ACH 2147 — DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DISTRIBUÍDOS

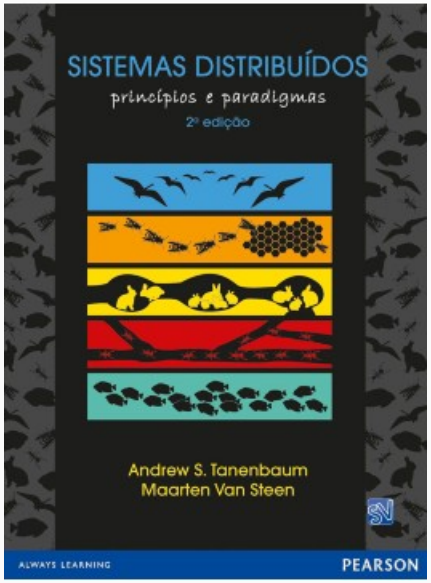
INTRODUÇÃO

Daniel Cordeiro

14 e 16 de março de 2017

Escola de Artes, Ciências e Humanidades | EACH | USP

LIVRO-TEXTO TAMBÉM EM PORTUGUÊS



Sistemas Distribuídos: Princípios e Paradigmas, 2ª edição (em português) ou 3ª edição (em inglês, gratuita)

Autores: Andrew S. Tanenbaum e Maarten van Steen

Pearson Prentice Hall

Slides

Exceto se indicado o contrário, os slides serão baseados nos slides do prof. Maarten van Steen.


SANDÁLIAS
DA
HUMILDADE

SISTEMAS DISTRIBUÍDOS: DEFINIÇÃO

Um sistema distribuído é um sistema de software que garante:

> *uma coleção de elementos de computação autônomos que são vistos pelos usuários como um sistema único e coerente*

Características importantes

- Elementos de computação autônomos, também denominados *nós* (ou *nodos*), sejam eles dispositivos de hardware ou processos de software
- Sistema único e coerente: usuários ou aplicações veem um único sistema $\Rightarrow$ nós precisam colaborar entre si

Comportamento independente

Cada nó é autônomo e, portanto, tem sua própria percepção de tempo: não há um relógio global. Leva a problemas fundamentais de sincronização e de coordenação.

Coleção de nós

- Como gerenciar *associações em grupos*
- Como saber se você realmente está se comunicando com um *(não-)membro autorizado do grupo*

Redes de overlay

Cada nós na coleção se comunica apenas com nós no sistema, seus vizinhos. O conjunto de vizinhos pode ser dinâmico, ou pode ser descoberto de forma implícita (ex: pode ser necessário procurá-lo)

Tipos de overlay

Um exemplo bem conhecido de redes de overlay: *sistemas peer-to-peer*

Estruturada cada nó tem um *conjunto bem definido de vizinhos* com os quais pode comunicar (árvore, anel)

Não estruturada cada nó tem referências a *um conjunto aleatoriamente selecionado de outros nós* do sistema

Essência

A coleção de nós opera sempre da mesma forma, não importando onde, quando ou como a interação entre um usuário e o sistema acontece

Exemplos

- Um usuário não consegue dizer onde a computação está acontecendo
- Onde especificamente os dados estão armazenados deveria ser irrelevante para a aplicação
- O dado ser ou não replicado deveria estar completamente escondido

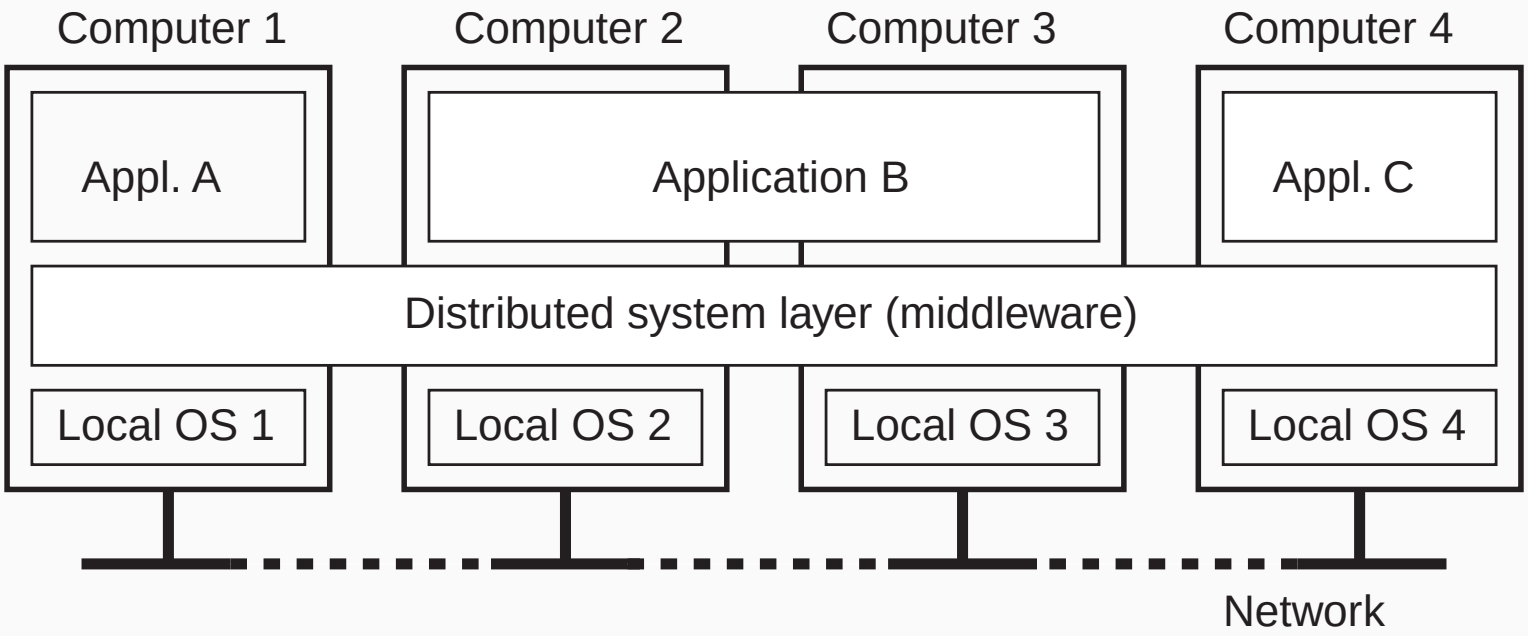
A palavra chave é transparência de distribuição

O PROBLEMA: FALHAS PARCIAIS

É inevitável que a qualquer momento um pedaço do sistema distribuído falhe.

Esconder essas falhas parciais e sua recuperação normalmente é muito difícil (em geral, é impossível)

MIDDLEWARE: O SO DOS SISTEMAS DISTRIBUÍDOS



O que tem em um middleware?

Grosso modo, um conjunto de funções e componentes que não precisam ser reimplementados por cada aplicação separadamente.

OBJETIVOS DE SISTEMAS DISTRIBUÍDOS:

- Disponibilização de recursos compartilhados
- Transparência de distribuição
- Abertura
- Escalabilidade

Exemplos clássicos

- Compartilhamento de dados e arquivos na nuvem
- *Streaming* multimídia *peer-to-peer*
- Serviços de mensagens compartilhadas
- Serviços de hospedagem web compartilhados (à lá redes de distribuição de conteúdo)

A ponto de pensarmos que:

> *"A rede é o computador"*
>
> *John Gage, à época na Sun Microsystems*

TRANSPARÊNCIA DE DISTRIBUIÇÃO

Tipos:

Transparência	Descrição
Acesso	Esconder diferenças entre as representações de dados e mecanismos de invocação
Localização	Esconder onde o objeto está localizado
Relocalização	Esconder que um objeto pode ser movido para outra localidade *enquanto está sendo utilizado*
Migração	Esconder que um objeto pode ser movido para outra localidade
Replicação	Esconder que um objeto está sendo replicado
Concorrência	Esconder que um objeto pode ser compartilhado entre diferentes usuários independentes
Falhas	Esconder falhas e a possível recuperação de um objeto

TRANSPARÊNCIA DE DISTRIBUIÇÃO

Tipos:

Transparência	Descrição
Acesso	Esconder diferenças entre as representações de dados e mecanismos de invocação
Localização	Esconder onde o objeto está localizado
Relocalização	Esconder que um objeto pode ser movido para outra localidade *enquanto está sendo utilizado*
Migração	Esconder que um objeto pode ser movido para outra localidade
Replicação	Esconder que um objeto está sendo replicado
Concorrência	Esconder que um objeto pode ser compartilhado entre diferentes usuários independentes
Falhas	Esconder falhas e a possível recuperação de um objeto

Nota

Transparência de distribuição é um objetivo nobre, mas atingi-lo são outros quinhentos...

Observação:

Tentar fazer com que a distribuição seja totalmente transparente pode ser um exagero:

Observação:

Tentar fazer com que a distribuição seja totalmente transparente pode ser um exagero:

- Usuários podem estar localizados em continentes diferentes

Observação:

Tentar fazer com que a distribuição seja totalmente transparente pode ser um exagero:

- Usuários podem estar localizados em continentes diferentes
- Esconder completamente as falhas da rede e dos nós é (teoricamente e na prática) **impossível**
  - Você não consegue distinguir um computador lento de um que está falhando
  - Você nunca consegue ter certeza de que um servidor terminou de realizar uma operação antes dele ter falhar

Observação:

Tentar fazer com que a distribuição seja totalmente transparente pode ser um exagero:

- Usuários podem estar localizados em continentes diferentes
- Esconder completamente as falhas da rede e dos nós é (teoricamente e na prática) **impossível**
  - Você não consegue distinguir um computador lento de um que está falhando
  - Você nunca consegue ter certeza de que um servidor terminou de realizar uma operação antes dele ter falhar
- Transparência completa terá um custo no desempenho, que irá expor a distribuição do sistema
  - Manter caches web *rigorosamente* atualizados com o original
  - Realizar *flush* das operações de escrita para garantir tolerância a falhas

Sistemas distribuídos abertos

São capazes de interagir com outros sistemas abertos:

- devem respeitar interfaces bem definidas
- devem ser facilmente interoperáveis
- devem permitir a portabilidade de aplicações
- devem ser fáceis de estender

Sistemas distribuídos abertos

São capazes de interagir com outros sistemas abertos:

- devem respeitar interfaces bem definidas
- devem ser facilmente interoperáveis
- devem permitir a portabilidade de aplicações
- devem ser fáceis de estender

A abertura dos sistemas distribuídos os tornam independentes de:

- hardware
- plataformas
- linguagens

A implementação de abertura requer diferentes políticas

- Qual o nível de consistência necessária para os dados no cache do cliente?
- Quais operações podem ser realizadas por programas que acabamos de baixar da Internet?
- Quais os requisitos de QoS podem ser ajustados face a variações na banda disponível?
- Qual o nível de sigilo necessário para a comunicação?

POLÍTICAS VERSUS MECANISMOS

A implementação de abertura requer diferentes políticas

- Qual o nível de consistência necessária para os dados no cache do cliente?
- Quais operações podem ser realizadas por programas que acabamos de baixar da Internet?
- Quais os requisitos de QoS podem ser ajustados face a variações na banda disponível?
- Qual o nível de sigilo necessário para a comunicação?

Idealmente, sistemas distribuídos proveem apenas mecanismos:

- Permitem a atribuição de políticas (dinâmicas) de cache
- Possuem diferentes níveis de confiança para código externo
- Proveem parâmetros de QoS ajustáveis por fluxo de dados
- Oferecem diferentes algoritmos de criptografia

Observação

Quanto mais estrita for a separação entre políticas e mecanismos, mais nós precisamos garantir o uso de mecanismos apropriados, resultando potencialmente em muitos parâmetros de configuração e um gerenciamento mais complexo

Como encontrar um equilíbrio?

Definir políticas estritas normalmente simplifica o gerenciamento e reduz a complexidade, por outro lado isso implica em menos flexibilidade. Não há uma solução simples.

Observação:

Muitos desenvolvedores de sistemas distribuídos modernos usam o adjetivo “escalável” sem deixar claro o porquê deles escalarem.

Observação:

Muitos desenvolvedores de sistemas distribuídos modernos usam o adjetivo “escalável” sem deixar claro o porquê deles escalarem.

Escalabilidade se refere a pelo menos três componentes:

- Número de usuários e/ou processos – escalabilidade de tamanho
- Distância máxima entre nós – escalabilidade geográfica
- Número de domínios administrativos – escalabilidade administrativa

Observação:

Muitos desenvolvedores de sistemas distribuídos modernos usam o adjetivo “escalável” sem deixar claro o porquê deles escalarem.

Escalabilidade se refere a pelo menos três componentes:

- Número de usuários e/ou processos – escalabilidade de tamanho
- Distância máxima entre nós – escalabilidade geográfica
- Número de domínios administrativos – escalabilidade administrativa

Observação:

A maior parte dos sistemas escalam apenas (e até certo ponto) em tamanho. A solução(?!): servidores potentes. Hoje em dia, o desafio é conseguir escalabilidade geográfica e administrativa.

DIFICULDADE PARA OBTENÇÃO DE ESCALABILIDADE

Um sistema completamente descentralizado tem as seguintes características:

- Nenhuma máquina tem informação completa sobre o estado do sistema
- Máquinas tomam decisões baseadas apenas em informação local
- Falhas em uma máquina não devem arruinar a execução do algoritmo
- Não é possível assumir a existência de um relógio global

Ideia geral: esconder latência de comunicação

Não fique esperando por respostas; faça outra coisa

- Utilize comunicação assíncrona
- Mantenha diferentes *handlers* para tratamento de mensagens recebidas
- Problema: nem toda aplicação se encaixa nesse modelo

Particionamento de dados e computação em muitas máquinas

- Mova a computação para os clientes (ex: Javascript, Applets Java, etc.)
- Serviços de nomes decentralizados (DNS)
- Sistemas de informação decentralizados (WWW)

Replicação/caching

Faça cópias dos dados e disponibilize-as em diferentes máquinas:

- Bancos de dados e sistemas de arquivos replicados
- Sites web “espelhados”
- Caches web (nos navegadores e nos *proxies*)
- Cache de arquivos (no servidor e nos clientes)

Observação

Aplicar técnicas para obtenção de escalabilidade é fácil, exceto por uma problema:

Observação

Aplicar técnicas para obtenção de escalabilidade é fácil, exceto por uma problema:

- Manter múltiplas cópias (em cache ou replicadas) leva a inconsistências: a modificação em uma cópia a torna diferente das demais

Observação

Aplicar técnicas para obtenção de escalabilidade é fácil, exceto por uma problema:

- Manter múltiplas cópias (em cache ou replicadas) leva a inconsistências: a modificação em uma cópia a torna diferente das demais
- Manter as cópias consistentes requer sincronização global em cada modificação

Observação

Aplicar técnicas para obtenção de escalabilidade é fácil, exceto por uma problema:

- Manter múltiplas cópias (em cache ou replicadas) leva a inconsistências: a modificação em uma cópia a torna diferente das demais
- Manter as cópias consistentes requer sincronização global em cada modificação
- Sincronização global impossibilita soluções escaláveis

Observação

Aplicar técnicas para obtenção de escalabilidade é fácil, exceto por uma problema:

- Manter múltiplas cópias (em cache ou replicadas) leva a inconsistências: a modificação em uma cópia a torna diferente das demais
- Manter as cópias consistentes requer sincronização global em cada modificação
- Sincronização global impossibilita soluções escaláveis

Observação:

Se nós pudermos tolerar inconsistências, nós podemos reduzir a dependência em sincronização globais, mas tolerar inconsistências é algo que depende da aplicação.

Observação:

Muitos sistemas distribuídos se tornam desnecessariamente complexos por causa de “consertos” ao longo do tempo. Em geral, há muitas hipóteses falsas:

Observação:

Muitos sistemas distribuídos se tornam desnecessariamente complexos por causa de “consertos” ao longo do tempo. Em geral, há muitas hipóteses falsas:

- A rede é confiável

Observação:

Muitos sistemas distribuídos se tornam desnecessariamente complexos por causa de "consertos" ao longo do tempo. Em geral, há muitas hipóteses falsas:

- A rede é confiável
- A rede é segura

Observação:

Muitos sistemas distribuídos se tornam desnecessariamente complexos por causa de “consertos” ao longo do tempo. Em geral, há muitas hipóteses falsas:

- A rede é confiável
- A rede é segura
- A rede é homogênea

Observação:

Muitos sistemas distribuídos se tornam desnecessariamente complexos por causa de “consertos” ao longo do tempo. Em geral, há muitas hipóteses falsas:

- A rede é confiável
- A rede é segura
- A rede é homogênea
- A topologia da rede não muda

Observação:

Muitos sistemas distribuídos se tornam desnecessariamente complexos por causa de “consertos” ao longo do tempo. Em geral, há muitas hipóteses falsas:

- A rede é confiável
- A rede é segura
- A rede é homogênea
- A topologia da rede não muda
- A latência é zero

Observação:

Muitos sistemas distribuídos se tornam desnecessariamente complexos por causa de “consertos” ao longo do tempo. Em geral, há muitas hipóteses falsas:

- A rede é confiável
- A rede é segura
- A rede é homogênea
- A topologia da rede não muda
- A latência é zero
- Largura de banda é infinita

Observação:

Muitos sistemas distribuídos se tornam desnecessariamente complexos por causa de "consertos" ao longo do tempo. Em geral, há muitas hipóteses falsas:

- A rede é confiável
- A rede é segura
- A rede é homogênea
- A topologia da rede não muda
- A latência é zero
- Largura de banda é infinita
- O custo de transporte é zero

Observação:

Muitos sistemas distribuídos se tornam desnecessariamente complexos por causa de “consertos” ao longo do tempo. Em geral, há muitas hipóteses falsas:

- A rede é confiável
- A rede é segura
- A rede é homogênea
- A topologia da rede não muda
- A latência é zero
- Largura de banda é infinita
- O custo de transporte é zero
- A rede possui um administrador