

ИНФРАСТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ВЭПП-5

Ф. А. Еманов^{а, 1}, П. Б. Чеблаков^а, Д. Ю. Болховитянов^б

^а Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

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

Инжекционный комплекс ВЭПП-5 обеспечивает пучками коллайдеры ИЯФ СО РАН. Для того чтобы непрерывно доставлять пучки, требуется высокая доступность инфраструктуры системы управления. Было предложено реализовать такую инфраструктуру с использованием современных технологий виртуализации. В статье описаны проект и реализация инфраструктуры системы управления инжекционного комплекса ВЭПП-5.

VEPP-5 injection complex provides electron and positron beams for BINP colliders. In order to deliver beams continuously high availability is required for control system infrastructure. It was proposed to implement such infrastructure using modern virtualization technologies. The design and implementation of VEPP-5 injection complex control system infrastructure have been discussed.

PACS: 07.05.Bx

ВВЕДЕНИЕ

В 2015 г. в ИЯФ СО РАН запущен инжекционный комплекс ВЭПП-5 [1]. Вместе с этим возникла задача обновления инфраструктуры системы управления комплекса с целями повышения общей надежности машины, упрощения развития и обслуживания системы управления комплекса. Для решения этой проблемы был разработан комплекс аппаратных и программных мер, базирующихся на открытых и стандартизованных технологиях. При проектировании к инфраструктуре предъявлялись следующие требования:

- повышенная отказоустойчивость;
- максимальная автоматизация восстановления работоспособности после сбоев/отказов;
- легкость администрирования (применение специализированного инструментария);
- гибкость настройки в соответствии с потребностями пользователей;
- унификация оборудования с целью уменьшения номенклатуры;
- возможность расширения аппаратной базы.

Исходя из этого в инфраструктуре, где, возможно, существует избыточность в аппаратуре, применяются специализированные серверные компьютеры и технологии виртуализации. Для системы управления создана выделенная сеть, разделенная на несколько сегментов для уменьшения нагрузки на конечное оборудование.

¹E-mail: f.a.emanov@inp.nsk.su

1. АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В системе управления ИК ВЭПП-5 используется оборудование, подключаемое к Ethernet и сетям CAN. Ядром локальной сети является стек из трех коммутаторов HPE 1950-24, объединенных по кольцевой схеме 10-Гб подключениями. Ядро сети — 72 порта 1000BASE-T и 6 портов 10GBASE-T. Ядро сети и серверы расположены в одной стойке, и серверы, имеющие 10GBASE-T порты, подключены к соответствующим портам коммутаторов. Один сервер обычно подключен к разным коммутаторам стека, и подключения объединены в одно логическое при помощи LACP. Таким образом, на уровне серверов есть избыточность в подключении с автоматической балансировкой нагрузки и переключением в случае отказа. В случае близкой локализации конечных устройств, не требующих большой пропускной способности сети, для их подключения используются коммутаторы, что существенно упрощает развертывание сети. Сеть разделена на сегменты при помощи технологии VLAN, это позволяет повысить ее безопасность и снизить нагрузку на оборудование системы управления за счет уменьшения широковещательных доменов. Маршрутизация между сегментами сети выполняется центральными коммутаторами.

В инфраструктуре ИК используется четыре пары серверов, четыре операторских рабочих станции и набор тонких клиентов. В каждой паре любой сервер может полностью и автоматически взять на себя все функции пары в случае выведения из работы партнера. На двух серверах размещаются шлюз, NAT, фаерволл и VPN-сервер и другие средства обеспечения связи с внешней сетью. Указанные службы не требуют обеспечения надежности на уровне виртуализации, поэтому серверы, на которых они располагаются, имеют

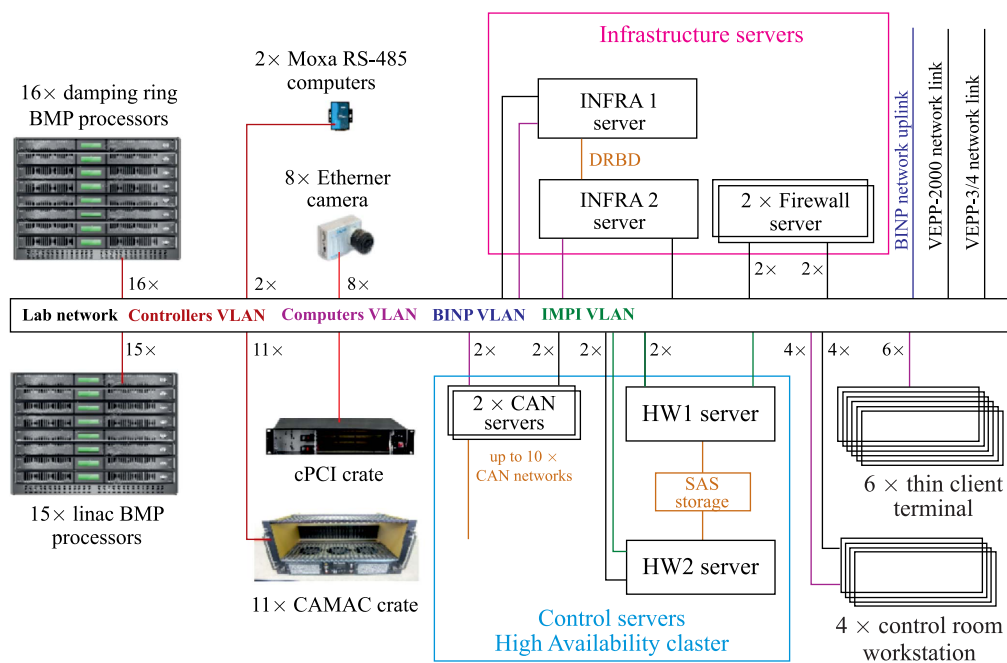


Схема инфраструктуры системы управления ИК ВЭПП-5

собственные диски, и службы работают одновременно на двух компьютерах. Следующая пара используется для размещения инфраструктурных служб, таких как DNS, DHCP, серверов авторизации, виртуальных серверов для сетевой загрузки, NFS-сервера и др. Эти серверы имеют собственные диски, которые зеркалируются при помощи DRBD. Два сервера используются для управления оборудованием с CAN-интерфейсами. В них установлено по шесть CAN-адаптеров PCI/PCIe, к каждому из которых подключается две линии. Каждая CAN-линия подключается одновременно к двум серверам, таким образом, работать с конечными устройствами можно с любого сервера. Совместить возможность установки шести устройств PCI/PCIe с большим количеством памяти и вычислительных ресурсов не представлялось возможным, поэтому CAN-серверы сделаны бездисковыми, а еще два сервера задействованы в качестве основной платформы для виртуальных машин системы управления. Эта пара имеет по два сетевых интерфейса 10GBASE-T, существенно больше памяти и подключена по SAS-интерфейсу к корзине с дисками для хранения данных большого объема. В корзине используется двойное резервирование дисков, с учетом которого текущий размер хранилища 12 ТБ, чего достаточно на несколько лет непрерывной записи данных о работе установки. Схема разработанной инфраструктуры приведена на рисунке.

В качестве серверных компьютеров, SAS-корзины и пультовых рабочих станций были выбраны устройства производства Supermicro, так как они предоставляли все необходимые аппаратные возможности, средства удаленного управления и были наиболее привлекательными по цене. Выбор сетевого оборудования обусловлен тем, что такое же оборудование применяется в сети института. В качестве тонких клиентов в настоящий момент используются Raspberry Pi В 2-й и 3-й версии.

2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Срок эксплуатации крупной экспериментальной установки, такой как инжекционный комплекс, может в несколько раз превосходить характерные сроки жизни операционных систем и другого программного обеспечения, а также сроки службы компьютеров. Поэтому за время жизни установки либо возникнет необходимость смены используемых программных платформ, либо могут возникнуть проблемы совместимости старых программ с новым оборудованием. Решить данную проблему позволяют технологии виртуализации. Современные среды виртуализации также предоставляют средства для автоматического обеспечения надежности, живой миграции виртуальных машин между физическими машинами, резервного копирования виртуальных машин. В качестве платформы виртуализации на инжекционном комплексе ВЭПП-5 был выбран открытый продукт Proxmox VE, объединяющий многие открытые технологии виртуализации, кластеризации и хранения данных. Proxmox предоставляет Web-интерфейс и интерфейс командной строки для администрирования. В Proxmox-кластер входят все серверы, используемые в инфраструктуре системы управления, а задачи обеспечения работы сети и установки решаются виртуальными машинами. Для организации сети в среде виртуализации используется OpenVSwitch, который имеет настройки, аналогичные физическому сетевому оборудованию. В настоящий момент все задействованные в системе управления виртуальные машины используют полную виртуализацию (KVM), и для большинства задач используется дистрибутив Linux CentOS 7.3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана и создана схема высокодоступной инфраструктуры системы управления, существенно упрощающая развертывание сети и системное администрирование.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-50-00080) с использованием уникальной научной установки «Комплекс ВЭПП-4–ВЭПП-2000», получившей финансовую поддержку государства в лице Минобрнауки России (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61917X0008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Berkaev D., Andrianov A., Astrelina K., Balakin V., Batrakov A., Belikov O., Blinov M., Bolkhovityanov D., Butakov A., Bykov E., Dikansky N., Emanov F., Frolov A., Gambaryan V., Gorchakov K., Gusev E., KarnaeV S., Karpov G., Kasaev A., Kenzhbulatov E., Kiselev V., Klushev S., Kondakov A., Koop I., Korenev I., Kot N., Kozak V., Krasnov A., Krutikhin S., Kuptsov I., Kurkin G., Lebedev N., Levichev A., Logatchov P., Maltseva Yu., Mikailov A., Murasev A., Muslivets V., Nikiforov D., Novikov An., Ottmar A., Pavlenko A., Pivovarov I., Rashchenko V., Rogovsky Yu., SamoiloV S., Sazonov N., Semenov A., Shwartz D., Skrinsky A., Starostenko A., Starostenko D., Tribendis A., Tsyganov A., Vasichev S., Vasiliev S., Yudin V., Zemlyansky I., Zhuravlev A.* VEPP-5 Injection Complex: Two Colliders Operation Experience // Proc. of IPAC'17, Copenhagen, 2017.