

Современная виртуализация

Курс «Программное моделирование вычислительных систем»

Григорий Речистов
grigory.rechistov@phystech.edu

11 апреля 2016 г.

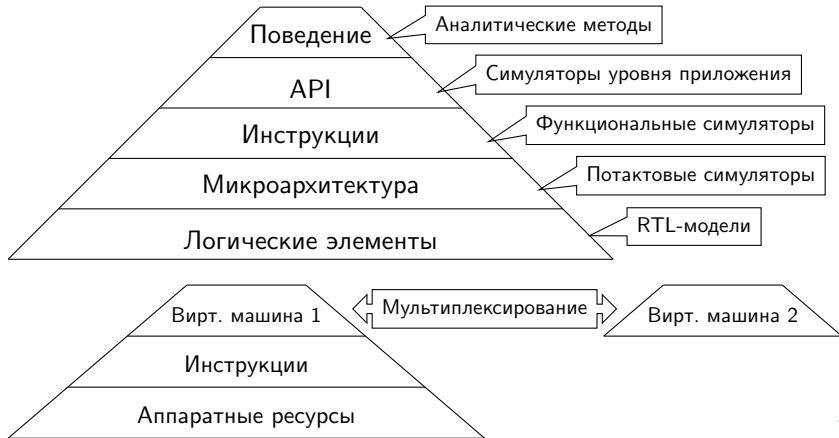
- 1** Классические условия виртуализации
 - Определения
 - Достаточное условие

- 2** Современные корректировки
 - Трансляция адресов
 - Периферийные устройства
 - Многопроцессорность

На прошлых лекциях

- Симуляция — моделирование системы через имитацию внешне видимых эффектов, возникающих при взаимодействии с ней
- Эмуляция — моделирование системы через имитацию внутренней структуры и процессов, происходящих внутри её подсистем
- Виртуализация — обеспечение эффективной изоляции нескольких систем друг от друга при одновременном и прозрачном доступе к ресурсам нижележащей системы

Связь виртуализации и симуляции



История

- IBM VM — 1960 гг. [1]
- VMware Workstation — 1998 г.
- Intel VT-x, VT-i — 2005 г.

Необходимые свойства

- 1** Изоляция — каждая виртуальная машина должна иметь доступ только к тем ресурсам, которые были ей назначены
- 2** Эквивалентность — любая программа, исполняемая под управлением ВМ, должна демонстрировать поведение, полностью идентичное реальной системе, за исключением эффектов, связанных с объёмами ресурсов
- 3** Эффективность — «статистически преобладающее подмножество инструкций виртуального процессора должно исполняться напрямую хозяйским процессором, без вмешательства монитора ВМ»



Модель

- Один процессор, исполняющий инструкции
- Состояние: (M, P, R)
- Два режима M : u и s
- Указатель текущей инструкции P
- Границы сегмента памяти R (l, b)
- Оперативная память: линейная E с ячейками $E[n]$

События ловушки (trap)

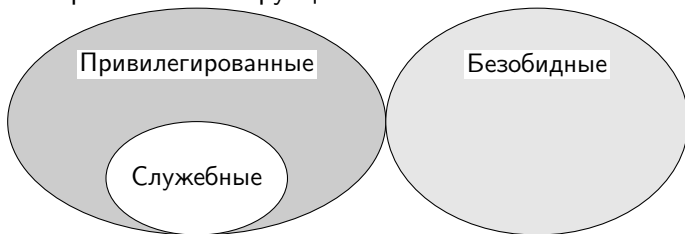
- Вызванные попыткой изменить состояние процессора (потока управления)
- Вызванные механизмом защиты памяти (ловушка з.п.)
- $E[0] \leftarrow (M1, P1, R1)$
- $(M2, P2, R2) \leftarrow E[1]$

Инструкции

- Привилегированные (privileged). Исполнение с $M=u$ всегда вызывает ловушку потока управления
- Служебные (sensitive)
 - Инструкции, исполнение которых закончилось без ловушки защиты памяти и вызвало изменение M и/или R
 - Инструкции, поведение которых в случаях, когда они не вызывают ловушку защиты памяти, зависит или от режима M , или от значения R
- Безвредные (innocuous) — не служебные

Достаточное условие

Множество служебных инструкций является подмножеством привилегированных инструкций





Построение

- Программы VM исполняют безобидные инструкции напрямую
- Служебные инструкции вызывают ловушку → переход в монитор, который их эмулирует
- Привилегированные инструкции (ОС внутри VM) → ловушка

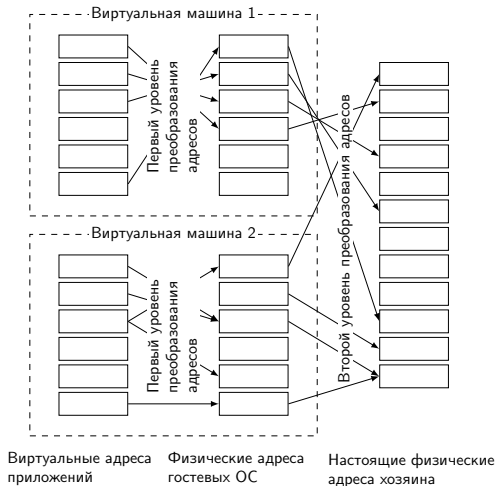


- 1 Изоляция
- 2 Эквивалентность
- 3 Эффективность

Что не упомянуто в условии Г. и П.

- Сложные схемы трансляции адресов
- Периферия
- Многопроцессорные системы

Трансляция адресов

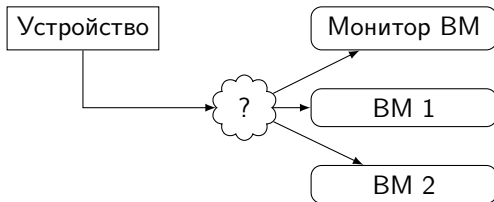


Виртуализация TLB

Виртуальный адрес	Физический адрес	Тэг
0x11112222000	0x22220000	VM1
0x11112222000	0x11110000	VM2
0x44443333000	0x55554000	MON
0xabcd9876000	0x00001000	VM1
0xabcd9876000	0x11111000	VM3

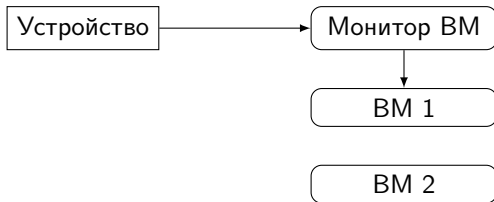
Периферийные устройства

- Кому доставлять прерывание?
- Что делать, если прерывания внутри VM запрещены?



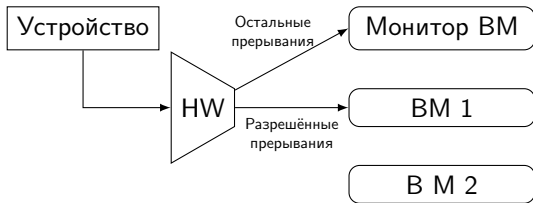
Консервативный подход

- Все прерывания доставляются монитору
- Монитор «впрыскивает» их в VM
- Повышенная задержка доставки прерываний



Аппаратная поддержка





Аппаратура обеспечивает доставку выбранных прерываний в текущую VM, остальные — в монитор



Многопроцессорность

- Планировка исполнения N виртуальных процессоров на M физических, $N \geq M$
 - Справедливая (fair)
 - Эффективная — характерные длительности синхронизационных процессов внутри VM должны быть близки к наблюдаемым на реальной аппаратуре
- Проблема вытеснения потоков, заблокировавших ресурсы (lock holder preemption)
- Монитору необходимо детектировать новый класс гостевых инструкций — синхронизационные примитивы (атомарные инструкции)

Рекомендуемая литература I

-  Popek Gerald J., Goldberg Robert P. Formal requirements for virtualizable third generation architectures // Communications of the ACM. V. 17. #7. 1974.
-  Leung, F. [et al.] Intel® Virtualization Technology // ITJ Vol 10 Issue 3 — 2006.
-  Harlan McGhan. The gHost in the Machine: Parts 1,2,3 // Microprocessor Report. 2007. <http://mpronline.com>
-  Jiannan Ouyang and John R. Lange. Preemptable ticket spinlocks: improving consolidated performance in the cloud — 2013 <https://labs.vmware.com/vee2013/docs/p191.pdf>

Рекомендуемая литература II



Аппаратная виртуализация. Теория, реальность и поддержка в архитектурах процессоров

<http://habrahabr.ru/company/intel/blog/196444/>



На следующей лекции

Паравиртуализация

Спасибо за внимание!

Слайды и материалы курса доступны по адресу
<http://is.gd/ivuboc>

Замечание: все торговые марки и логотипы, использованные в данном материале, являются собственностью их владельцев. Представленная здесь точка зрения отражает личное мнение автора, не выступающего от лица какой-либо организации.