггерная система сбора данных, так как использование простых триггерных сигнатур невозможно. Вместо этого все данные из синхронизированных с пересечениями пучков временных срезов будут проходить через *онлайн-фильтр SPD (SOF)* [2], где будет производиться восстановление событий, и только после этого — отбор с ожидаемым сокращением потока данных в 20 раз.

SPD будет производить большие объемы данных даже на первом этапе: частота событий до 300 кГц (15 кГц после SOF), или 100 млрд в год, поток сырых данных 1 ГБ/с, что даст 0,5 ПБ в год после обработки при рабочем цикле 0,3. На втором этапе ожидается 3 МГц (150 кГц после SOF), до 1 трлн событий в год, поток данных до 20 ГБ/с, или 10 ПБ в год. В дополнение ожидается сопоставимый объем моделированных данных и регулярная повторная обработка данных, что создает сложную задачу для вычислительной инфраструктуры эксперимента.

УПРАВЛЕНИЕ ДАННЫМИ И СОБЫТИЯМИ

На рис. 1 представлено накопление данных SPD. Еще до начала эксперимента будет сгенерировано 10 ПБ данных, а общий их объем составит более 150 ПБ. Таким образом, число событий и объем данных SPD сопоставимы с экспериментами на LHC. Как и на LHC, для обработки данных будут использоваться распределенные вычислительные системы. Будут адаптированы уже существующие методы и проверенные готовые решения [3, 4]: информационный каталог вычислительных ресурсов (CRIC) [5], PanDA WFMS, управляющая обработкой, Rucio DMS для хранения и FTS DTS для массовой передачи данных. Служба управления идентификацией и доступом (IAM) организует профили пользователей, их роли и права на выполнение операций.

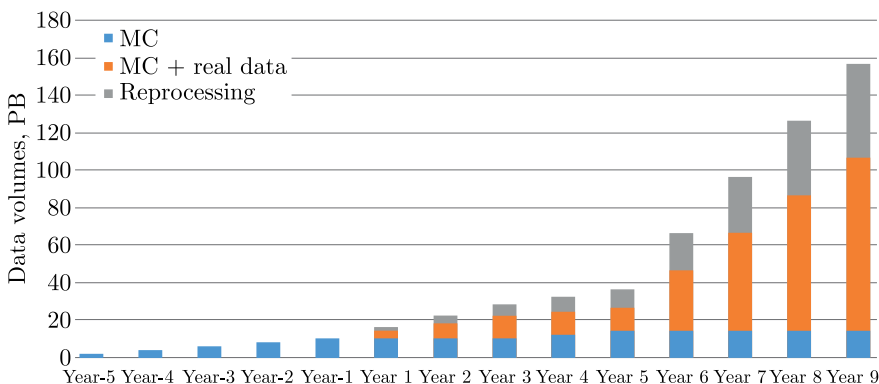


Рис. 1. Объем накопленных данных

Триллионы физических событий будут храниться во многих миллионах файлов на узлах распределенного хранилища данных. Для эффективного доступа к ним создается Event Index [6] — полный каталог событий SPD, реальных и смоделированных. Предполагаются следующие варианты использования: выборка событий по идентификатору; поиск, подсчет и отбор событий; проверка полноты и согласованности данных в процессе обработки.

Протестирован прототип хранилища и клиента для EventIndex на основе системы управления базами данных PostgreSQL. Исследованы различные методы для ускорения записи данных в БД на основе расчетного потока данных от 10 до 150 тыс. событий в секунду. Показано, что использование асинхронной массовой загрузки позволяет обеспечить достаточную производительность.

БАЗА ДАННЫХ ОБОРУДОВАНИЯ

Каталог аппаратных компонентов детектора SPD должен содержать информацию о детекторах и электронных компонентах, а также историю их размещения на установке. В нем указаны модели устройств, их параметры и другие постоянные характеристики. Такой каталог полезен для обслуживания систем установки и особенно для передачи знаний между членами команды. Заполнение базы данных оборудования будет происходить постепенно, обновления — редко, поэтому требования к производительности низкие. Разработан прототип с использованием современных программных платформ для обеспечения высокой производительности, гибкости и простоты разработки и обслуживания.

РЕЕСТРЫ

Для обеспечения генерации моделирования данных SPD создаются: реестр задач обработки данных и версий программного обеспечения, геометрии детекторов и карт магнитного поля. Эти системы имеют общие черты: это довольно небольшие проекты с малым сроком разработки, не требующие высокой производительности. Реестры содержат метаданные, сами данные обычно хранятся отдельно — в файлах или сторонних БД. Каждый проект разрабатывается независимо, но с возможностью обмена данными между собой и с другими системами. Для упрощения разработки и обслуживания используются унифицированные платформы. Для аутентификации и управления доступом используется общий IAM SPD.

Генерация данных Монте-Карло ведется с марта 2025 г. на регулярной основе, за 2 мес. произведено более 400 млн событий, 200 ТБ данных. Генерация осуществляется в два этапа: моделирование и реконструкция. Конфигурация запросов на обработку определяется набором параметров: количеством событий (от 5 до 40 млн), версией ПО, затравочными числами, энергией и поляризацией пучка, конфигурацией установки. Также

Export

Columns

Filter

Reload

Processing Request list

300

Request	campaign	status	#procs	swproject	version	stage	C	E	P	Events	EF	Tag	S	Geometry	description	
PROJ02025-001	SPD MC 2025	DONE	0	spdrroot-dev	4.1.7.0	S1	pp	10	UU	5000000	4000	minbias-P8-spdroot417-dev test	1	1250	Micromegas, TS, ECAL, RS, BBC, ZDC (sketch)	PRE-PRODUCTION obsolete
PROJ02025-002	SPD MC 2025	DONE	0	spdrroot-dev	4.1.7.0	S1	pp	10	UU	20000000	4000	minbias-P8-spdroot417-dev	1	5000	Micromegas, TS, ECAL, RS, BBC, ZDC (sketch)	/eos/nica/spd/users/elenazem/productions/PROJ02025-002_recfiles.txt PROJ02025-002_paramfiles.txt
PROJ02025-003	SPD MC 2025	DONE	0	spdrroot-dev	4.1.7.0	S1	pp	10	UU	20000000	4000	minbias-P8-spdroot417-dev	5001	10000	Micromegas, TS, ECAL, RS, BBC, ZDC (sketch)	/eos/nica/spd/users/elenazem/productions/PROJ02025-003_recfiles.txt PROJ02025-003_paramfiles.txt
PROJ02025-004	SPD MC 2025	DONE	0	spdrroot-dev	4.1.7.0	S1	pp	10	UU	40000000	4000	minbias-P8-spdroot417-dev	1	10000	Micromegas, TS, ECAL, RS, BBC, ZDC (sketch)	/eos/nica/spd/users/elenazem/productions/PROJ02025-004_recfiles.txt PROJ02025-004_paramfiles.txt

Рис. 2. Интерфейс задач обработки данных

задаются названия рабочих сценариев, пути к ним и названия выходных наборов данных. Для хранения этой информации создан прототип реестра задач обработки данных (рис. 2). В нем используется универсальный веб-фреймворк **fwkweb**, разработанный в качестве унифицированной платформы для различных приложений, включая системы управления сбором данных и мониторинга для эксперимента CMD-3 [7], core engine в CRIC и другие приложения, ориентированные на информационные компоненты.

Запись запроса на производство данных содержит название, описание, версию программного обеспечения, параметры запроса и этапы обработки. Для каждого этапа обработки (simu, geco...) указываются: расположение макросов, шаблоны и имена выходных наборов данных. Предполагается реализовать автоматическую генерацию спецификаций задач производства данных.

Реестр версий программного обеспечения интегрирован с предыдущей системой. В нем будет храниться информация о версиях используемого программного обеспечения: теги, используемые пакеты, ссылки на репозитории и т. д. Реестр будет заполняться лицом, ответственным за развертывание программных платформ (SPDRoot, SAMPO). Для использования реестра из других информационных систем доступен API.

Реестр геометрических данных будет отслеживать описания геометрии SPD, используемые в библиотеке классов GeoModel, которая в настоящее время используется в экспериментах ATLAS и FASER. Сами геометрические данные хранятся в виде файла и будут использоваться специализированным инструментом SAMPO. Запись реестра будет содержать ссылку на этот файл в распределенной файловой системе (**cvmfs**), тег для геометрии, ее версию и метаданные.

Разрабатывается реестр карт магнитного поля, каждая из которых (размером в несколько гигабайт) будет храниться в базе данных SQLite. Запись в реестре должна содержать указатель на карту, тег, ее версию и метаданные. Для доступа к карте B-field map создается специальный инструмент для SAMPO.

Следующим шагом будет разработка баз данных состояний и калибровок, необходимых для обработки относительно больших объемов данных, связанных с различными параметрами экспериментальной установки, изменяющимися со временем. Для эффективной разработки и обеспечения надежности производится внедрение современных методов DevOps CI/CD.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Abazov V. et al. (SPD Collab.)*. Technical Design Report of the Spin Physics Detector at NICA // *Natural Sci. Rev.* 2024. V. 1; arXiv:2404.08317.
2. *Tereschenko D., Ponomarev E., Oleynik D., Korkhov V.* SPD On-Line Filter: Workflow and Data Management Systems // *Phys. Part. Nucl.* 2024. V. 55, No. 3. P. 603–605.
3. *Petrosyan A., Oleynik D., Zhemchugov A., Kiryanov A.* SPD Offline Computing System // *Phys. Part. Nucl.* 2024. V. 55, No. 3. P. 450–452.
4. *Konak A., Petrosyan A.* Scientific Data Management System for the SPD Experiment // *Ibid.* P. 609–611.
5. *Andreeva J., Anisenkov A., Di Girolamo A., Paparrigopoulos P., Szczepanek N.D.* CRIC as a Core Instrument for WLCG Operations // *Eur. Phys. J. Web Conf.* 2024. V. 295. P. 01014.
6. *Prokoshin F., Tvauri I., Budtueva Z., Gurtsiev R., Gazzaev A.B.* SPD Event Index // *Phys. Part. Nucl.* 2024. V. 55, No. 3. P. 617–620.
7. *Anisenkov A., Zhadan D., Logashenko I.* A Web-Based Control and Monitoring System for DAQ Applications // *Eur. Phys. J. Web Conf.* 2019. V. 214. P. 01049.