Introdução a Virtualização

Sergio Roberto Charpinel Junior
Profa. Roberta Lima Gomes

Por que virtualizar?

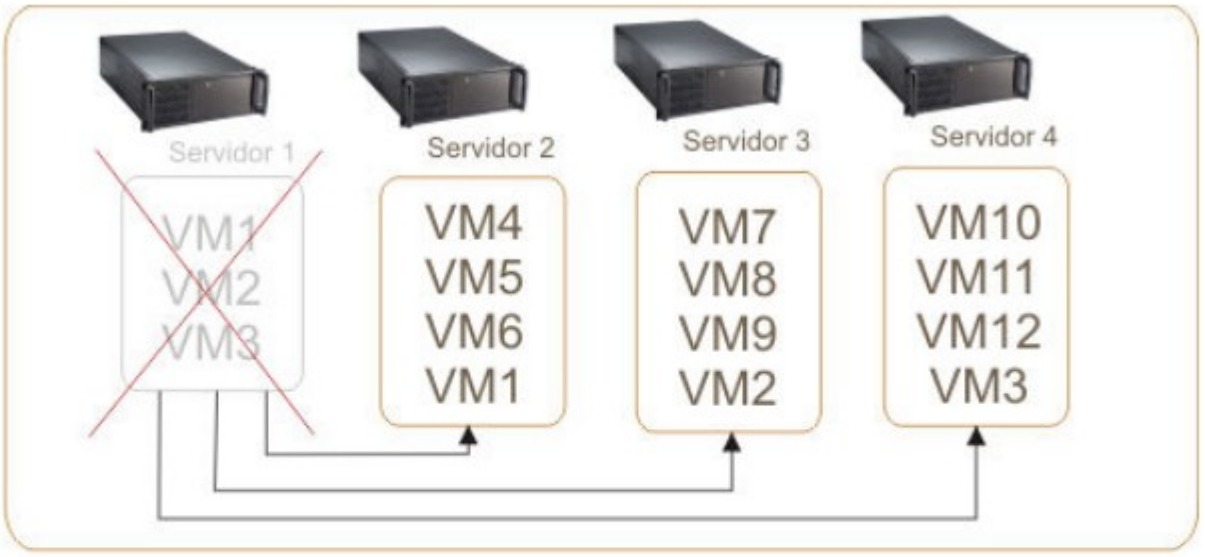
- Descentralização de recursos computacionais
  - Cloud computing
- Plena utilização de recursos físicos
  - “Do more with less”
  - Reaproveitamento de recursos
- Diferentes SOs no mesmo hardware
  - Isolamento de aplicações
  - Segurança
- Redução no número de máquinas físicas
  - Economia de energia, espaço, dinheiro

Por que virtualizar?

- Facilidade de gerenciamento
- Treinamentos e ambientes de ensino
- Facilidade para restauração e recuperação de serviços
  - Maior disponibilidade
  - **Tolerância a falhas**
- Etc...

Por que virtualizar?

Funcionamento normal



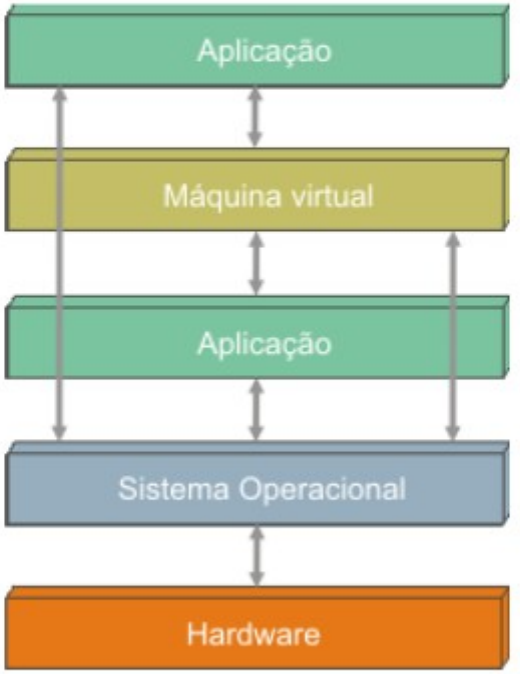
Funcionamento com falha

Contexto histórico

- Surgiu na década de 60 na IBM
  - Soluções combinadas em hardware e software (desempenho!)
  - Dividir logicamente o mainframe
    - Recurso caro, necessário utilização completa
- Popularização do x86 no final da década de 80
  - Desktops
  - Virtualização ficou de lado
- Popularização da Internet a partir da década de 90
  - Alta disponibilidade
  - Necessidade de economia de recursos
  - Virtualização ganha espaço novamente

Conceitos

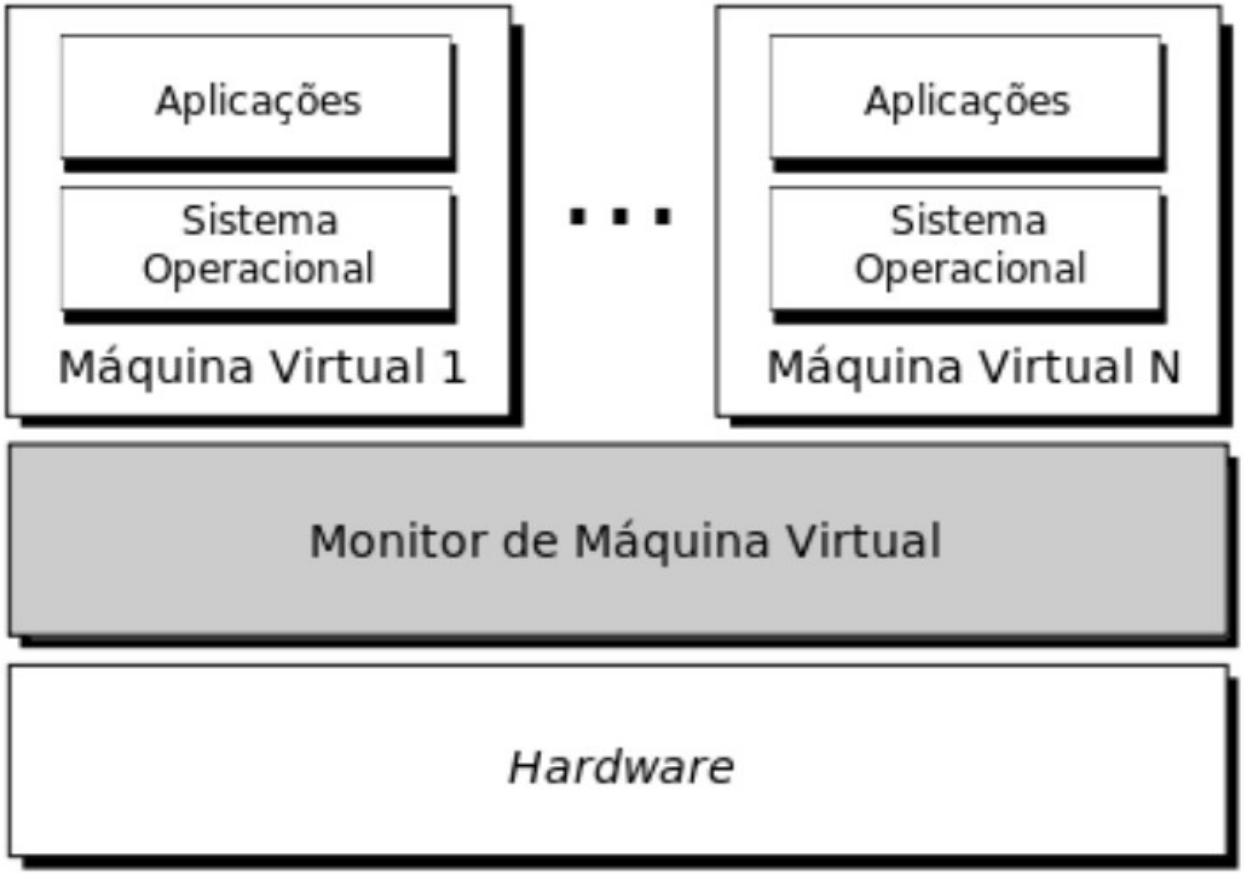
- “Uma máquina virtual é uma cópia eficiente e isolada da máquina real” (POPEK; GOLD-BERG, 1974).
- Existem duas categorias de máquinas virtuais:
  - Máquinas virtuais de processo (ex. Java)
    - Execução de programas
  - Máquinas virtuais de sistemas (ex. Xen)
    - Execução de SO completo



Conceitos - MMV

- Monitor de Máquina Virtual (MMV) ou Virtual Monitor Machine (VMM)
  - Camada de software que abstrai os recursos físicos para utilização das máquinas virtuais
  - Hipervisor ou

    Hypervisor



Conceitos - MMV

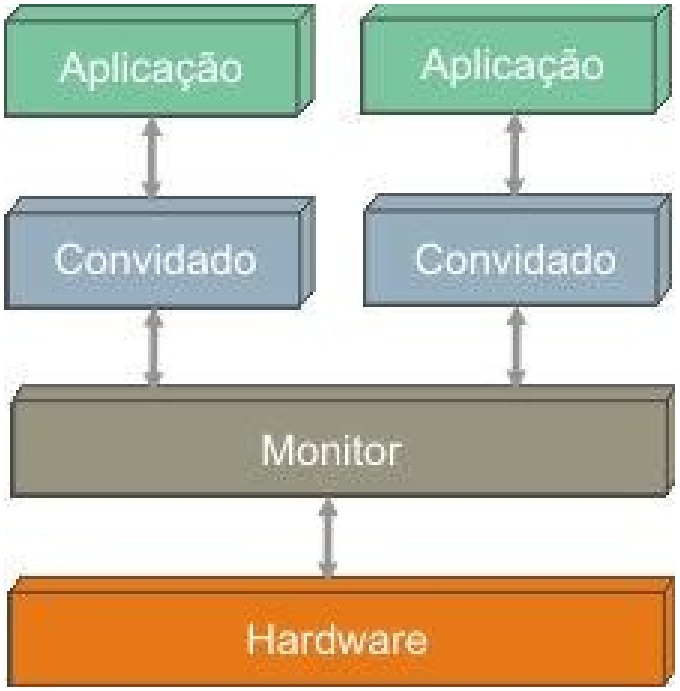
- Definições de Popek e Goldberg:
  - O MMV deve fornecer aos programas um ambiente idêntico ao da máquina original.
  - Os programas nesse ambiente devem apresentar como perda apenas uma diminuição de sua velocidade de execução.
  - O MMV deve possuir controle completo sobre os recursos do sistema
- O MMV deve interpretar e emular o conjunto de instruções entre as máquinas virtuais e a máquina real

Conceitos - MMV

- Principais funções do MMV:
  - Definir o ambiente de máquinas virtuais.
  - Alterar o modo de execução do sistema operacional
    - Kernel ↔ User
  - Emular as instruções e escalonar CPU para as VMs
    - Muitas instruções do processador virtual devem ser executadas diretamente pelo processador real, sem que haja intervenção do monitor (eficiência!)
  - Gerenciar acesso a
    - Memória, Disco
  - Intermediar as chamadas de sistema e controlar acesso a outros dispositivos de I/O
    - Drive USB, dispositivos de rede etc.

Tipos de Máquinas Virtuais

- Tipo I
  - *VMware ESXi Server*
  - *Microsoft Hyper-V*
  - *Citrix/Xen Server*



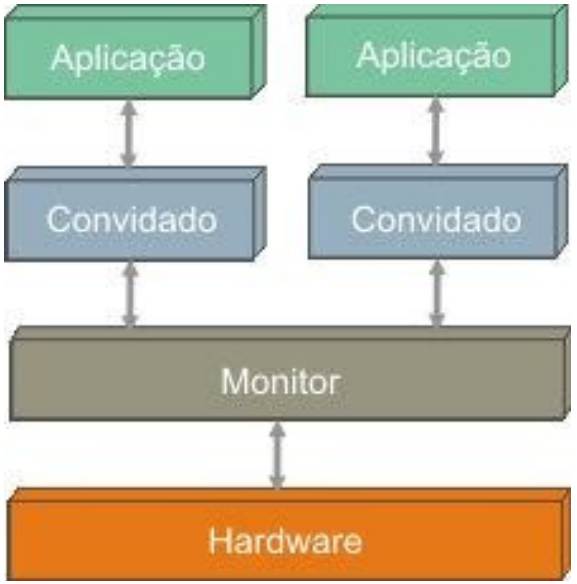
- Tipo II
  - VMware Workstation
  - Microsoft Virtual PC
  - Oracle Virtual Box

Tipos de Máquinas Virtuais

- Máquinas virtuais clássicas ou de Tipo I
  - O monitor é implementado entre o hardware e os sistemas convidados
  - Executa com a maior prioridade sobre os sistemas convidados
  - Pode interceptar e emular todas as operações que acessam ou manipulam os recursos de hardware
  - *VMware ESXi Server,*

    Microsoft Hyper-V,

    Citrix/Xen Server

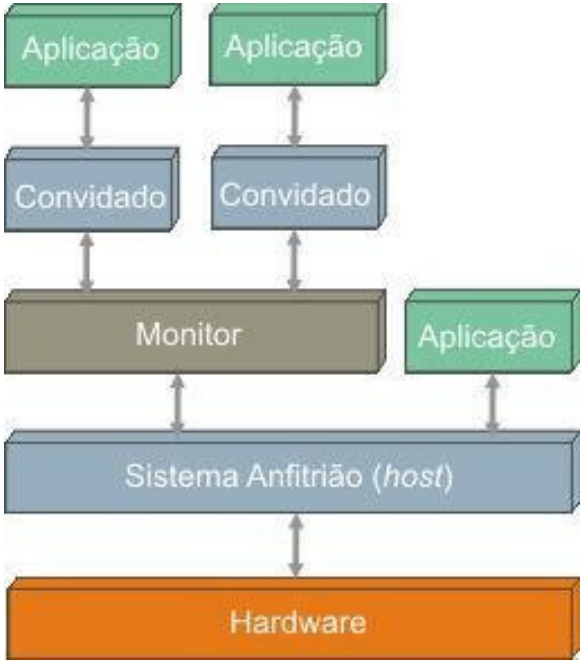


Tipos de Máquinas Virtuais

- Máquinas virtuais Hospedadas ou de Tipo II
  - O monitor é implementado como um processo de um sistema operacional “real”
  - O monitor simula todas as operações que o sistema anfitrião controlaria
  - *VMware Workstation*

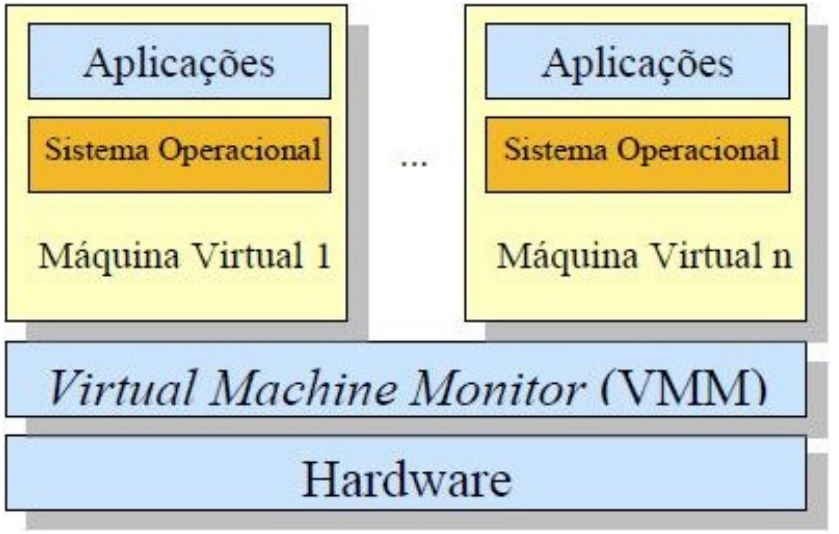
    Microsoft Virtual PC

    Oracle Virtual Box



Virtualização Total

- Provê uma **completa simulação** da subcamada de hardware para os sistemas convidados
  - Todos os SOs que são capazes de executar diretamente em um hardware também podem executar em uma máquina virtual
    - Não há necessidade de modificações nos sistemas operacionais convidados
- O Monitor roda em modo kernel (Tipo 1), e os sistemas convidados em modo usuário
  - Todas as instruções são “testadas”
  - As **instruções sensíveis (privilegiadas)** são capturadas e emuladas na VM
    - *trap-and-emulate*



Virtualização Total

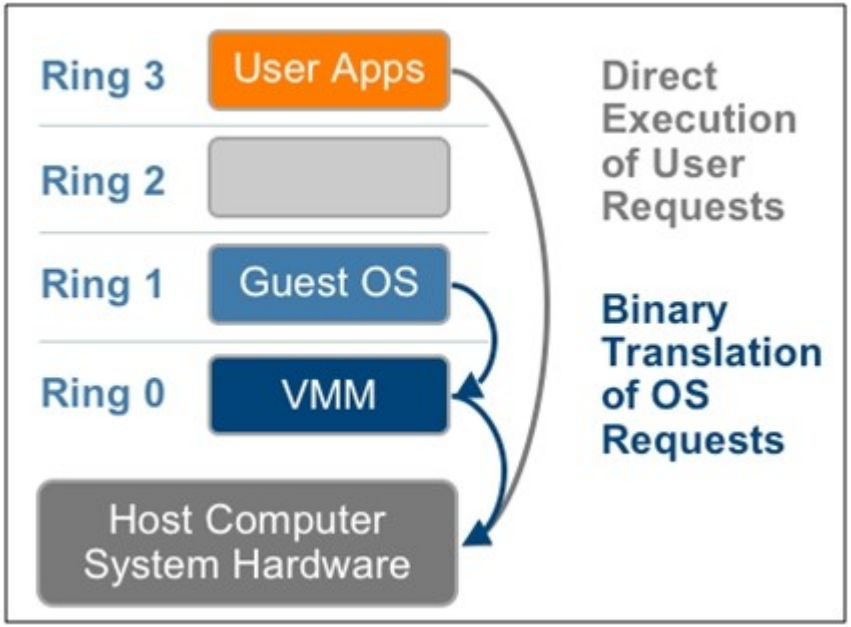
- Desvantagens
  - O número de dispositivos (*drivers*) a serem suportados pelo Monitor é extremamente elevado
    - Para resolver... uso de dispositivos genéricos
  - Instruções executadas pelo SO visitante devem ser testadas pelo Monitor
  - Ter que contornar alguns problemas gerados pela implementação dos SOs
    - SOs foram projetados para serem executados como instância única nas máquinas físicas
    - Ex: Paginação → Disputa SOs → queda de desempenho

Virtualização Total

- **Instruções sensíveis**
  - São aquelas que podem consultar ou alterar o status do processador
- **Instruções privilegiadas**
  - Só podem ser executadas em modo kernel
    - Geram *trap* quando executadas em modo usuário
- **Segundo Popek e Goldberg, uma máquina é virtualizável se:**
  - **Instruções sensíveis formarem um subconjunto de instruções privilegiadas**
- IBM/370 é virtualizável
- Intel 386 não é estritamente virtualizável
  - Algumas instruções têm comportamentos diferentes no modo usuário e no modo supervisor
  - Ex: Instruções de leitura de estado privilegiado e instruções que alteram tabela de páginas não geram *trap*.
  - Resolvido em 2005 com Intel VT e AMD SVM
    - Implementam o modo hypervisor (entre o HW e o modo kernel)
    - Instruções sensíveis geram trap

Virtualização no x86 (Hipervisor 1)

- Solução Trap-and-emulate
  - Nas CPUs VT e SVM instruções sensíveis geram trap
  - MMV é alocado no anel 0
  - SO virtualizado no nível 1 (ou 3)
- Tradução binária...



Virtualização no x86 (Hipervisor 1)

- Tradução binária dinâmica
  - O monitor analisa, reorganiza e traduz as sequências de instruções emitidas pelo sistema convidado em novas sequências de instruções, *on-the-fly*
  - O código é dividido em blocos e estes são então verificados
  - Visa-se com isso

    (a) Adaptar as instruções geradas pelo sistema convidado à interface ISA do sistema real, caso não sejam idênticas;

    (b) Detectar e tratar instruções sensíveis não-privilegiadas (que não geram *traps* ao serem invocadas pelo sistema convidado); ou

    (c) analisar, reorganizar e otimizar as sequências de instruções geradas pelo sistema convidado, para melhorar o desempenho .
  - Blocos de instruções muito frequentes podem ter suas traduções mantidas em cache
  - Instruções privilegiadas são substituídas por chamadas de rotina do MMV
    - MMV emula instruções

Virtualização no x86 (Hipervisor 2)

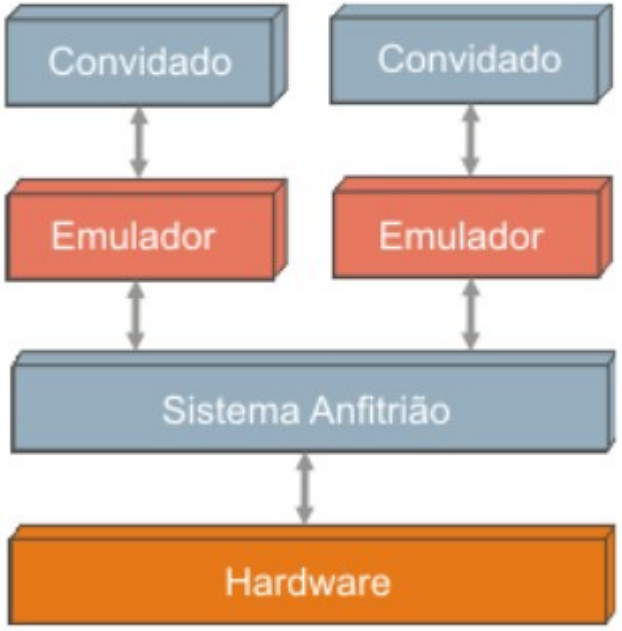
- MMV é um programa de usuário
- Tradução binária dinâmica
  - Instruções privilegiadas são substituídas por chamadas de rotina do MMV
    - MMV emula instruções

Paravirtualização

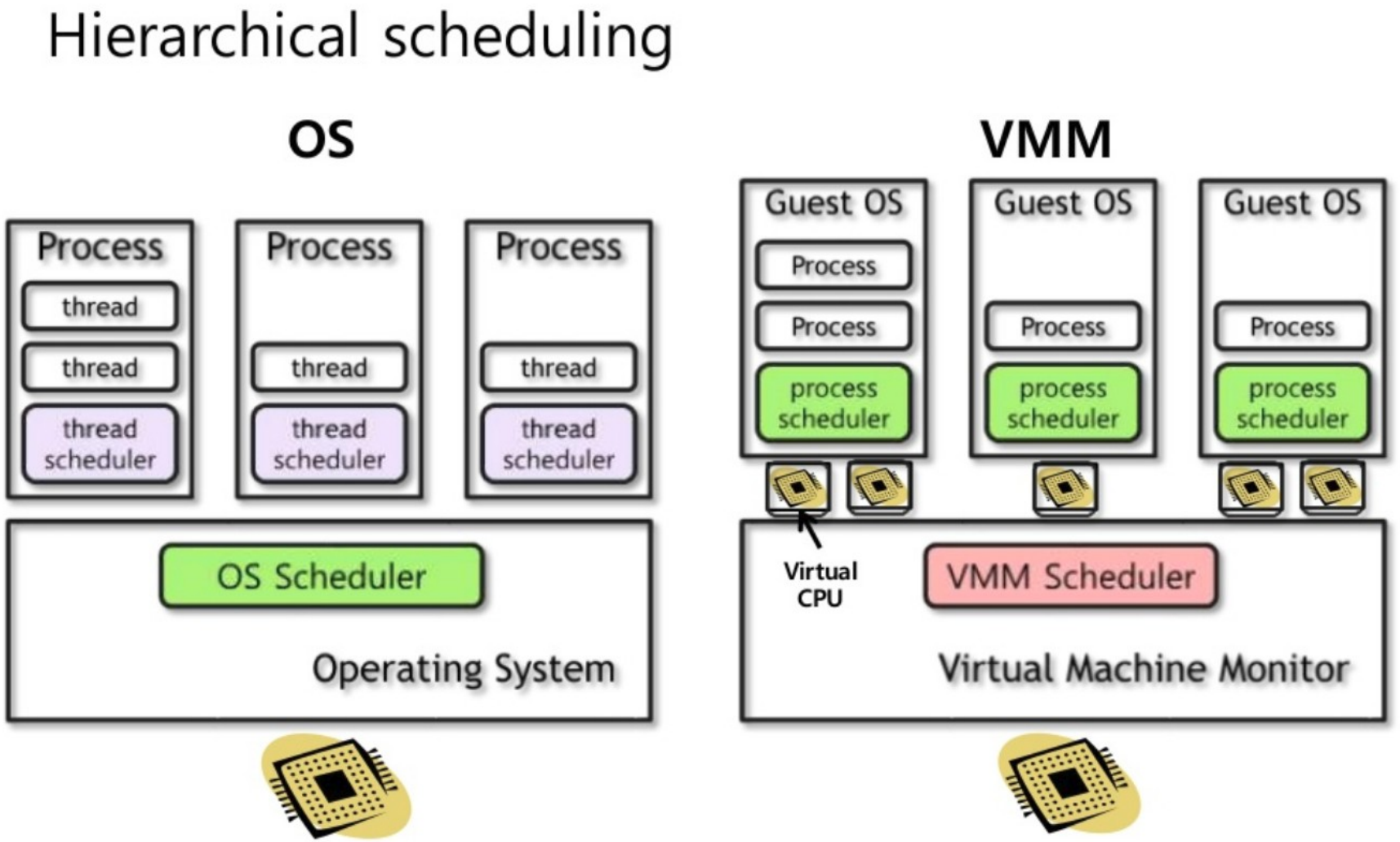
- Virtualização total
  - Desacoplamento maior da máquina física
  - Ex.: Hipervisor 1 e Hipervisor 2
- Paravirtualização
  - MMV fornece uma API para MVs
  - SO virtual é modificado
    - Instruções sensíveis são substituídos por chamadas ao MMV
  - Ganho de desempenho
  - Paravirt ops – API da MMV padronizada

Outras técnicas

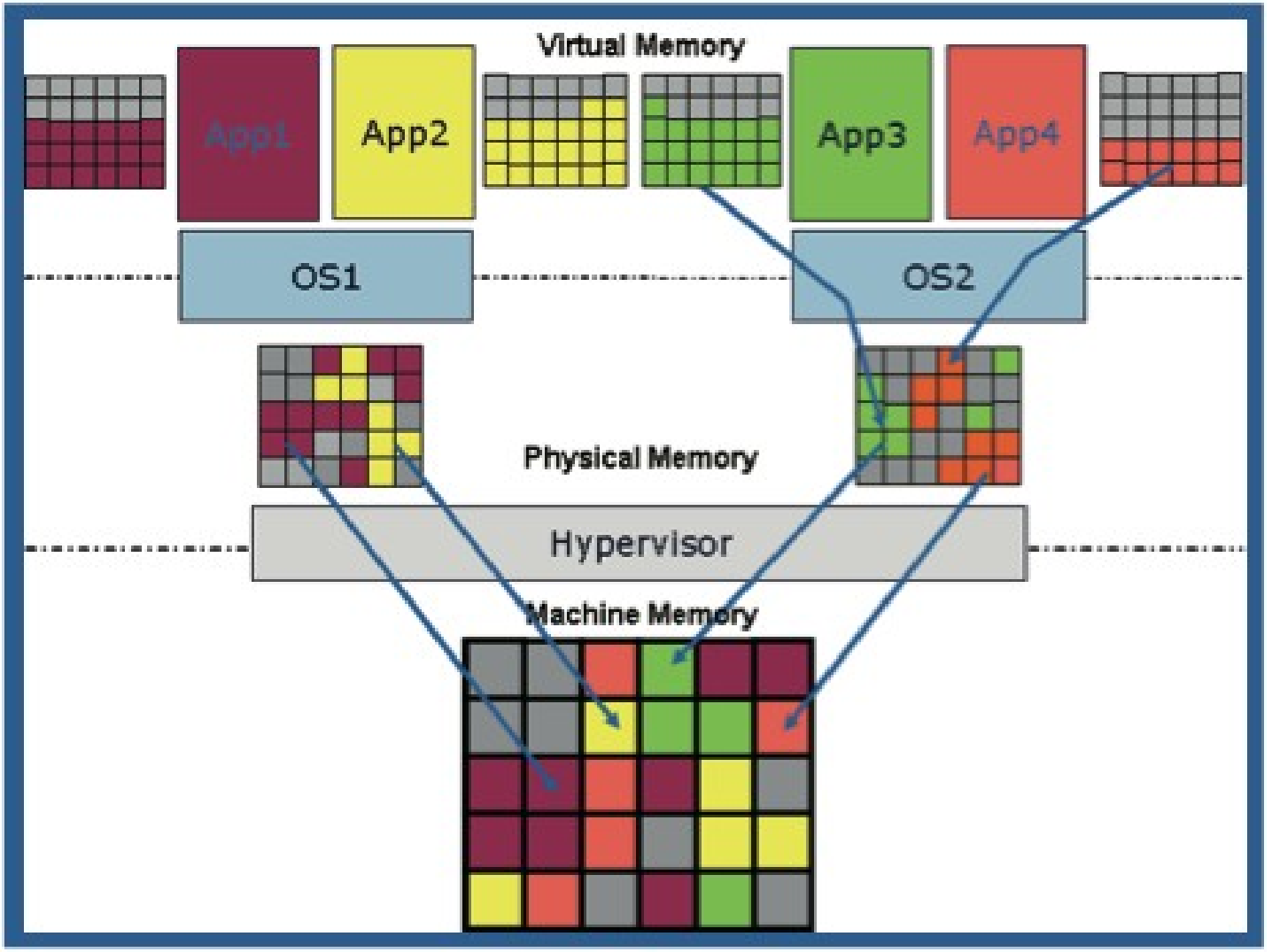
- Emulação
  - simula o hardware do sistema para a execução do sistema convidado
    - “Traduz” instruções do sistema convidado para equivalentes no sistema anfitrião e vice-versa
  - Ex: QEMU



https://www.slideshare.net/HwanjuKim/3cpu-virtualization-and-scheduling

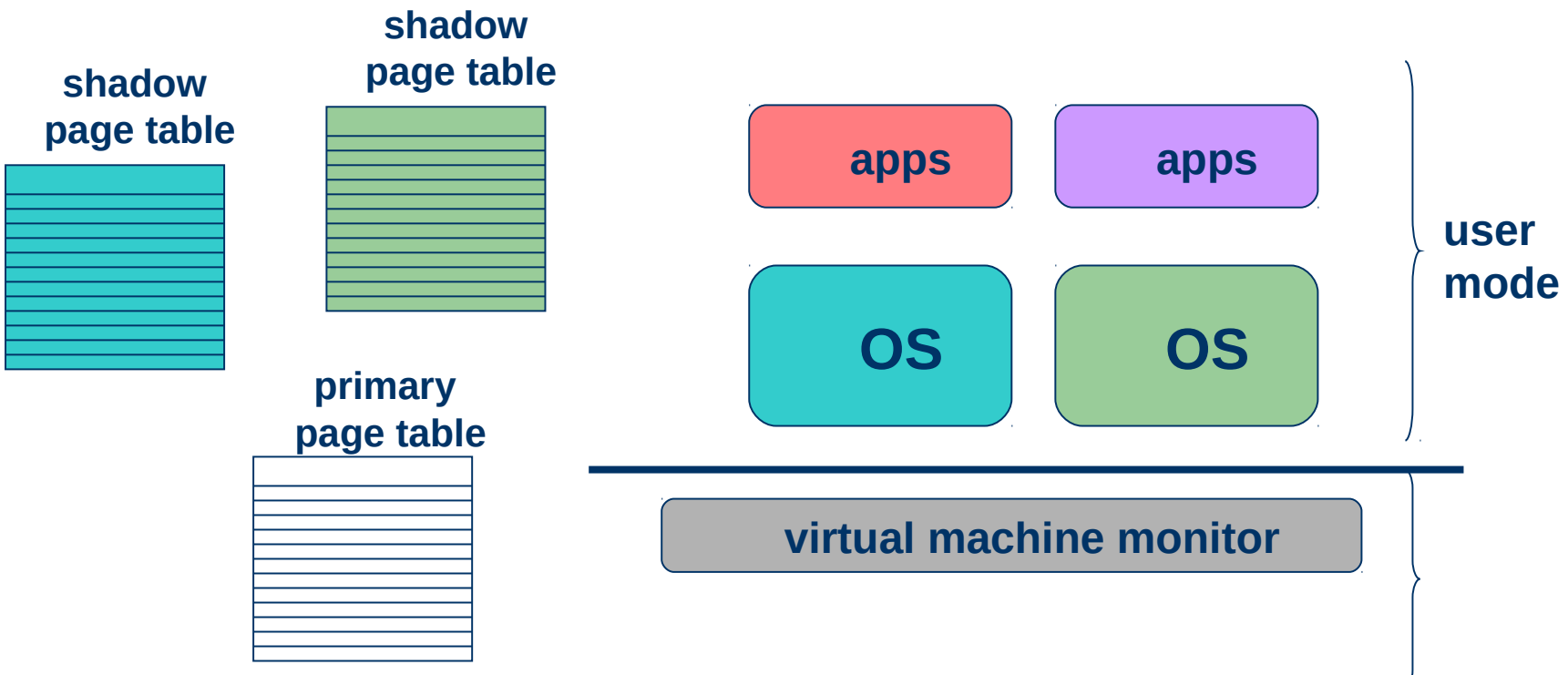


Virtualização de memória



Virtualização de memória

- Tabela de páginas de sombra (Shadow page tables)
  - VMs exergam MMU emulada pelo Monitor
  - Monitor captura page fault e converte endereços virtuais do guest em endereços físicos do host

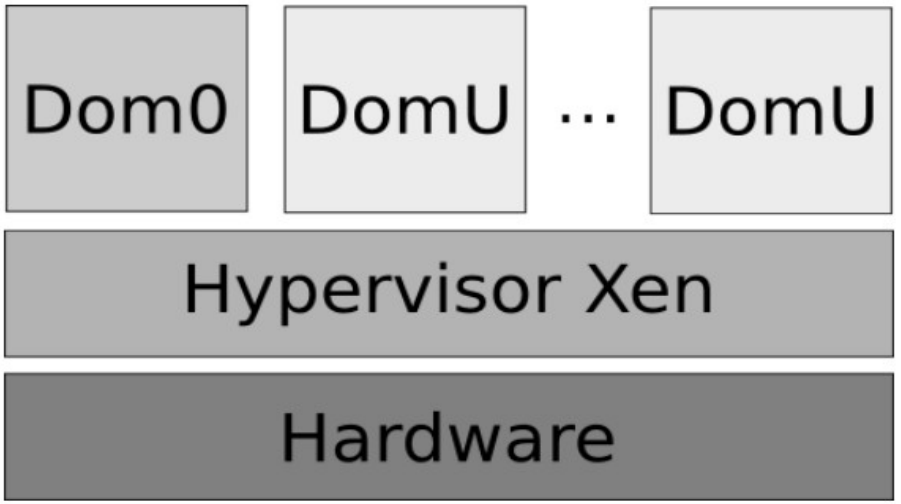


Virtualização de E/S

- Virtualização de disco
  - Arquivos, partições LVM, partições físicas, etc.
  - Pode expor disco diferente do real para MV e traduzir chamadas
- DMA
  - MMV pode/deve traduzir endereços
  - Hardwares atuais possuem MMU para E/S
- Solução Xen:
  - Uma MV (dom0) executa SO padrão e demais MVs (domUs) direcionam suas chamadas de E/S para ela

Xen

- Gratuito e de código aberto
- Desenvolvido por grandes empresas:
  - Citrix, AMD, HP, IBM, Intel, etc.
- Customizável



Xen

- DomU PV
  - Paravirtualizada
  - E/S com memória compartilhada
- HVM
  - Virtualização completa
  - E/S emulada pelo QEMU
- HVM-PV
  - HVM com drivers PV
- Suporte a live migration
- Discos compartilhados

VMware

- Desktop
  - VMware Workstation
  - VMware Fusion
  - VMware Player (free)
- Server
  - VMware ESX e VMWare ESXi (free)
- Cloud
  - VMware vCloud
- Gerenciamento
  - VMware vCenter