ACH 2147 — DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DISTRIBUÍDOS

ARQUITETURAS E PROCESSOS DE SISTEMAS DISTRIBUÍDOS

Introdução à Threads

Ideia básica

Construir um processador virtual com software, em cima dos processadores físicos:

processador: (hardware) provê um conjunto de instruções junto com a capacidade de executá-las automaticamente

thread: (software) um processador mínimo com um contexto que possui uma série de instruções que podem ser executados. Gravar o contexto de uma thread implica em parar a execução e guardar todos os dados necessários para continuar a execução posteriormente

processo: (software) um processador em cujo contexto pode ser executado uma ou mais threads. Executar uma thread significa executar uma série de instruções no contexto daquela thread.

Troca de contexto

Contextos

Contexto do processador: um conjunto mínimo de valores guardados nos registradores do processador, usado para a execução de uma série de instruções (ex: ponteiro de pilha, registradores, contador de programa, etc.)

Contexto de thread: um conjunto mínimo de valores guardado em registradores e memória, usado para a execução de uma série de instruções (i.e., contexto do processador e estado)

Contexto de processo: um conjunto mínimo de valores guardados em registradores e memória, usados para a execução de uma thread (i.e., contexto de threads e os valores dos registradores de MMU — Memory Management Unit)

Troca de contexto

Observações:

1. Threads compartilham o mesmo espaço de endereçamento. A realização da troca de contexto pode ser feita independentemente do sistema operacional
2. A troca de processos é mais custosa, já que envolve o sistema operacional
3. Criar e destruir threads é muito mais barato do que fazer isso com processos

Threads de SO e de usuário

Problema:
O núcleo do sistema operacional deve prover threads, ou elas devem ser implementadas em nível de usuário?

Solução no nível de usuário

- Todas as operações podem ser realizadas dentro de um único processo — **muito** mais eficiente
- Todos os serviços providos pelo núcleo são feitos *em nome do processo na qual a thread reside* — se o núcleo decidir bloquear a thread, o processo inteiro será bloqueado
- Threads são usadas quando há muitos eventos externos: *threads são bloqueadas com base nos eventos recebidos* — se o kernel não puder distinguir as threads, como permitir a emissão de sinais do SO para elas?

Threads de SO e de usuário

Solução no nível do SO

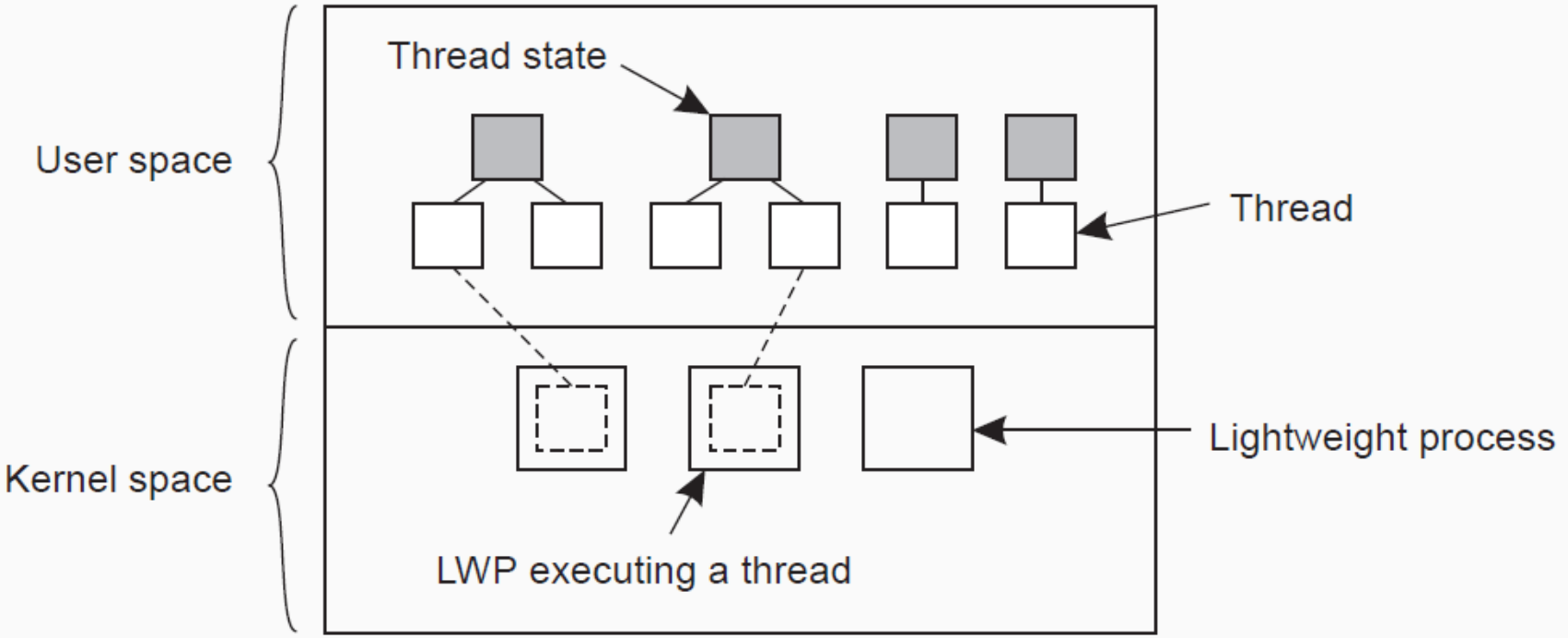
- O núcleo contém a implementação do software de threading. *Todas* as operações são chamadas de sistemas
- Operações que bloqueiam uma thread não são mais um problema: o núcleo escalona outra thread ociosa dentro do mesmo processo
- Tratamento de eventos externos mais simples: o núcleo (que recebe todos os eventos) escalona a thread associada com aquele evento
- O problema é a perda de eficiência devido ao fato de que todas as operações em threads requerem um *trap* pro núcleo

Conclusão

O melhor é tentar juntar threads de nível de usuário e de nível do SO em um único conceito.

Threads do Solaris

Introduz uma abordagem em dois níveis para threads: processos leves que podem ser executar threads de nível de usuário



Threads do Solaris

Operação principal

- uma thread de nível de usuário realizam uma chamadas de sistema: o LWP (*light-weight process)* que estiver executando aquela thread bloqueia. A thread continua associada àquele LWP.
- O núcleo pode escalonar outro LWP com uma thread associada pronta para execução. Essa thread pode ser trocada por qualquer outra thread de nível de usuário que esteja pronta.
- Uma thread executa uma operação de nível de usuário bloqueante — faça troca de contexto para uma thread pronta (e então a associe ao mesmo LWP).
- Quando não há threads para executar, um LWP pode ficar ocioso, e mesmo destruído pelo núcleo.

Threads e Sistemas Distribuídos

Clientes web multithreaded — escondem a latência da rede:

- Navegador analisa a página HTML sendo recebida e descobre que *muitos outros arquivos devem ser baixados*.
- Cada arquivo é baixado por uma thread separada; cada uma realiza uma requisição HTTP (bloqueante)
- A medida que os arquivos chegam, o navegador os exibem.

Múltiplas chamadas requisição–resposta (RPC) para outras máquinas

- Um cliente faz várias chamadas simultâneas, cada uma em uma thread diferente
- Ele espera até que todos os resultados tenham chegado.
- Obs: se as chamadas são a servidores diferentes, você pode ter um speed-up linear

Threads e Sistemas Distribuídos

Melhorias no desempenho

- Iniciar uma thread é **muito** mais barato do que iniciar um novo processo
- Ter servidores single-threaded impedem o uso de sistemas multiprocessados
- Tal como os clientes: esconda a latência da rede reagindo à próxima requisição enquanto a anterior está enviando sua resposta.

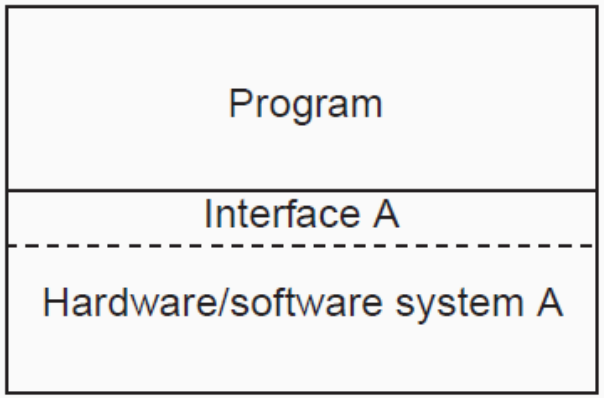
Melhorias na estrutura

- A maioria dos servidores faz muita E/S. Usar chamadas bloqueantes simples e bem conhecidas simplifica o programa.
- Programas multithreaded tendem a ser menores e mais fáceis de entender, já que simplificam o fluxo de controle.

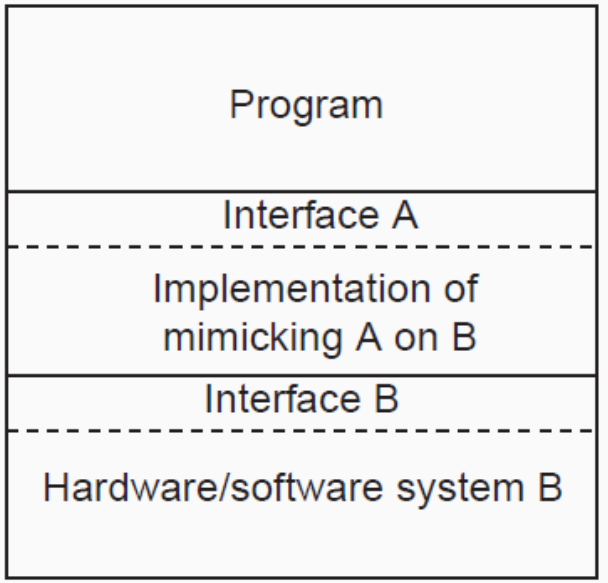
Virtualização

É cada vez mais importante:

- Hardware muda mais rápido do que software
- Melhora a portabilidade e a migração de código
- Provê isolamento de componentes com falhas ou sendo atacados



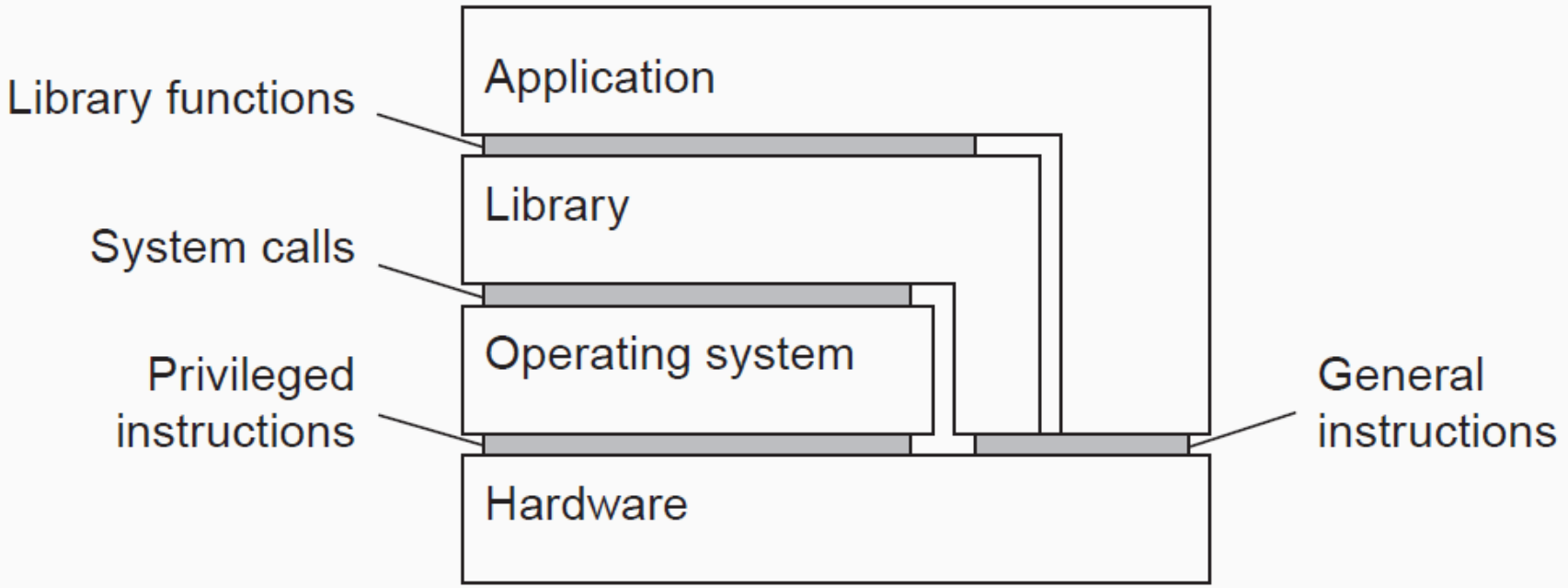
(a)



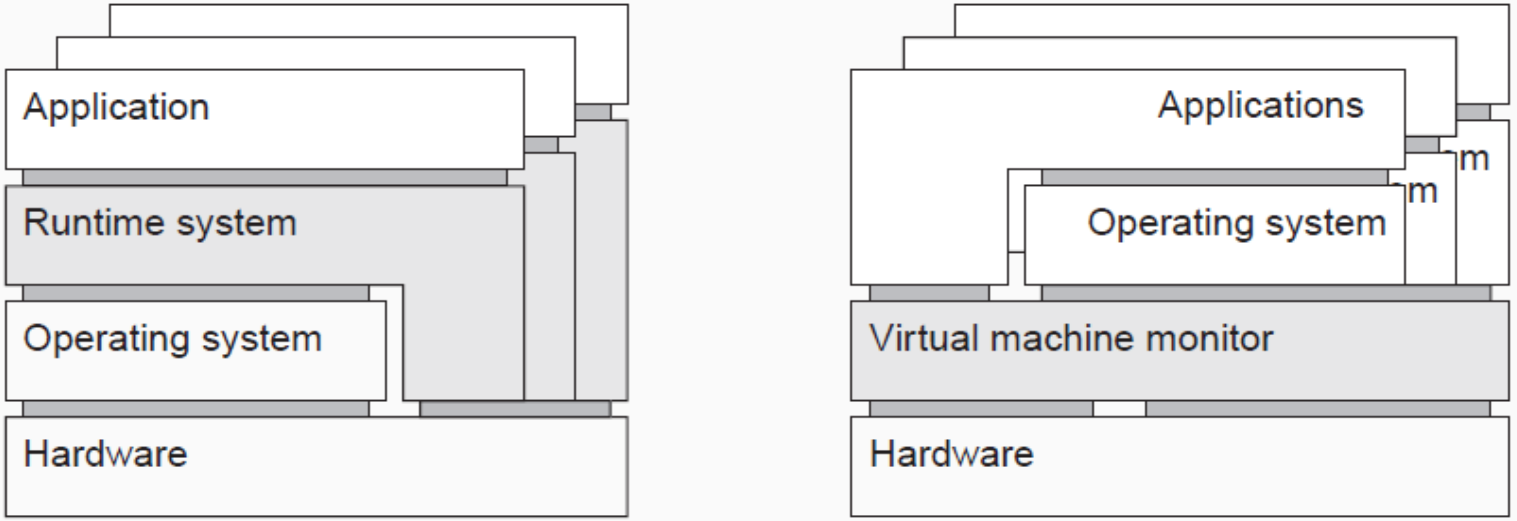
(b)

Virtualização

Virtualização pode ocorrer em diferentes níveis, dependendo das interfaces oferecidas pelos diferentes componentes do sistema:



Processos VMS X Monitores de VM



- **Processos VMs**: um programa é compilado para um código intermediário (portátil) que é executado por um interpretador. Ex: Java VM.
- **Monitor de VM**: uma camada de software que imita o conjunto de instruções do hardware — pode executar um sistema operacional completo e suas aplicações. Ex: VMware, VirtualBox.

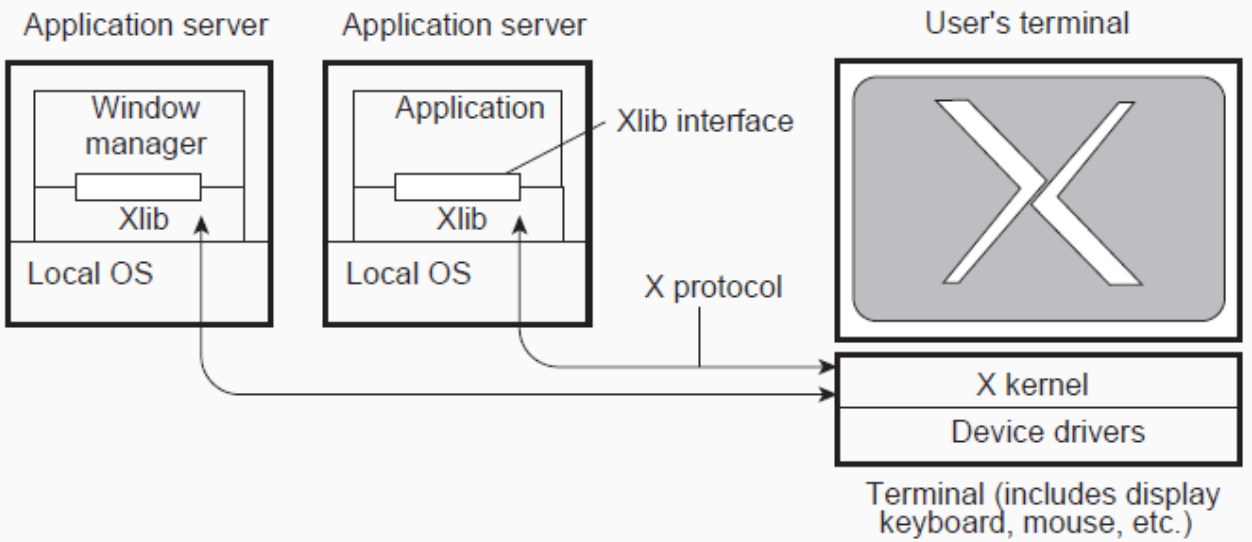
Monitores de VM

Monitores de VM são executadas em cima de sistemas operacionais existentes.

- Realizam tradução binária: enquanto executam uma aplicação ou sistema operacional, traduzem as instruções para as instruções da máquina física
- Distinguem instruções sensíveis: traps para o núcleo original (system calls ou instruções privilegiadas)
- Instruções sensíveis são substituídas por chamadas ao Monitor de VM

Clientes

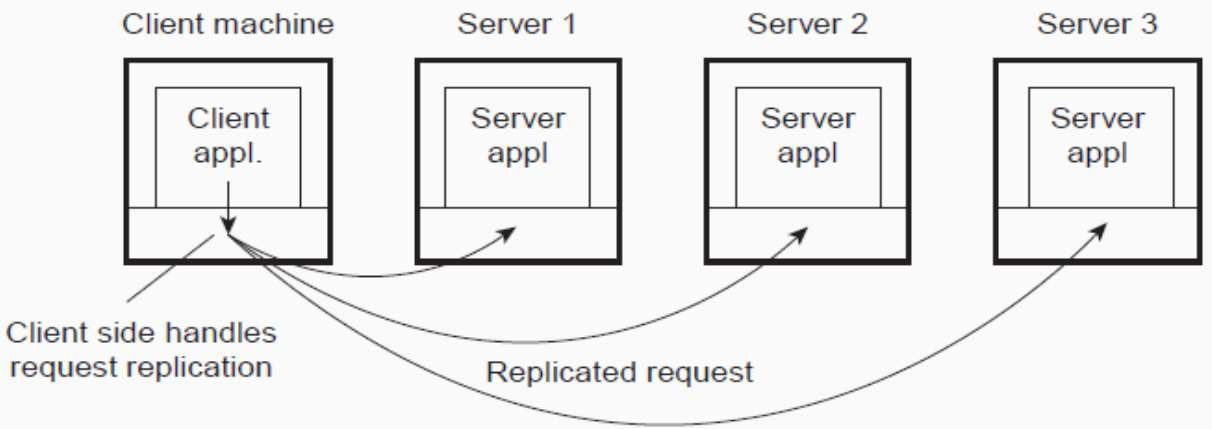
A maior parte dos softwares do lado do cliente é especializada em interfaces (gráficas) de usuário. O *X protocol* é um exemplo de *thin-client network computing*.



Software Cliente

Geralmente adaptado para transparência de distribuição

- transparência de acesso: *stubs* do cliente para RPC
- transparência de localização/migração: deixe o software cliente manter o controle sobre a localização atual
- transparência de replicação: múltiplas evocações são gerenciadas pelo stub do cliente:



- transparência de falhas: podem geralmente ser responsabilidade só do cliente (que tenta esconder falhas de comunicação e do servidor)

Servidores

Modelo básico

Um processo que implementa um serviço específico em nome de uma coleção de clientes. Ele espera pela requisição de um cliente, garante que a requisição será tratada e, em seguida, passa a esperar pela próxima requisição.

Servidores Concorrentes

Dois tipos básicos:

Servidores iterativos o servidor trata uma requisição antes de atender a próxima

Servidores concorrentes usa um despachante (*dispatcher*), que pega uma requisição e repassa seu tratamento a uma *thread*/processo separado

Observação

É mais comum encontrarmos servidores concorrentes: eles podem tratar múltiplas requisições mais facilmente, principalmente se for necessário realizar operações bloqueantes (em discos ou outros servidores).

Organização Geral

ftp-data	20	File Transfer [Default Data]
ftp	21	File Transfer [Control]
telnet	23	Telnet
smtp	25	Simple Mail Transfer
login	49	Login Host Protocol
sunrpc	111	SUN RPC (portmapper)

Cada requisição a uma porta é atribuída a um processo dinamicamente, via *superservers* (processo que inicia subprocesso para tratar a requisição; ex: UNIX inetd) ou *daemons* (processos que se registram em uma porta).

Comunicações de Controle

Problema:
É possível interromper um servidor uma vez que ele já tiver aceito (ou estiver processando) uma requisição de serviço?

Solução 1: usar uma porta diferente para dados urgentes

- O servidor mantém uma thread/processo separado para mensagens urgentes
- Se uma mensagem urgente chegar, a requisição associada é colocada em espera
- É necessário que o SO ofereça escalonamento por prioridade

Solução 2: usar comunicação de controle da camada de transporte

- TCP permite o envio de mensagens urgentes na mesma conexão
- Mensagens urgentes podem ser recebidas usando tratamento de sinais do SO

Servidores *Stateless*

Servidores *stateless*

Não mantém informação exata sobre o status de um cliente após ter processado uma requisição:

- Não guarda se um arquivo foi aberto (simplesmente fecha-o e abre de novo se necessário)
- Não promete invalidar o cache do cliente
- Não rastreia os seus clientes

Consequências

- Clientes e servidores são completamente independentes
- Inconsistências de estado devido a problemas no cliente ou servidor são reduzidas
- Possível perda de desempenho. Um servidor não pode antecipar o comportamento do cliente (ex: *prefetching*)

Servidores e Estado

O uso de comunicação orientada a conexão viola o modelo stateless?

O uso de conexões com estado não violam o fato de que os servidores não guardam estado.

Mas é necessário ter em mente que a camada de transporte, sim, mantém estado. Melhor seria usar um protocolo stateless combinado com operações idempotentes[1].

[1] A idempotência é a propriedade que algumas operações têm de poderem ser aplicadas várias vezes sem que o valor do resultado se altere após a aplicação inicial.

Servidores *Stateful*

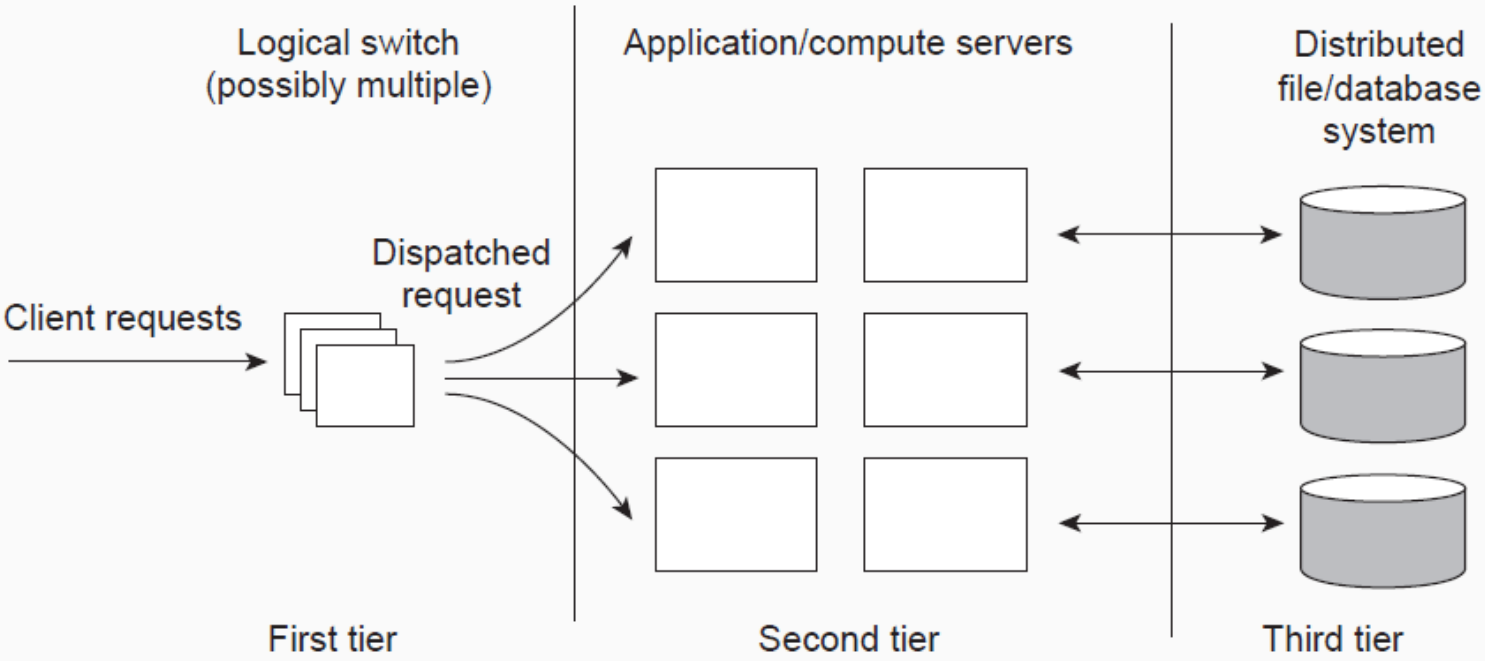
Servidores com estado (*stateful*)
Guardam o status de seus clientes:

- Registram quando um arquivo foi aberto para realização de *prefetching*
- Sabem quando o cliente possui cache dos dados e permitem que os clientes mantenham cópias locais de dados compartilhados

Observação:

O desempenho de servidores *stateful* pode ser extremamente alto, desde que seja permitido que os clientes mantenham cópias locais dos dados. Nesses casos, confiabilidade não é o maior problema.

Clusters de Servidores



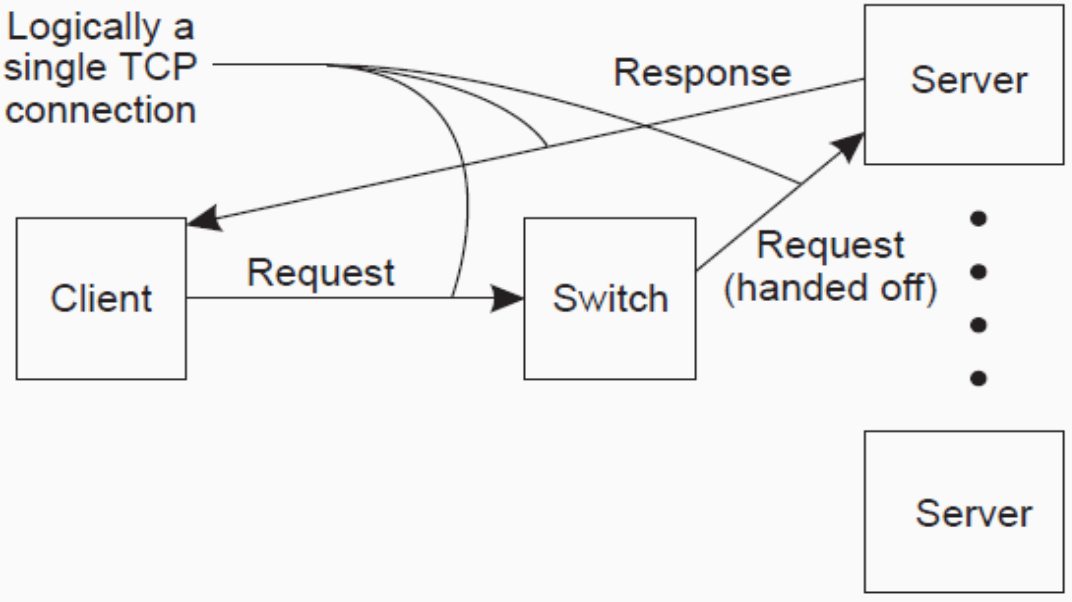
Elemento crucial

A primeira camada é responsável por repassar as requisições para um servidor apropriado.

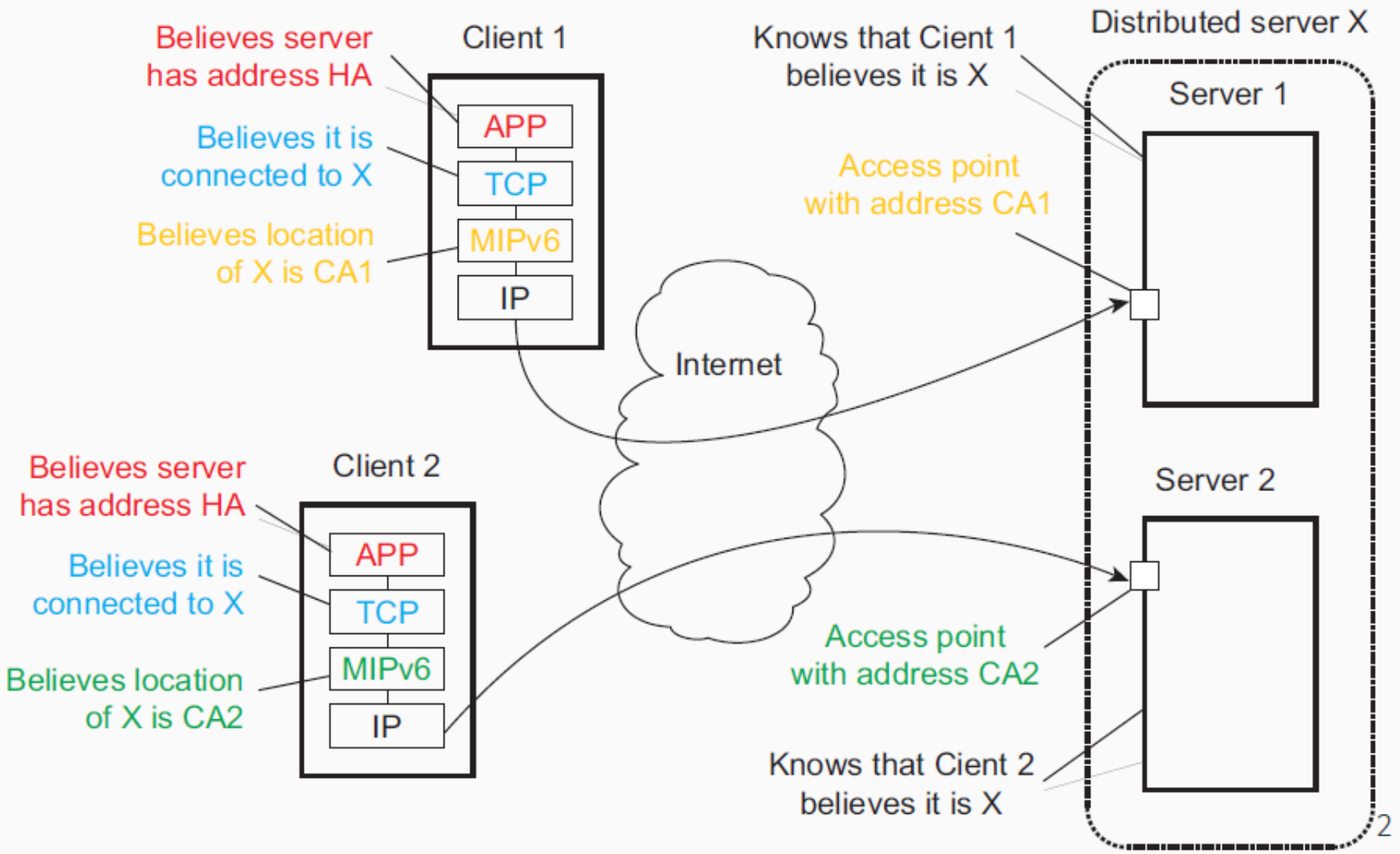
Tratamento de Requisições

Observação:
Ter uma única camada tratando toda a comunicação de/para o aglomerado pode levar a criação de um gargalo.

Solução:
Várias, mas uma popular é o chamado TCP-handoff:



Servidores com endereços IPv6



[2]MIPv6 = Mobile IPV6; HA = Home Address; CA = Care-of Address

Endereçamento

Clientes com Mobile IPv6 podem criar conexões com qualquer outro par de forma transparente:

- Cliente *C* configura uma conexão IPv6 para o home address *HA*.
- *HA* é mantido (no nível da rede) por um home agent, que repassa a conexão para um endereço care-of *CA* registrado
- *C* aplica uma otimização de rota ao encaminhar os pacotes diretamente para o endereço do *CA*, sem passar pelo *home agent*.

CDNs colaborativas

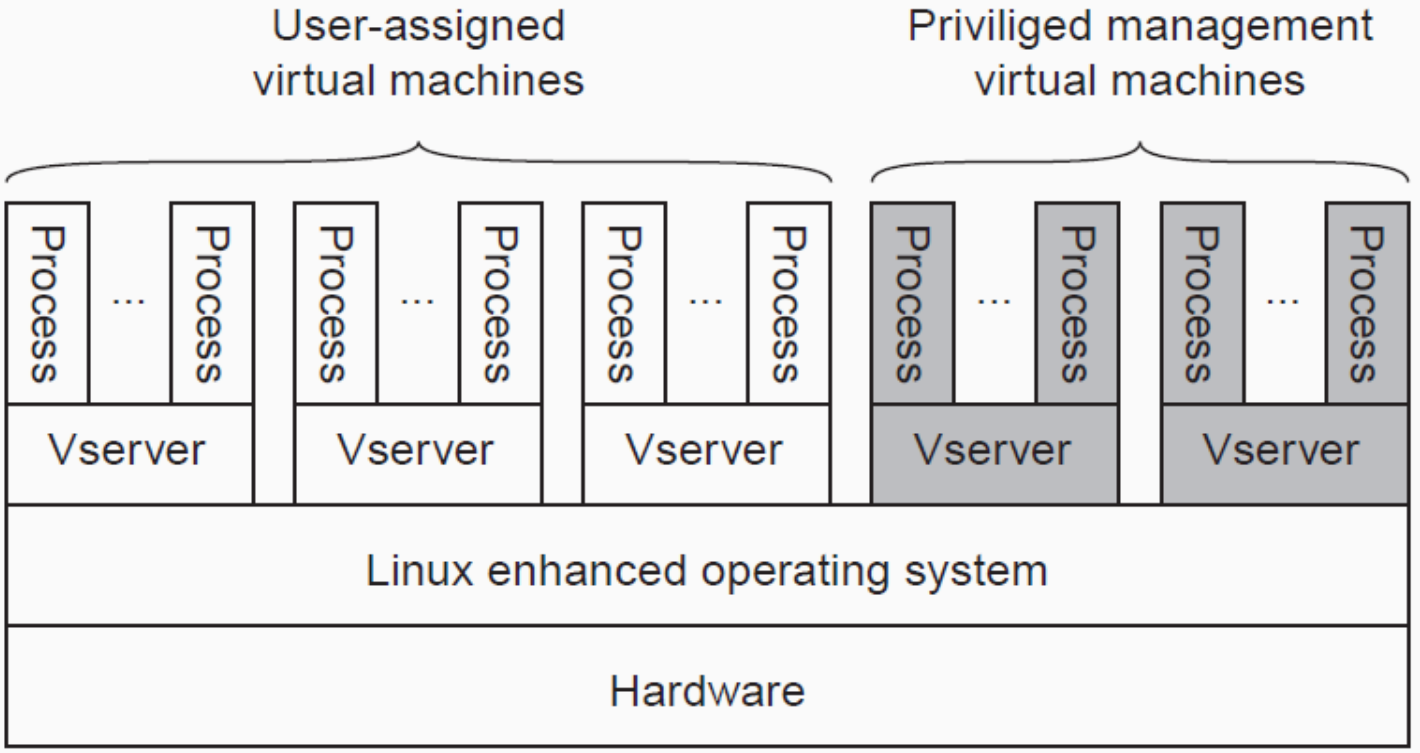
O servidor original mantém um *home address*, mas repassa as conexões para o endereço para um servidor colaborador. O original e o colaborador "parecem" um único servidor.

Exemplo: PlanetLab

Diferentes organizações contribuem com máquinas, que serão compartilhadas em vários experimentos.

Problema:
É preciso garantir que as diferentes aplicações distribuídas não atrapalhem umas às outras. Solução: virtualização.

Exemplo: PlanetLab

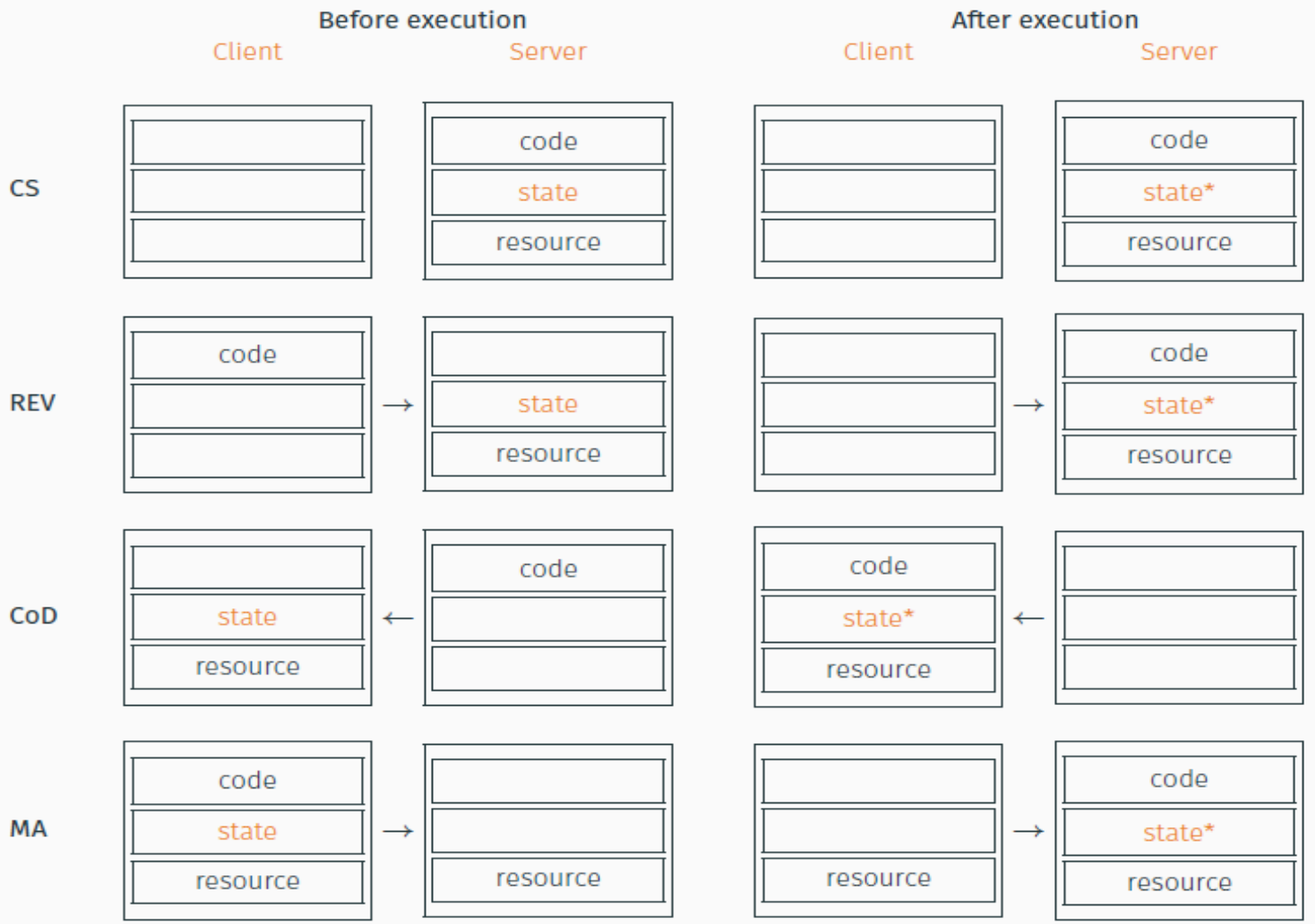


Vserver: ambiente independente e protegido com suas próprias bibliotecas, versões do servidor, etc. Aplicações distribuídas são atribuídas a uma **coleção** de Vservers distribuídas entre múltiplas máquinas físicas (*slice*).

Migração de Código

- Abordagens para realização de migração de código
- Migração e recursos locais
- Migração em sistemas heterogêneos

Migração de Código



Mobilidade: forte e fraca

Componentes do objeto:

Segmento de código contém o código real

Segmento de dados contém o estado

Estado da execução contém o contexto das threads executando o código do objeto

Mobilidade: forte e fraca

Mobilidade fraca
Apenas os segmentos de código e dados são migrados (e a execução é reiniciada):

- Relativamente simples, especialmente se o código é portátil
- Duas modalidades: envio de código (*push*) e busca de código (*pull*)

Mobilidade forte
Move o componente inteiro, incluindo o seu estado de execução.

- Migração: move o objeto inteiro de uma máquina para outra
- Clonagem: inicia um clone e o configura para o mesmo estado de execução.

Gerenciamento de Recursos

Problema:
Um objeto usa recursos locais que podem não estar disponíveis no novo local.

Tipos de recursos

Fixos: o recurso não pode ser migrado (ex: hardware)

Anexado: a princípio o recurso pode ser migrado, mas migração terá alto custo (ex: banco de dados local)

Desanexado: o recurso pode ser facilmente movido junto com o objeto (ex: um cache)

Gerenciamento de Recursos

Ligação objeto–recurso

Por identificador: o objeto requer uma instância específica de um recurso (ex: um banco de dados específico)

Por valor: o objeto requer o valor de um recurso (ex: o conjunto de entradas no cache)

Por tipo: o objeto requer que um determinado tipo de recurso esteja disponível (ex: um monitor colorido)

Gerenciamento de Recursos

	Desanexado	Anexado	Fixo
ID	MV (ou GR)	GR (ou MV)	GR
Valor	CP (ou MV,GR)	GR (ou CP)	GR
Tipo	RB (ou MV, GR)	RB (ou GR, CP)	RB (ou GR)

GR = Estabelecer referência global no sistema

MV = Mover o recurso

CP = Copiar o valor do recurso

RB = Religa a um recurso local disponível

Migração em Sist Heterogêneos

Problema principal

- A máquina destino pode não ser adequada para executar o código migrado
- A definição de contexto de thread/processo/processador é altamente dependente do hardware, sistema operacional e bibliotecas locais

Única solução

Usar alguma máquina abstrata que é implementada nas diferentes plataformas:

- Linguagens interpretadas, que possuem suas próximas MVs
- Uma MV Virtual (como vimos no início da aula)

Migração de uma Máquina Virtual

Migração de imagens: três alternativas

1. Enviar as páginas de memória para a nova máquina e reenviar aquelas que forem modificadas durante o processo de migração
2. Interromper a máquina virtual, migrar a memória, e iniciar a nova máquina virtual
3. Fazer com que a nova máquina virtual recupere as páginas de memória conforme for necessário: processos são iniciados na nova máquina imediatamente e copiam as páginas de memória sob demanda

Migração de uma Máquina Virtual - Desempenho

Problema

Uma migração completa pode levar dezenas de segundos. Além disso, é preciso ficar atento ao fato de que um serviço poderá ficar indisponível por vários segundos durante a migração.

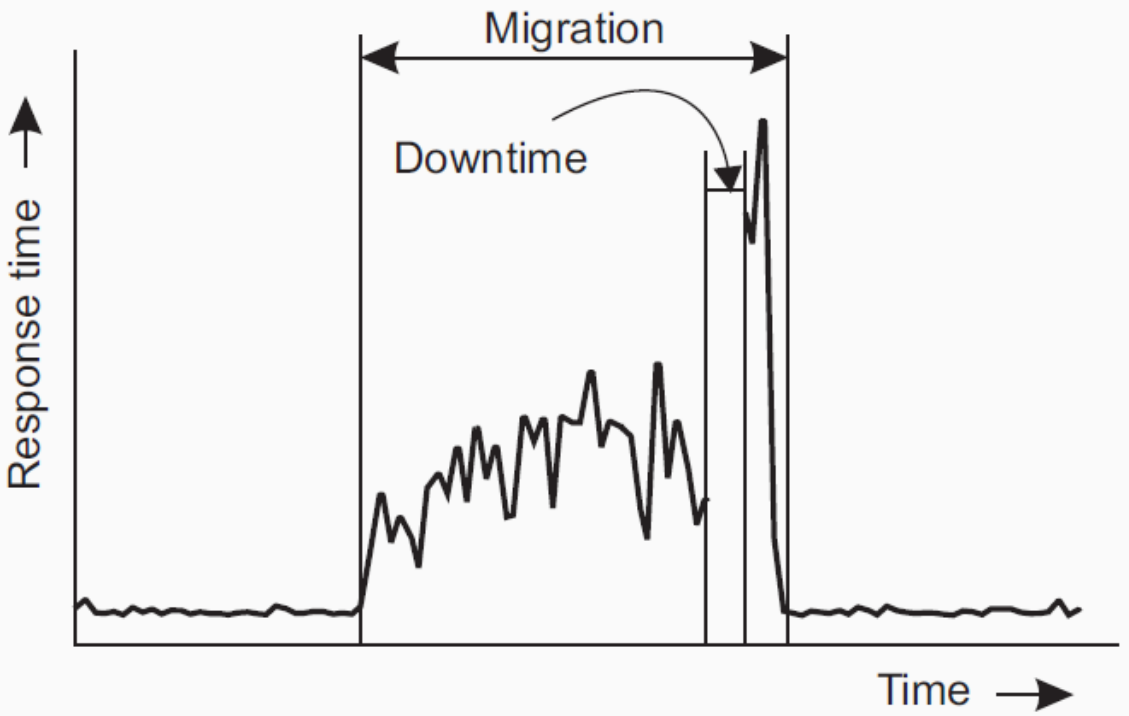


Figura: Medições do tempo de resposta de uma VM durante uma migração