

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

УДК 520

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН В РЕЖИМЕ e-РСДБ НА РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ “КВАЗАР-КВО”

© 2012 г. В. А. Яковлев, И. А. Безруков, А. И. Сальников

*Институт прикладной астрономии РАН
Россия, 191187, С.-Петербург, наб. Кутузова, 10
Поступила в редакцию 28.12.2011 г.*

Описано применение системы виртуальных машин на базе рабочей станции SUN Fire X4450 с внешним дисковым массивом StorageTek 2530 для обмена данными между обсерваториями комплекса “Квазар-КВО” и Центром корреляционной обработки РАН в режиме e-РСДБ. Сравнение с аналогичной системой на реальных рабочих станциях показало преимущество разработанной системы, что позволяет говорить о возможности ее использования в качестве основной (резервной) системы обмена данными в режиме e-РСДБ для обеспечения глобальной навигационной системы ГЛОНАСС.

ВВЕДЕНИЕ

Технология виртуальных машин широко используется в настоящее время в информационных сетях, в частности при организации сетей, предназначенных для проведения распределенных вычислений, и центров обработки данных [1].

Виртуальная машина – это программно-аппаратная система, эмулирующая аппаратное обеспечение некоторой платформы (target – целевая или гостевая платформа) и исполняющая программы для этой платформы на другой платформе (host – хост-платформа) [2]. Иными словами, виртуальная машина представляет собой “компьютер внутри компьютера”, на котором могут выполняться программы точно так же, как и на физическом компьютере. С точки зрения хост-платформы, виртуальная машина – это просто набор файлов на жестком диске, с которыми можно выполнять любые стандартные файловые операции – перемещать, копировать или удалять.

Виртуальные машины, создаваемые для центров обработки данных, должны быть включены в локальную сеть. Однако на практике хост-платформа (сервер) имеет довольно ограниченное число сетевых интерфейсов (как правило, не больше четырех), поэтому невозможно предоставить каждой машине свой сетевой интерфейс. Эта проблема решается с помощью виртуального коммутатора. Операционная система хост-платформы создает виртуальный коммутатор, один из портов которого соответствует физическому интерфейсу сервера, а к остальным портам присоединяются виртуальные машины. Такой подход позволяет встраивать созданные машины в уже существую-

щую сеть, что упрощает ее топологию. Эта технология используется в гипервизоре VMware ESX [3].

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН В РЕЖИМЕ e-РСДБ

Одной из важнейших прикладных задач, решаемых с помощью РСДБ-наблюдений [4–6], является оперативное определение Всемирного времени для обеспечения глобальной спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС [7–9]. Основной задачей исследования являлось создание системы виртуальных машин, обеспечивающей возможность резервирования существующей системы приема данных из обсерваторий комплекса “Квазар-КВО” и способной работать как основная система без ухудшения параметров, решающим из которых является оперативность.

Для создания системы виртуальных машин, обеспечивающих прием РСДБ-данных из обсерваторий “Квазар-КВО” в режиме квазиреального времени, использовалась операционная система VMware ESX – самый функциональный и мощный гипервизор, построенный на базе ядра Linux.

Хост-платформой виртуальных машин является сервер Sun Fire x4450 [10] с дополнительным дисковым массивом для хранения данных Sun StorageTek 2530. Основные технические характеристики хост-платформы: процессор 24x Intel Xeon 2.6 GHz; жесткий диск SAS 2 Tb RAID5 и SAS/SATA 12 Tb RAID5; сетевые интерфейсы 5x 1000Base-T и 1x 10GBase-CX4; операционная система VMware ESX 4.1.

Управление комплексом виртуальных машин осуществляется с помощью клиентской программы vSphere Client, которая устанавливается на лю-

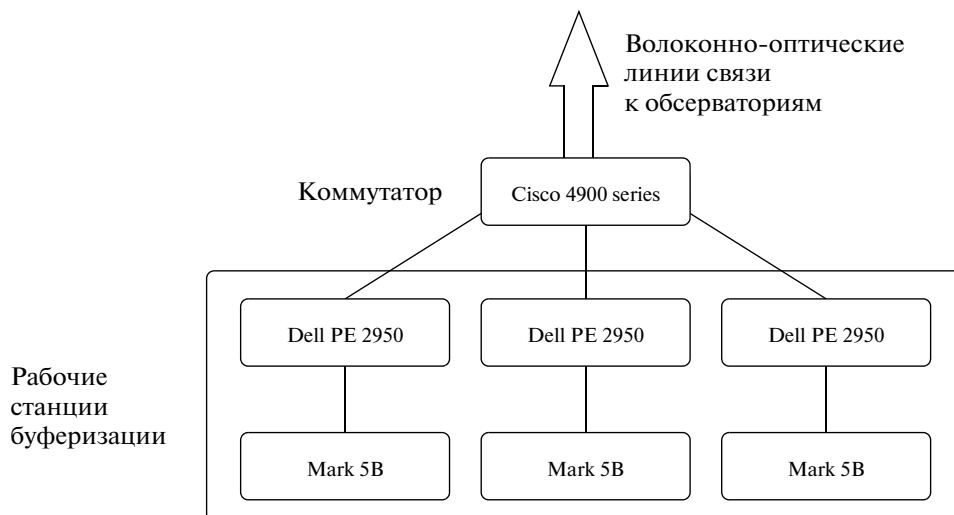


Рис. 1. Общая схема сети ЦКО РАН.

бой персональный Windows-компьютер, имеющий сетевой доступ к хост-платформе.

На первом этапе средствами vSphere Client была создана виртуальная машина, предназначенная для замены сервера буферизации обсерватории “Бадары”. Были выбраны следующие параметры виртуальной машины: процессор Intel Xeon 2.6 GHz; оперативная память 4096 Mb; жесткий диск SATA 1 Tb RAID5; сетевые интерфейсы 1x 1000Base-T и 1x 10Gb-CX4; операционная система Linux Debian Squeeze 6.0.1. После установки операционной системы виртуальный сервер был сконфигурирован для приема данных из обсерватории “Бадары”.

На этапе создания остальных виртуальных серверов (для обсерваторий “Зеленчукская” и “Светлое”) проявилось значительное преимущество виртуальных машин перед физическими машинами. Вместо того чтобы заново устанавливать операционную систему и необходимое программное обеспечение на каждый вновь создаваемый сервер, достаточно просто скопировать уже созданную виртуальную машину, переименовать ее и присвоить новый сетевой адрес. В итоге время, затраченное на создание нового рабочего сервера буферизации, составило несколько минут. Для сравнения следует отметить, что настройка аналогичного физического сервера требует нескольких часов.

Три виртуальных сервера используют один сетевой интерфейс сервера Sun (10Gb-CX4, скорость до 10 Гбит/с) с помощью технологии виртуального коммутатора. При одновременной передаче данных каждый виртуальный сервер располагает полосой пропускания около 3 Гбит/с.

СРАВНЕНИЕ СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН С СИСТЕМОЙ, ПОСТРОЕННОЙ НА РЕАЛЬНЫХ СЕРВЕРАХ

Начиная с 2009 г. в ИПА РАН успешно работает система приема данных в режиме e-РСДБ на основе реальных серверов [11–13]. Аппаратной платформой в этой системе являются три рабочие станции буферизации данных Dell Power Edge 2950, обеспечивающие одновременный прием данных из соответствующей обсерватории и последующую передачу этих данных на воспроизводящие терминалы Mark5B Центра корреляционной обработки РАН (ЦКО РАН). Каждый сервер, таким образом, отвечает за буферизацию данных, получаемых из одной обсерватории. На рис. 1 приведена структурная схема организации системы приема данных в ЦКО РАН.

Основные технические характеристики реального сервера буферизации: процессор Intel Xeon 2.6 GHz; оперативная память 2048 Mb; жесткий диск SAS 750 Gb RAID1; сетевой интерфейс 2x Broadcom 1000Base-T; операционная система Linux Debian 6.0.

Виртуальный сервер располагает большими ресурсами и обеспечивает более высокую производительность, чем физический сервер. Это достигается гибким и быстрым изменением его конфигурации, например, увеличением числа процессоров, объема оперативной и дисковой памяти, введением дополнительных сетевых интерфейсов. При этом изменение конфигурации не требует установки нового оборудования – все ресурсы предоставляет хост-платформа.

В качестве параметров сравнения эффективности виртуального и реального серверов были выбраны скорость сетевого подключения и скорость работы жесткого диска как наиболее важ-

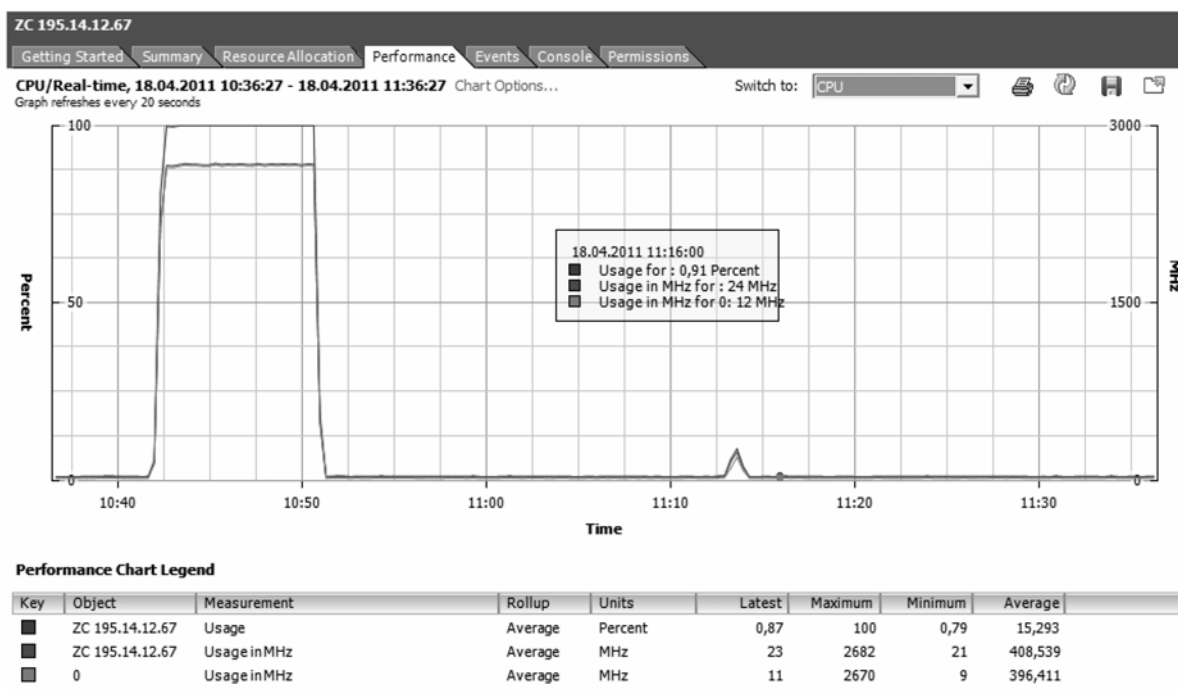


Рис. 2. График загрузки процессора на виртуальном сервере буферизации данных для обсерватории “Зеленчукская”.

ные для обеспечения быстрой передачи данных. Скорость работы сети измерялась с помощью пакета `iperf`, а скорость работы диска — с помощью пакета `bonnie++`. Исследование показало, что виртуальная рабочая станция буферизации не уступает по скорости работы диска реальной рабочей станции. При этом система виртуальных машин имеет следующие преимущества перед реальными серверами.

1. Гибкость конфигурации — возможность быстро и без использования дополнительных устройств изменять аппаратную конфигурацию рабочих станций буферизации.

2. Устойчивость к отказам и масштабируемость — возможность за несколько минут создать копии уже существующих машин и тем самым уменьшить время, требуемое для разворачивания работоспособного комплекса. Например, виртуальные рабочие станции буферизации для обсерваторий “Зеленчукская” и “Светлое” были созданы за 10 мин путем прямого копирования уже готового виртуального сервера “Бадары”.

Операционная система VMware ESX позволяет создавать резервные копии текущего состояния машин и в случае возникновения серьезной неисправности восстановить отказавшую рабочую станцию из такой копии. При этом не происходит потери данных РСДБ-сеансов. Наличие такой опции дает возможность неограниченно экспериментировать с конфигурацией аппаратного и программного обеспечения рабочей станции бу-

феризации в поисках оптимальной конфигурации без угрозы потери данных.

3. Снижение энергопотребления и организация пространства приборных шкафов. Использование одного физического сервера вместо трех позволило сократить энергопотребление в серверном помещении. Замена еще нескольких физических серверов на виртуальные даст возможность и в дальнейшем сокращать расход электроэнергии: замена каждого сервера на виртуальный снижает нагрузку примерно на 400 Вт.

Помимо этого, отказ от использования большого количества физических серверов экономит место в приборных шкафах. Каждый из трех серверов Dell 2950 PE в приборном шкафу занимает 2U, столько же места занимает один сервер Sun Fire X4450. Перевод физических серверов на виртуальные позволит существенно сократить количество сетевых и электрических кабелей, освободить несколько розеток и портов KVM.

4. Возможность централизованного управления комплексом виртуальных машин и мониторинга состояния виртуальных серверов. Для получения доступа к административной консоли достаточно установить всего одно соединение с сервером Sun Fire X4450, который предоставит доступ ко всем виртуальным машинам. Инструменты операционной системы VMware ESX позволяют наглядно демонстрировать загрузку процессора, оперативной памяти, сетевую активность и другие параметры. На рис. 2 приведен в

Getting Started Summary Virtual Machines Resource Allocation Performance Configuration Local Users & Groups Events Pe

General

Manufacturer: Sun Microsystems
 Model: SUN FIRE X4450
 CPU Cores: 24 CPUs x 2,666 GHz
 Processor Type: Intel(R) Xeon(R) CPU X7460 @ 2.66GHz
 License: vSphere 4 Standard Licensed for 4 physical CPU...
 Processor Sockets: 4
 Cores per Socket: 6
 Logical Processors: 24
 Hyperthreading: Inactive
 Number of NICs: 7
 State: Connected
 Virtual Machines and Templates: 26
 vMotion Enabled: N/A
 VMware EVC Mode: N/A
 Host Configured for FT: N/A
 Active Tasks:
 Host Profile: N/A
 Profile Compliance: ? N/A

Resources

CPU usage: **2172 MHz** Capacity
 24 x 2,666 GHz
 Memory usage: **31841,00 MB** Capacity
 131068,00 MB

Datastore	Capacity	Free	Last Update
6.3, DebF, 7x64	1,99 TB	912,39 GB	29.03.2011
Archive VMs	1,13 TB	719,24 GB	29.03.2011
BD, SV, 70	1,99 TB	6,94 GB	29.03.2011
SAS Big	1,99 TB	1,65 TB	18.04.2011
SAS Shturman, G...	751,00 GB	485,48 GB	29.03.2011
System	135,25 GB	104,82 GB	29.03.2011
VLBI, ZC	1,99 TB	1,26 TB	11.04.2011
ZC, SH	1,99 TB	86,94 GB	07.04.2011

Network	Type
External	Standard switch network
VM Network 195...	Standard switch network
VM Network 172...	Standard switch network
Buffer Network 1...	Standard switch network
172.22.9.0	Standard switch network

Рис. 3. Общие сведения о сервере Sun Fire X4450.

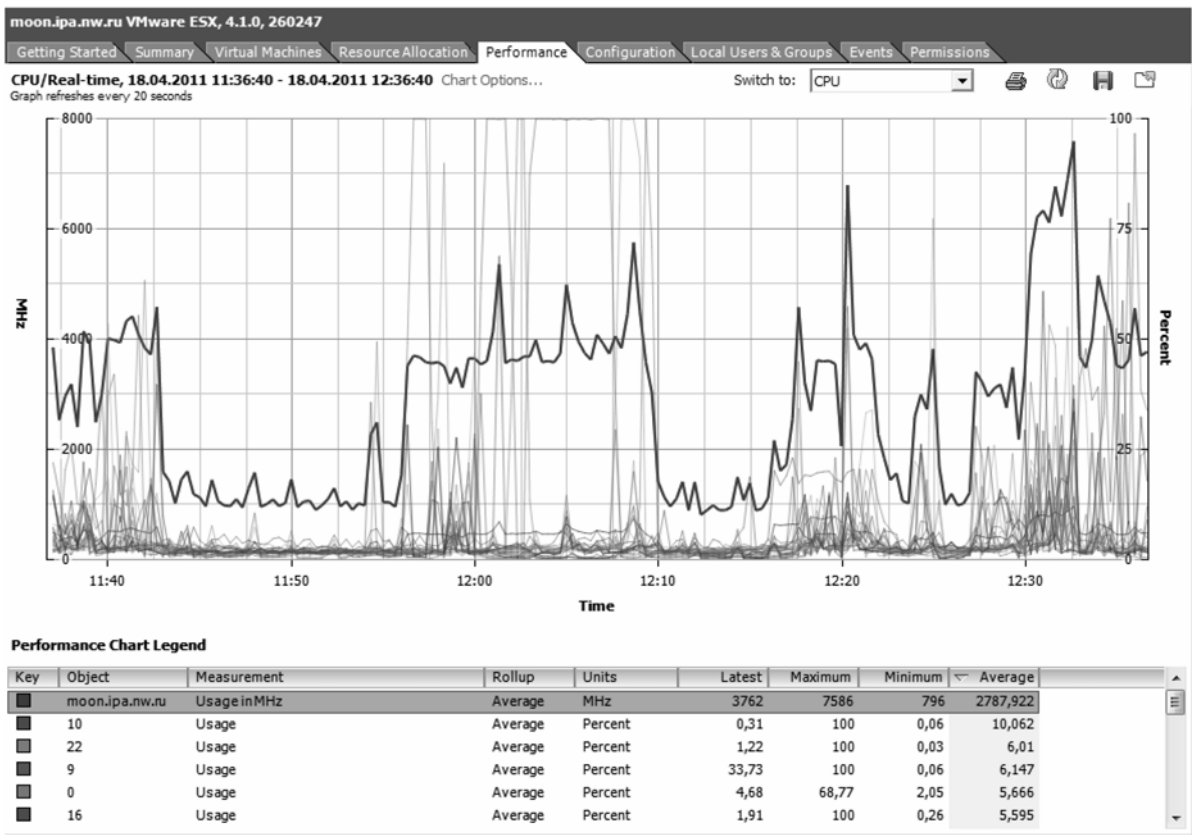


Рис. 4. Графики загрузки процессоров сервера Sun Fire X4450.

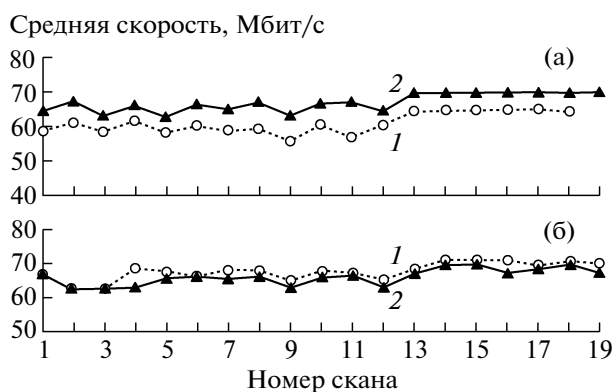


Рис. 5. Временные зависимости скорости передачи данных из обсерваторий “Бадары” (1) и “Зеленчукская” (2) на рабочие станции DELL2950 (а) и на виртуальные машины (б) в ЦКО РАН.

качестве примера график загруженности процессора на виртуальном сервере буферизации для обсерватории “Зеленчукская”.

На рис. 3 приведен скриншот административной консоли VMware ESX. Всего на сервере организовано 26 виртуальных машин. Все они работают одновременно и непрерывно, при этом, как видно из рисунка, мгновенная загруженность процессоров сервера составляет около 3%, а использование оперативной памяти — около 25%. Во время пиковой нагрузки на виртуальные машины, например при проведении вычислений на машинах центра обработки и анализа данных, загруженность процессора возрастает, однако ресурсов сервера хватает, чтобы и в пиковые часы общая нагрузка не превышала 5%. Рис. 4 иллюстрирует среднюю загрузку процессоров сервера.

Средняя используемая тактовая частота процессоров сервера за 1 ч работы в пиковом режиме составляет 2787.9 МГц, что соответствует примерно 4.46% от максимально возможной нагрузки.

На рис. 5 в качестве примеров представлены результаты определения скорости передачи данных в течение часового РСДБ-сеанса Ru-U для определения поправок Всемирного времени при использовании реальных серверов (рис. 5а) и технологии виртуальных машин (рис. 5б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что скорость доставки данных часовых РСДБ-сеансов из обсерваторий на виртуальные машины не уступает аналогичному показателю при работе с физическими серверами. При этом виртуальные машины по сравнению реальными рабочими станциями имеют ряд преимуществ: гибкость конфигурации, устойчивость к отказам и

масштабируемость, снижение энергопотребления, возможность централизованного управления комплексом виртуальных машин и мониторинга состояния виртуальных серверов. Все это позволяет говорить о целесообразности внедрения технологии виртуализации и использования такой системы в качестве основной.

В настоящее время в ИПА РАН на базе рабочей станции SUN Fire X4450 с внешним дисковым массивом StorageTek 2530 под управлением операционной системы VMware ESX созданы и запущены три виртуальных сервера буферизации данных, полностью заменяющие реальные машины. Начиная с марта 2011 г. передача данных часовых РСДБ-сеансов из обсерваторий радиointерферометрического комплекса “Квазар-КВО” в ЦКО РАН для оперативного определения Всемирного времени для системы ГЛОНАСС проводится с использованием виртуальных машин.

Авторы выражают благодарность профессору А.В. Ипатову за ценные замечания и поддержку в процессе проведения экспериментальных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стэмповский В.Г., Гаязов И.С. // Труды ИПА РАН. СПб., 2009. Вып. 20. С. 314.
2. Толковый словарь по вычислительным системам “Dictionary of Computing”. М.: Машиностроение, 1990. С. 25–30.
3. vSphere Virtual Machine Administration Guide. VMware Inc., 2010. С. 2–7.
4. Лаверов Н.П., Крутиков В.Н., Финкельштейн А.М. // Труды ИПА РАН. СПб., 2009. Вып. 20. С. 41.
5. Пасынков В.В. // Труды ИПА РАН. СПб., 2010. Вып. 21. С. 106.
6. Финкельштейн А.М., Гаязов И.С., Скурихина Е.А. и др. // Труды ИПА РАН. СПб., 2009. Вып. 20. С. 119.
7. Финкельштейн А.М., Ипатов А.В., Кайдановский М.Н. и др. // Труды ИПА РАН. СПб., 2005. Вып. 13. С. 104.
8. Финкельштейн А.М., Гаязов И.С., Губанов В.С. и др. // Труды ИПА РАН. СПб., 2005. Вып. 13. С. 7.
9. Финкельштейн А.М., Скурихина Е.А., Суркис И.Ф. и др. // Труды ИПА РАН. СПб., 2007. Вып. 17. С. 3.
10. Sun Fire™ X4450 Volume Configuration Guide. Sun Microsystems, Inc., 2009. С. 35–38.
11. Безруков И.А., Сальников А.И., Михайлов А.Г. // ПТЭ. 2009. № 5. С. 72.
12. Finkelstein A.M., Salnikov A.I., Bezrukov I.A. et al. // The 8th International e-VLBI Workshop. Madrid (Spain) on June 22–26 2009. Poster contributions “e-VLBI Technology in VLBI Network “Quasar” PoS (EXPreS09) 098”.
13. Финкельштейн А.М., Кайдановский М.Н., Сальников А.И. и др. // Письма в Астрономический журнал. 2011. Т. 37. № 6. С. 470.