

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛИЗАЦИИ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ НА СИСТЕМАХ С ОБЩЕЙ ПАМЯТЬЮ

Логинова И. П.

Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси

Минск, Республика Беларусь

E-mail: irilog.mail.ru

Кратко рассмотрены современные технологии виртуализации и использование виртуальных сред. Проведен анализ их преимуществ и недостатков. Исследовано применение технологии аппаратной виртуализации к организации параллельных вычислений комбинаторно-логический задач на системах с общей памятью.

ВВЕДЕНИЕ

Современные персональные компьютеры имеют шести-, восьми-, шестнадцати- ядерные. Мощности на одном физическом компьютере позволяют перенести в виртуальную среду операционные среды и системы, необходимые для реализации разных вычислительных задач. Это возможно сделать с помощью современных технологий виртуализации. Основным действующим объектом в любой технологии виртуализации является так называемый гипервизор: Virtual Machine Monitor (VMM) – программная прослойка между гостевыми операционными системами (ОС) и аппаратным обеспечением основной хост-машины, которая позволяет создавать множество гостевых виртуальных машин (ВМ). Каждая ВМ может обладать своей собственной ОС. Виртуализация может быть реализована разными способами, с помощью которых достигаются одинаковые результаты через разные уровни абстракции. У каждого способа есть свои достоинства и недостатки, но каждый из них находит свое место в зависимости от области применения. настоящее время весь рынок виртуализации для платформы x86 можно поделить на классы: 1) *Симуляция процессора.* 2) *Эмуляция аппаратных средств.* 3) *Программная полная виртуализация.* 4) *Программная паравиртуализация* (код, касающийся виртуализации, переносится в гостевую ОС). 5) *Технология виртуализации уровня ОС* (требует внесения изменений в ядро ОС). Этот подход использован в Solaris Containers, Virtuozzo/OpenVZ в ОС Linux, Linux Containers. 6) *Аппаратная или «нативная» виртуализация.*

ПОДДЕРЖКА АППАРАТНОЙ ВИРТУАЛИЗАЦИИ

Аппаратная виртуализация (АВ) представляет собой эмуляцию нескольких виртуальных процессоров для каждой из гостевых ОС при наличии нескольких ядер в физическом процессоре. *Технологии виртуализации Intel и AMD.* Компаниями реализована поддержка АВ в своих моделях процессоров, при помощи расширенного набора инструкций. Эти техники, не об-

ладая прямой совместимостью, выполняют схожие функции, предполагают наличие гипервизора, управляющего немодифицированными гостевыми ОС, предоставляют возможности для разработки платформ виртуализации без эмуляции аппаратуры. Проблемы обеспечения совместимости и стабильности работы АВ были полностью решены только в последних моделях процессоров. Исследованиями возможностей аппаратных техник виртуализации занимаются: AMD, Intel, Dell, Fujitsu Siemens, Hewlett-Packard, IBM, Sun Microsystems, Microsoft и VMware. Виртуализации Intel получила официальное название Intel Virtualization Technology (сокращенно Intel VT). В дополнение к виртуализации вычислений (VT), реализована технология виртуализации ввода-вывода (VT-d). Доработка компанией AMD процессоров получила официальное название AMD Virtualization (сокращенно AMD-V). AMD также реализована технология виртуализации ввода-вывода (IOMMU).

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Большинство программных платформ виртуализации поддерживают технологии аппаратной виртуализации Intel и AMD. В ОС, поддерживающих платформы паравиртуализации (такие, как Xen или Virtual Iron), аппаратная виртуализация позволяет запускать неизменные гостевые ОС. В табл. 1 перечислены платформы виртуализации и ПО, поддерживающие технологии АВ. Главной причиной отказа от использования виртуализации, является опасения потерь производительности виртуальной вычислительной среды по сравнению с физической средой. В то же время, имеются примеры, в которых эти потери незначительны. Например, виртуальная платформа Parallels выполняет вычисления на виртуальных графических процессорных устройствах (ГПУ) с производительностью, практически равной производительности физических ГПУ, благодаря использованию технологии Intel VT-d, которая позволяет напрямую назначать ВМ выделенные графические процессоры. Несмотря на упомянутые выше достоинства

Таблица 1 – Платформы и ПО с поддержкой аппаратной виртуализации

| Платформа виртуализации | Аппаратные технологии | Назначение |
|------------------------------------|-----------------------|--|
| Kernel-based Virtual Machine (KVM) | Intel VT, AMD-V | Виртуализация уровня экземпляров ОС под Linux |
| Microsoft Virtual PC | Intel VT, AMD-V | Настольная платформа виртуализации для хостовых Windows-платформ |
| Microsoft Virtual Server | Intel VT, AMD-V | Серверная платформа виртуализации для Windows. Версия с поддержкой аппаратной виртуализации |
| Parallels Workstation | Intel VT, AMD-V | Платформа виртуализации для Windows и Linux хост-машин |
| VirtualBox | Intel VT, AMD-V | Настольная платформа виртуализации с открытым кодом для Windows, Linux, Mac OS. Поддержка аппаратной виртуализации отключена по умолчанию |
| Virtual Iron | Intel VT, AMD-V | Платформа, используя аппаратные техники, позволяет запускать 32-битные и 64-битные неизменяемые гостевые ОС без потери производительности |
| VMware Workstation VMware Server | Intel VT, AMD-V | Для 64-х битных гостевых ОС нужна поддержка Intel VT (также и для VMware ESX Server). В 32-битных гостевых ОС Intel VT отключен по умолчанию |
| Xen | Intel VT, AMD-V | Позволяет запускать неизменяемые гостевые ОС, используя аппаратные техники виртуализации |

виртуализации, необходимо ответить на вопрос, встающий перед реализацией параллельных вычислений: могут ли виртуализированные системы обеспечить производительность, сравнимую с физической? Ответ на этот вопрос дает оценка производительности параллельного выполнения одной из трудоемких задач, применяемых в системах логического синтеза (раздельная минимизация системы полностью определенных булевых функций). Эксперименты показали, что хорошая производительность в виртуальной среде достижима. Проведено сравнение реальной производительности распараллеленной задачи минимизации на хост-машине с производительностью этой же задачи на гостевой ВМ. В качестве платформы виртуализации выбран Oracle VirtualBox [1]. В качестве ОС выбран Windows 7, в хост системе включена поддержка Intel VT (процессор Intel Core i5-3470, CPU 3.2 GHz, в гостевой ОС выделена память – 8 GB). Оценки производительности распараллеливания на системе с общей памятью, проведены для двух приложений, выполненных с использованием разных компиляторов, которые обеспечивают параллелизм по задачам: MS PPL (библиотеки параллельных шаблонов) и Intel CilkPlus. Отмечена совершенно незначительная разница в производительности параллельных вычислений для виртуальной и реальной ОС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Виртуализация вводит дополнительную гибкость в среду исполнения распределенных

вычислений и параллельных вычислений, которая может быть использована для решения важных вопросов при разработке и отладке параллельных программ. Кроме того, изначально трудно определить вычислительную нагрузку и временную сложность выполняемого приложения. Виртуализация позволяет решить данный вопрос более эффективно. При наличии свободных вычислительных ресурсов их легко можно добавить нужной ВМ, например, увеличить объем доступной памяти или добавить процессорные ядра, а процедура «живой миграции» позволяет виртуальным ОС и ее приложениям прерывать вычисления, сохраняя состояние, возобновлять вычисления, балансировать нагрузку на доступных ресурсах и оборудовании. Виртуализация может быть использована также для отладки масштабируемых приложений по мере их разработки. Например, отлаживать приложение на небольшом виртуальном кластере, проводить корректное тестирование приложения в точно имитированной среде выполнения. Несмотря на некоторые нерешенные вопросы, преимущества виртуализации неоспоримы. Использование данной технологии открывает новые возможности для высокопроизводительных систем (HPC), принимая во внимание небольшие потери в производительности по сравнению с реальными системами.

1. Oracle VM VirtualBox® User Manual (англ.) [Электронный ресурс] URL: <https://www.virtualbox.org/manual/UserManual.html> (дата обращения: 17.09.2018).