

6. Дягилев В.И., Коковин В.А., Увайсов С.У. Компьютерное моделирование работы силового преобразователя с выходным синусоидальным напряжением //М.: Информационные технологии, № 4, т.22, 2016, С. 261-266.
7. Дягилев В.И., Коковин В.А., Увайсов С.У. Регулирование мощности генератора для питания технологических установок без искажения синусоидального напряжения/ Труды международного симпозиума "Надежность и качество". Пенза, 2015. Т. 2. С. 317-319.
8. Diagilev V., Kokovin V., Uvaysov S., Rakhmetullina S., Amirgaliyev Y., Generator modes for technological installations with variable parameters of the oscillating circuit/ Przegląd Elektrotechniczny, 2019, 95(4), P. 181–184
9. V. Diagilev, V. Kokovin, S. Uvaysov. Designing a Power Converter with an Adaptive Control System for Ultrasonic Processing Units // Advances in Mechanical Engineering, A. Evgrafov (ed.), Lecture Notes in Mechanical Engineering // Springer Intern. Publ, Switzerland, 2015, P. 39-47
10. V. A. Kokovin, V. I. Diagilev, S. U. Uvaysov and S. S. Uvaysova, "Intelligent Power Electronic Converter For Wired and Wireless Distributed Applications," 2019 International Seminar on Electron Devices Design and Production (SED), Prague, Czech Republic, 2019, pp. 1-5

СИСТЕМА СБОРА И АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» — ИФВЭ

**В.В. Гусев^{1,2}, В.В. Ежова¹, А.А. Котляр¹, В.В. Котляр¹,
В.О. Морозов¹, М.С. Шемейко¹**

¹ НИЦ «Курчатовский институт» — ИФВЭ

² Филиал «Протвино» университета «Дубна»

E-mail: Victor.Gusev@ihep.ru

Вычислительный кластер в НИЦ «Курчатовский институт» — ИФВЭ представляет сложную систему, объединяющую в себе множество различных компонентов и технологий. Среди них: распределённые вычисления, высокопроизводительные вычисления, системы бесперебойного питания повышенной надёжности, прецизионные системы охлаждения, информационно-коммуникационные технологии. Анализ состояния и управление таким комплексом представляет собой очень сложную задачу, которую можно разбить на

несколько подзадач. В данной работе описывается текущее состояние системы сбора и анализа параметров вычислительного кластера.

Ключевые слова: распределённые вычисления, системы мониторинга

Вычислительный кластер НИЦ «Курчатовский институт» — ИФВЭ обеспечивает вычислительными ресурсами эксперименты по физике высоких энергий на ускорителе У-70 института [1] (ОКА, ВЕС, СПИН, ФОДС, СВД-2, Гиперон-М), а также предоставляет ресурсы другим экспериментам по физике высоких энергий в рамках распределённой системы ГРИД вычислений [2].

Для обеспечения стабильного и оптимального предоставления ресурсов вычислительного кластера необходимо регулярно проводить контроль работы вычислительного и инженерного оборудования.

Вычислительный кластер НИЦ «Курчатовский институт» — ИФВЭ состоит из следующих вычислительных, сетевых и инженерных ресурсов:

- около 3000 процессоров 150 серверов;
- около 2.5 ПБ в системах хранения;
- системы бесперебойного питания на 64 кВт и 96 кВт;
- более 30 систем бесперебойного питания и 26 систем распределения питания по стойкам с оборудованием;
- 30 стоек с оборудованием 7–14 кВт на стойку;
- 6 прецизионных кондиционеров;
- более 1000 сетевых подключений скорости 1 Гб/с;
- работа с сетью Интернет обеспечена двумя внешними высокоскоростными каналами связи по 10 Гб/с.

Система мониторинга (СМ) является одним из базовых компонентов в организации таких вычислительных систем. В рамках вычислительного кластера она должна обеспечивать сбор параметров со всех программных и аппаратных сенсоров вычислительного центра для обработки и анализа данных в режиме реального времени.

Для реализации системы сбора и анализа параметров вычислительного кластера была выбрана архитектура системы [3], показанная на рис. 1. Она состоит из трех основных частей:

- подкластера сбора информации (indexing cluster), представленного набором серверов, которые отвечают за сбор и индексирование данных;
- серверов хранения данных (data nodes), отвечающих за хранение самих данных;
- подкластер поиска информации (search cluster), который отвечает за поиск информации на серверах хранения.

Каждая из этих частей поддается горизонтальному масштабированию по мере необходимости увеличения производительности системы или объема обрабатываемых данных. Для сбора информации такая система использует идею коллекторов — программ, которые собирают различные параметры: параметры окружающей среды, данные об инфраструктуре, данные с серверов и сервисов кластера, данные с внешних по отношению к кластеру систем. Коллекторы пересылают собранные данные через REST API в CM. Также доступны различные программные SDK, которыми можно воспользоваться напрямую в программах коллекторов.

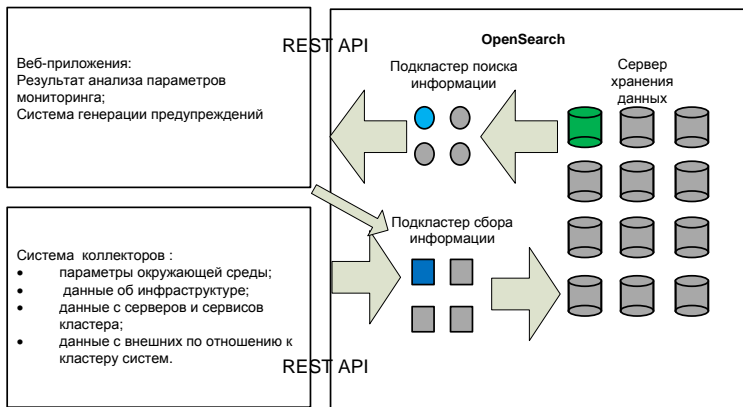


Рис. 1. Архитектура системы сбора и анализа параметров вычислительного кластера

Для анализа данных и мониторинга доступен встроенный веб-интерфейс на базе ПО OpenSearch Dashboards [4], который позволяет создавать свои информационные веб-панели для различных групп данных, а также позволяет просматривать оперативные данные через удобный веб-интерфейс. Подкластер поиска информации также обеспечивает поддержку REST API и SDK приложений для прямого взаимодействия с данными.

Одна из главных идей, заложенных в данной архитектуре системы, — возможность добавления новых данных для сбора и анализа параметров без вмешательства в ядро системы (indexing cluster, data nodes, search cluster).

Одной из основных задач для оценки режима работы вычислительного кластера является сбор параметров инженерного оборудования.

Система бесперебойного питания и распределения питания по вычислительному оборудованию является одной из основных. СМ собирает параметры с двух систем бесперебойного питания APC Symmetra PX 160kW и более чем с двадцати систем распределённого питания APC PDU. Используется встроенная функция данных устройств по передаче своих данных на удалённый сервер по протоколу FTP, после чего данные обрабатываются через REST API и отсылаются в центральную систему сбора данных. Для анализа данных инженерными подразделениями созданы информационные веб-панели с удобным отображением параметров систем питания.

Следующий по важности функционал СМ — сбор параметров системы охлаждения на базе прецизионных кондиционеров Libert PDX. Система обращается за параметрами в блок управления кондиционера, преобразует их в необходимый формат и отправляет в систему сбора параметров. Для дежурных инженеров разработана информационная веб-панель по системе охлаждения.

В СМ дополнительно добавлен сбор других параметров среды и оборудования в технологических помещениях:

- температуры и влажности;
- параметров блоков питания вычислительных систем;
- значения давления и расхода воды в системе охлаждения.

Последний пункт реализован дополнительным модулем преобразования аналоговых значений счётчиков в цифровые параметры с использованием графических библиотек компьютерного зрения [5].

Сбор вычислительных параметров кластера является следующей по важности задачей, позволяющей определять, как работает кластер с точки зрения предоставляемых сервисов. Так как таких сервисов большое количество, то в данном случае используются ещё и вспомогательные системы на базе свободно

распространяемого программного обеспечения. К ним относятся: СМ программных сенсоров на вычислительных ресурсах и система хранения на базе ПО Checkmk [6]; система обработки журналов работы программ на базе Splunk [7] и центрального хранилища журналов Rsyslog [8]; специализированные программы для сетевого мониторинга для сбора параметров оборудования и передаваемого трафика; система мониторинга в реальном времени на базе Collectl [9].

Дополнительные компоненты, специфичные для вычислительной инфраструктуры, реализуются посредством описанной ранее схемы через программы — коллекторы, которые разрабатываются индивидуально под конкретный набор параметров. Разработаны наборы систем коллекторов под следующие вычислительные параметры:

- параметры систем виртуализации, применяемых для размещения сервисов института и вычислительного кластера;
- параметры жестких дисков, применяемых в системах хранения;
- специализированные параметры графических ускорителей, установленных на кластере;
- температура и параметры питания внутри вычислительных систем;
- параметры обработки расчетных задач на вычислительном кластере.

Одним из основных инструментов в данном случае является система определения эффективности работы вычислительного кластера [10], которая использует параметры обработки расчётных задач в системе очередей.

Число параметров вычислительного кластера достаточно велико (более 25 тыс.) По этой причине дополнительно внедрена и продолжает развиваться система анализа выявления аномалий. В настоящий момент она состоит из нескольких компонентов (рис. 2).

Центральным компонентом остаётся система сбора данных. Так как собираемые параметры в основном привязаны к временным меткам их сбора, то для анализа и поиска аномалий используются различные алгоритмы определения аномалий во временных рядах: Twitter Anomaly Detection [11], Twitter Breakout Detection [12], OpenSearch anomaly detection [13]. Все

они имеют разные принципы определения аномалий и, соответственно, дополняют друг друга, определяя их различные типы, которые можно разбить на несколько основных групп:

- **Выброс** проявляется в виде резкого восходящего или нисходящего скачка;
- **Сдвиг** проявляется в виде изменения тенденции временного ряда на определенный промежуток времени;
- **Изменение характера (распределения) значений** характеризуется изменением силы «шума» временного ряда;
- При **совместных аномалиях** значения нескольких наблюдаемых метрик по отдельности находятся в пределах нормы, но их совместное появление выявляет признак проблемы.

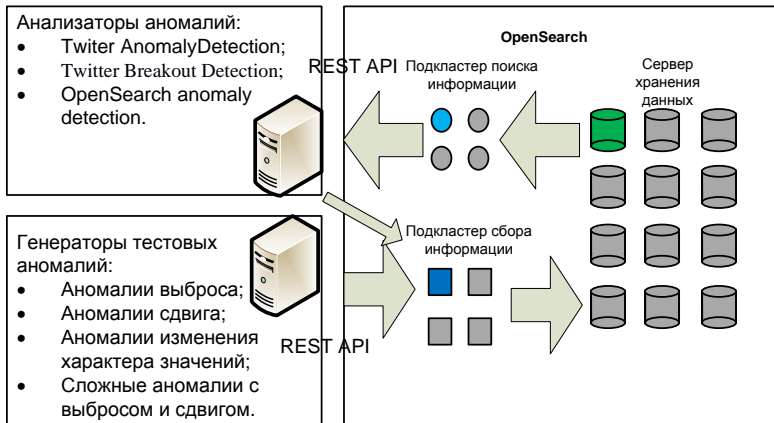


Рис. 2. Система анализа и выявления аномалий в параметрах вычислительного кластера

Заключение

Вычислительный кластер в НИЦ «Курчатовский институт» — ИФВЭ представляет сложную систему, объединяющую в себе множество различных компонентов и технологий. Число параметров системы исчисляется десятками тысяч, а сбор и анализ такой информации представляет собой непростую задачу.

Для её решения в вычислительном центре института на базе программного обеспечения с открытым исходным кодом создана единая система сбора и анализа параметров вычислительного кластера. Система позволяет обеспечивать эффективную и надёжную работу вычислительного комплекса для

хранения и обработки экспериментальных данных по физике высоких энергий экспериментальных установок ускорительного комплекса У-70 и установок международных проектов.

Список литературы

1. А. И. Басов «Протонный синхротрон на 70 ГэВ», Серпухов, опубликовано: 1967 г.
2. V. Kotliar, «IHEP cluster for Grid and distributed computing» // CEUR Workshop Proceedings 2017. — V. 1787. — P. 312–316.
3. V. Kotliar, V. Anshukov, V. Ezhova, V. Gusev, A. Kotliar, G. Latyshev, A. Shishov, «Development of the active monitoring system for the computer center at IHEP» // CEUR Workshop Proceedings 2017. — V. 1787.— P. 317–322.
4. The OpenSearch Dashboards user [Электронный ресурс]. Доступен по ссылке: <https://opensearch.org/docs/latest/dashboards/> (дата доступа 05.04.2024).
5. М. С. Шемейко, В. В. Гусев, В. В. Котляр «Разработка системы распознавания показаний датчиков мониторинга инженерного оборудования», «Государственный университет «Дубна» филиал «Протвино», выпускная квалификационная бакалаврская работа, 2023 г.
6. The Checkmk Raw Edition [Электронный ресурс]. Доступен по ссылке: <https://github.com/checkmk/checkmk> (дата доступа 05.04.2024).
7. Система Splunk [Электронный ресурс]. Доступен по ссылке: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Splunk> (дата доступа 05.04.2024).
8. Система Rsyslog [Электронный ресурс]. Доступен по ссылке: <https://www.rsyslog.com/> (дата доступа 05.04.2024).
9. Система Collectl [Электронный ресурс]. Доступен по ссылке: <https://collectl.sourceforge.net/> (дата доступа 05.04.2024).
10. V. Ezhova, V. Kotliar, «Efficiency measurement system for the computing cluster at IHEP» // CEUR Workshop Proceedings 2018. — V. 2267. — P. 538–543.
11. E. Popova, V. Kotliar, «A way of anomaly detection in engineering equipment characteristics of symmetra at IHEP IT center» // CEUR Workshop Proceedings 2018. — V. 2267. — P. 590–594.
12. В. О. Морозов, В. В. Гусев, В. В. Котляр «Разработка системы поиска аномалий в работе оборудования вычислительного кластера», «Государственный университет «Дубна» филиал «Протвино», выпускная квалификационная бакалаврская работа, 2020 г.
13. The OpenSearch anomaly detection [Электронный ресурс]. Доступен по ссылке: <https://opensearch.org/docs/latest/dashboards/> (дата доступа 05.04.2024).