

ДАТА-ЦЕНТР SAPHIR (ОПЫТ РАБОТЫ ЗА ПЕРВЫЙ ГОД)

Ю. Иванов^{1,2,3,*}, *Х. Замора-Саа*^{2,3,**}

¹ Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

² SAPHIR Millennium Institute, Santiago

³ Universidad Andrés Bello, Santiago

Приведен краткий обзор истории создания, текущего состояния и перспектив будущего развития дата-центра обработки данных SAPHIR Millennium Institute в Сантьяго (Чили).

The paper gives a brief overview of the history of creation, the current state and prospects for the future development of the Data Center of the SAPHIR Millennium Institute in Santiago, Chile.

PACS: 01.50.H–; 01.50.Lc; 07.05.–t

ВВЕДЕНИЕ

Институт SAPHIR (Millennium Institute for Subatomic Physics at the High Energy Frontier) [1] является научно-исследовательским центром, финансируемым MSI [2] — специальной программой Национального агентства исследований и разработок (ANID [3]) при Министерстве науки, технологий, знаний и инноваций в Чили. Институт основан несколькими чилийскими университетами, а именно Техническим университетом им. Федерико Санта-Марии (UTFSM), Университетом им. Андреса Белло (UNAB), Католическим университетом Чили (PUC), Университетом в Ла-Серена (ULS) и Университетом Тарапаки (UTA). Он объединяет лаборатории, а также исследователей из разных регионов Чили и является частью международной сети сотрудничества (рис. 1).

В институте работают ученые, которые стремятся объединить исследовательские усилия в области физики, связанные с ЦЕРН и другими международными исследовательскими институтами. Основные направления исследований: теоретическая физика высоких энергий (Стандартная модель и ее расширения), проектирование и строительство детекторов частиц (мюонный спектрометр ATLAS, JUNO и т. д.) и анализ данных (полученных с LHC, моделированных методом Монте-Карло и т. д.).

* E-mail: yury.ivanov@unab.cl

** E-mail: jilberto.zamora@unab.cl

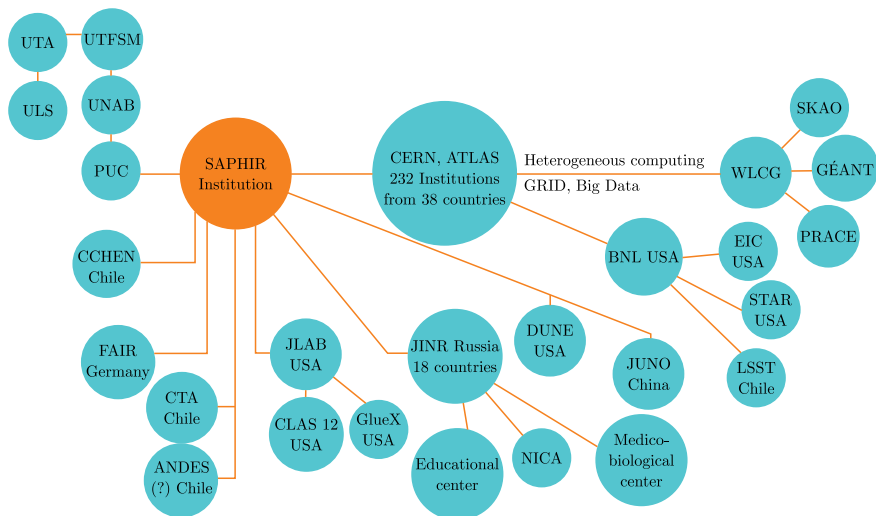


Рис. 1. Международная сеть сотрудничества SAPHIR, состоящая из 34 организаций в 14 странах на трех континентах

Структура данной работы следующая. Сначала коротко представлена история создания дата-центра. Далее дано описание текущего состояния, включая структуру кластера, детали аппаратного и программного обеспечения и т. д. И в заключение обсуждается развитие дата-центра института SHAPIR в будущем.

СОЗДАНИЕ ДАТА-ЦЕНТРА

Основные объекты института SAPHIR (включая администрацию, основные лаборатории и дата-центр) находятся в UNAB в кампусе Ла Касона в Сантьяго. С 2020 г. ведется поэтапная работа по созданию лабораторных и офисных помещений для этого института. Прототипом дата-центра стал небольшой вычислительный кластер института, запущенный в октябре 2021 г. Этот кластер был установлен во временном помещении с обычной офисной системой кондиционирования. Его эксплуатация выявила целый ряд проблем инфраструктурного характера, которые привели к модификации деталей проекта специализированного помещения для дата-центра.

Помимо проблем с инфраструктурой были выявлены и сетевые проблемы: малая пропускная способность сети, трудности с получением публичных IP-адресов, кроме того, политика безопасности сети UNAB налагала слишком жесткие ограничения на доступ к серверам института. Поэтому на первом этапе ряд инфраструктурных сервисов пришлось разместить вне UNAB, на оборудовании научного центра Вальпараисо

(CCTVal [4]). Этот центр с 2013 г. как часть латиноамериканской федерации Tier-2 используется для счета задач WLCG [5]. В течение всех прошедших лет этот центр использовал REUNA [6] в качестве стабильного и надежного интернет-провайдера. В ноябре 2021 г. на серверах CCTVal был запущен ряд сервисов для института SAPHIR (доменный сервер, веб- и электронная почта).

Реконструкция помещений института для нового центра данных SAPHIR также началась в ноябре 2021 г. Работы по созданию дата-центра были завершены в апреле 2022 г. Изменена сетевая инфраструктура: REUNA была выбрана в качестве нового провайдера. Являясь также региональным центром сертификации (CA), REUNA удовлетворяет всем требованиям WLCG, включая поддержку IPv6 и участие в LHCONe. Соглашение о сотрудничестве между SAPHIR и REUNA было подписано в июле 2022 г.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Основу дата-центра составляют серверы вычислительного кластера института SAPHIR, монтаж и настройка которых в новом зале завершились к июню 2022 г. В последующие месяцы добавлялись еще несколько серверов, как для инфраструктурных, так и для специализированных вычислений: серверы с графическими ускорителями и устройствами FPGA. Схема дата-центра представлена на рис. 2.

Подключение к внешней сети, включая диапазон общедоступных IP-адресов, обеспечивается REUNA. В кампусе UNAB это соединение методом NAT преобразуется во внутреннюю подсеть SAPHIR. Серверы кластерной части дата-центра (кроме портов IPMI) подключены со скоростью 10 Гбит/с. Инфраструктурные и вспомогательные серверы используют каналы 1 Гбит/с. Эти серверы предоставляют набор общих сервисов, включая службу DNS для домена SAPHIR (institutosaphir.cl), аутентификацию и авторизацию пользователей с применением LDAP

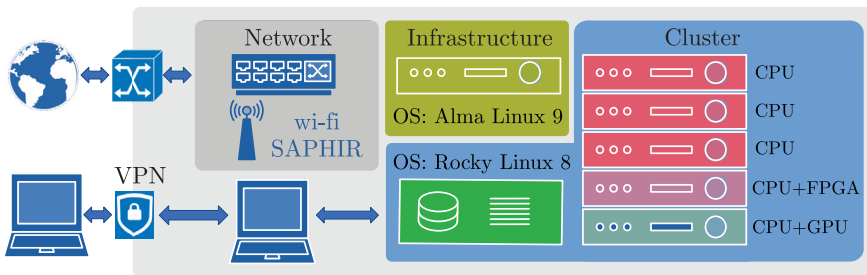


Рис. 2. Схема дата-центра. Затененная область обозначает внутреннюю сеть. Безопасность внешнего доступа обеспечивается межсетевыми экранами UNAB/REUNA (вверху слева), а доступ пользователей возможен через VPN (внизу слева)

и Kerberos, а также предоставляют хостинг для виртуальных машин. Основной веб-сервер и почтовый сервер SAPHIR реализованы в виде виртуальных машин контейнерного типа. Есть также несколько других веб-серверов: интранет SAPHIR, поддержка вычислительного кластера и т. д. Подключение к внутренней сети возможно также и по Wi-Fi 6.

Вычислительная часть дата-центра состоит из высокопроизводительных рабочих узлов с объемом памяти до 512 ГБ. Некоторые серверы помимо CPU имеют также видеокарты nVidia и карты-ускорители с компонентами FPGA (Xilinx Alveo U200). Для управления обработкой заданий используется система Slurm. В настоящее время общая емкость хранилища данных в кластере составляет около 200 ТБ. Эти данные организованы в виде дисковых массивов ZFS и доступны как на всех серверах кластера, так и удаленно по протоколам NFS, SMB, FTP и WebDAV.

Помимо стандартного набора программных пакетов и средств разработки (C/C++, FORTRAN, Python и др.) на кластере установлен и ряд специализированных пакетов для программирования GPU и FPGA (nVidia CUDA, Xilinx Vitis и Vivado). Установлено и программное обеспечение для вычислений в области физики высоких энергий (FLUKA, Geant4, ROOT и т. д.). Помимо этого также доступны программы, распространяемые ЦЕРН посредством системы CernVM-FS.

Кластер используют для вычислений не только пользователи SAPHIR, но и другие исследовательские центры. Например, возможности кластера FPGA используются исследователями ОИЯИ для проекта «Изучение алгоритмов кластерного поиска на основе FPGA для реконструкции SPD ECal для онлайн-фильтрации событий» в рамках сотрудничества, установленного в октябре 2022 г. между исследователями SAPHIR и физиками ЛЯП (ОИЯИ, Дубна), участвующими в эксперименте NICA ОИЯИ.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В рамках развития и расширения вычислительных возможностей и возможностей хранения данных планируется увеличить количество вычислительных серверов и серверов хранения данных. Помимо серверов с традиционной архитектурой Intel/AMD есть планы по использованию серверов на базе архитектуры ARM с процессорами Ampere [7], которые обеспечивают сверхвысокую плотность ядер процессора для более быстрого и эффективного применения вычислительных ресурсов. Такое расширение может потребовать также модификации зала кластера, включая дополнительные резервные линии электропитания с резервным генератором и дополнительную оптимизацию потока холодного воздуха в зале.

Также планируется заменить на всех серверах операционную систему с Rocky Linux 8 на Alma Linux 9, которая в настоящее время является

рекомендуемой для сообщества HEP. Запланирована также поддержка протокола IPv6, что потребуется, например, для возможного участия центра в непосредственной обработке данных физических экспериментов в рамках WLCG.

Работа выполнена при поддержке SAPHIR Millennium Institute (AND Millennium Program, ICN2019_044).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Millennium Institute for Subatomic Physics at the High Energy Frontier, SAPHIR. <https://www.institutosaphir.cl/>.
2. Millennium Science Initiative, Chile. <https://www.iniciativamilenio.cl/>.
3. Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, Chile. <https://anid.cl/>.
4. Centro Científico Tecnológico de Valparaíso. <https://cctval.usm.cl/>.
5. Worldwide LHC Computing Grid. <https://wlcg.web.cern.ch/>.
6. Red Universitaria Nacional. <https://www.reuna.cl/>.
7. Ampere Processors. <https://amperecomputing.com/products/processors/>.