



Sistemas Distribuídos

Aleardo Manacero Jr.



Conteúdo



- Conceitos fundamentais
- Estratégias de controle: relógios e algoritmos de sincronismo
- Serviços: arquivos e memória
- Corba
- Processamento distribuído

Sistemas Distribuídos: o que são?



- São sistemas caracterizados pelo acesso simplificado a recursos distribuídos numa rede de computadores
- Isso implica em compartilhamento de recursos, concorrência e necessidade de mecanismos de comunicação

Qual a diferença para redes?



- Uma rede de computadores é a base para o funcionamento de um sistema distribuído (SD daqui por diante)
- A diferença está no conceito de transparência

Transparência



- O conceito de transparência é essencial num SD
- Na prática ele assume diferentes formas, como transparência de:
 - ☐ Acesso
 - ☐ Localidade
 - ☐ Execução

Transparência de acesso



- Um SD deve proporcionar aos seus usuários a mesma facilidade de acesso, independentemente do ponto do sistema em que isso ocorre
- Isso deve ser feito independentemente do SO nativo na máquina em que o usuário fizer o acesso

Transparência de Localidade



- Os arquivos num SD estão espalhados entre vários (senão todos) os nós da rede
- Devem, entretanto, ser acessados pelos usuários da mesma forma, independentemente do local em que o usuário ou o arquivo está

Transparência de execução



- A execução de processos num SD deve ocorrer de forma a maximizar o uso dos recursos e, se possível, a velocidade do sistema
- Isso implica em executar o processo no local mais adequado, independentemente do ponto em que foi requisitado e do ponto em que os arquivos estão

Paralelismo



- Uma consequência da transparência de execução é o paralelismo de processos
- Num SD, sempre que possível, os processos são executados em paralelo para aproveitar melhor os recursos do sistema

A base



- É formada pelas redes de comunicação de computadores
- Isso nos reforça a necessidade de entender bem o funcionamento dos protocolos de comunicação, tal como o TCP/IP, por exemplo

A base



- O uso de redes de computadores é a base para a obtenção de transparência
- Ela permite a realização de operações de migração (dados, código ou processos), para atender aos requisitos de mobilidade necessários para a transparência

O que é migração?



- É o ato de transportar arquivos entre máquinas do SD, o que implica em:
 - Trazer dados de sua residência para o local em que são necessários, ou
 - Levar o código para o local em que estão os dados a serem manipulados, ou
 - Mudar a execução de um processo (dados e código) para melhor aproveitar os recursos do sistema

Relógios e sincronismo



- Num SD cada máquina possui seu próprio relógio
- Isso impede o uso desse mecanismo, em sua forma natural, como elemento para a coordenação entre processos executando em máquinas distintas

Diferenças entre relógios



- Podem surgir por deslocamento (clock drift) ou o ato de adiantar/atrasar ao longo do tempo
- Ou por instantâneos (clock skew) ou a diferença entre relógios num dado instante

Tratamento de relógios



- Do ponto de vista de hardware, a sincronização entre relógios pode ser obtida através da coordenação com um tempo universal
- Esse é o conceito por trás do relógio UTC, *Tempo Universal Coordenado*, que estabelece um padrão mundial para tempo

Sincronismo externo



- Ocorre quando todos os relógios do SD estão sincronizados com um relógio UTC, dentro de um limite de precisão δ
- É importante para o relacionamento entre o SD e o restante dos sistemas na internet

Sincronismo interno



- Ocorre quando todos os relógios do SD estão sincronizados entre si, dentro de um limite de precisão δ
- É importante para o relacionamento entre as máquinas do SD, sem a necessidade de informações externas

Método de Cristian



- Método sugerido por F. Cristian, em 1989, baseado no tempo obtido por servidor de UTC
- Usa conceito probabilístico para corrigir o valor de tempo recebido do servidor (atraso criado pelo intervalo consumido na transmissão da informação de tempo)

Algoritmo de Berkeley



- Parte do ponto oposto do sistema, ou seja, é o servidor de tempo quem busca pelas informações de tempo
- O tempo é ajustado internamente, pela média corrigida (atrasos) dos valores de tempo recebidos
- Clientes recebem qual o skew entre eles e a média

NTP



- Cuida do ajuste de relógios através da internet
- Usa uma estrutura hierárquica em árvore, em que o servidor na raiz recebe ajuste por servidor de UTC
- Demais servidores, nos níveis inferiores, se ajustam através do tempo informado por seus pais na árvore

Relógios lógicos



- Parte do princípio de que é virtualmente sincronizar perfeitamente os relógios num SD
- Trabalha então com o conceito de um relógio baseado na ordem de ocorrência de eventos em cada máquina do sistema

Relógios lógicos



- Relação de precedência de eventos para relógios lógicos implica em:
 - $e \rightarrow e'$ se e visto antes pelo processo que as disparou
 - $send(m) \rightarrow receive(m)$
 - Se $e \rightarrow e'$ e $e' \rightarrow e''$, então $e \rightarrow e''$

Relógios lógicos (Lamport)



- Implementação é feita considerando:
 - L_i é incrementado antes da ocorrência de cada evento no processo P_i
 - Sempre que P_i envia uma mensagem, o valor de L_i é acrescentado a ela
 - Sempre que P_i recebe uma mensagem (m, t) , seu relógio é ajustado de forma a que $L_i = \max(L_i, t)$

Relógios lógicos (Mattern)



- Implementação é feita considerando:
 - Usa um vetor de timestamps
 - $V_i[i]$ é incrementado antes da ocorrência de cada evento no processo P_i
 - Sempre que P_i envia uma mensagem, o vetor V_i é acrescentado a ela
 - Sempre que P_i recebe uma mensagem (m, V_j, t) , seu vetor é ajustado de forma a que $V_i[j] = \max(V_i[j], t[j])$

Coordenação e acordos



- Envolve um conjunto de algoritmos para tratar de problemas relacionados a:
 - Compartilhamento de recursos distribuídos
 - Possibilidade de falhas em servidores de serviços

Exclusão mútua



- Em um SD também existe o problema de tratar o acesso exclusivo a determinados recursos compartilhados
- Em máquinas de memória compartilhada isso é resolvido facilmente através de semáforos e alguns outros mecanismos
- Isso não é verdade para um SD

Exclusão mútua



- Em SDs não existe a possibilidade do uso de uma única variável para esse controle
- Várias soluções foram propostas para esse problema, usando critérios diferentes para a ordenação dos pedidos

Servidor centralizado



- Aqui o princípio é deixar um servidor responsável pelo acesso à região crítica
- Ele recebe as requisições dos demais processos e as serializa
- O acesso é garantido a um processo por vez, na ordem em que ele aparece na fila do servidor

Algoritmo em anel



- Aqui é criado um anel lógico entre os processos
- A concessão (token) de acesso à região crítica é passado, então, através desse anel

Algoritmo de Ricart/Agrawala



- Envolve o envio de mensagem de requisição por multicast
- A entrada na RC é obtida após receber resposta de todos os demais processos
- Cada processo responde ao pedido a partir dos valores dos relógios lógicos envolvidos (local e requisitantes)

Algoritmo de Maekawa



- Envolve o envio de mensagem de requisição por multicast
- A entrada na RC é obtida após receber resposta de parte dos demais processos
- Condições de corrida são resolvidas pela intersecção entre alguns dos processos que recebem as requisições

O problema da eleição



- Em determinadas situações é necessário que uma certa funcionalidade (ou serviço) seja exercido por apenas um processo
- Nesses casos é necessária a realização de uma eleição para a escolha de quem exercerá essa função

Algoritmo em anel



- Um processo dispara a eleição através de uma mensagem com sua identificação
- Os demais processos continuam a transmissão da mensagem original ou trocando a identificação do processo “eleito”, até fechar a volta no anel

Algoritmo bully



- Trabalha com três tipos de mensagens:
 - ☐ Eleição
 - ☐ Resposta
 - ☐ Coordenação
- Exige o conhecimento dos identificadores dos processos e usa isso como regra de ação

O problema da eleição



- Em determinadas situações é necessário que uma certa funcionalidade (ou serviço) seja exercido por apenas um processo
- Nesses casos é necessária a realização de uma eleição para a escolha de quem exercerá essa função