

INE 5418

Computação Distribuída

Professor:

Frank Siqueira
INE – UFSC
frank@inf.ufsc.br

Conteúdo Programático

1. Fundamentos de Computação Distribuída
Arquitetura de Sistemas Distribuídos; Paradigmas de Computação Distribuída; Suporte Computacional para Aplicações Distribuídas; Comunicação entre Processos; Sistemas de Arquivos Distribuídos
2. Tecnologias para Computação Distribuída
Objetos Distribuídos; Web Services; Redes Peer-to-Peer; Middleware Orientado a Mensagens; Memória Compartilhada Distribuída; Grids Computacionais
3. Algoritmos para Computação Distribuída
Segurança de Funcionamento; Comunicação em Grupo; Coordenação e Acordo; Sincronização

Recursos Computacionais

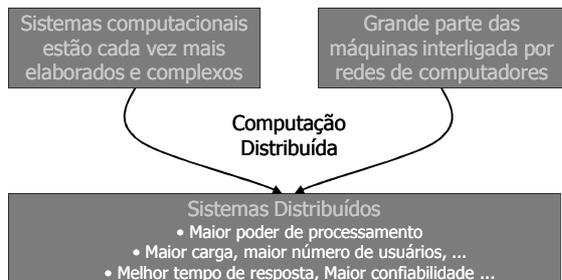
- Página da disciplina
<http://www.inf.ufsc.br/~frank/INE5418>
- Lista de e-mails
ine5418-05208@inf.ufsc.br
- Linguagem de Programação
Java SE (opcional: C ou C++)

Unidade 1

Fundamentos de Computação Distribuída

- Arquitetura de Sistemas Distribuídos
- Paradigmas de Computação Distribuída
- Suporte Comp. para Aplic. Distribuídas
- Comunicação entre Processos
- Sistemas de Arquivos Distribuídos

Panorama Atual



5

Fundamentos de Computação Distribuída

- Definição de Computação Distribuída
 - Consiste em executar aplicações cooperantes em máquinas diferentes
 - Tornou-se possível a partir da popularização das redes de computadores
- Aplicações são executadas em máquinas diferentes interligadas por uma rede
 - Intranets
 - Internet
 - Outras redes públicas ou privadas

6

Fundamentos de Computação Distribuída

- Acoplamento
 - Sistemas distribuídos são fracamente acoplados, ou seja, trocam dados através de um meio relativamente lento e pouco confiável
- Previsibilidade
 - O comportamento de sistemas distribuídos é imprevisível devido ao uso da rede e à possibilidade de ocorrerem falhas em máquinas e na rede

7

Fundamentos de Computação Distribuída

- Influência do Tempo
 - Sistemas distribuídos são bastante influenciados pelo tempo de comunicação pela rede; em geral não há uma referência de tempo global
- Controle
 - Sistemas distribuídos não têm total controle sobre todos os recursos computacionais utilizados, pois empregam também recursos de terceiros

8

Fundamentos de Computação Distribuída

- Vantagens
 - Usam melhor o poder de processamento
 - Apresentam um melhor desempenho
 - Permitem compartilhar dados e recursos
 - Podem apresentar maior confiabilidade
 - Permitem reutilizar serviços já disponíveis
 - Atendem um maior número de usuários
 - ...

9

Fundamentos de Computação Distribuída

- Dificuldades
 - Desenvolver, gerenciar e manter o sistema
 - Controlar o acesso concorrente a dados e a recursos compartilhados
 - Evitar que falhas de máquinas ou da rede comprometam o funcionamento do sistema
 - Garantir a segurança do sistema e o sigilo dos dados trocados entre máquinas
 - Lidar com a heterogeneidade do ambiente
 - ...

10

Arquitetura de Sistemas Distribuídos

- Diversos dispositivos podem ser usados para execução de aplicações distribuídas
 - Computadores
 - Celulares
 - Sensores
 - Tablets
 - Dispositivos Embarcados
 - etc.



11

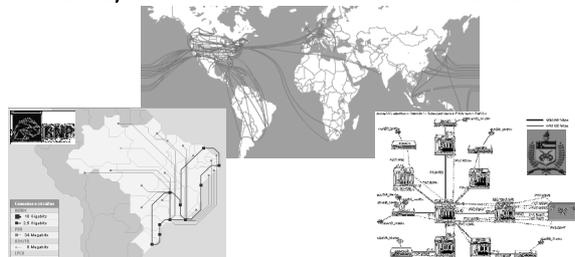
Arquitetura de Sistemas Distribuídos

- Recursos computacionais podem ser reunidos em:
 - *Cluster* (agregado): processadores interligados por barramento ou rede de alta velocidade
 - *Grid* (grade): reúnem recursos heterogêneos dispersos geograficamente (distribuídos) interligados por uma rede de longa distância
 - *Cloud* (nuvem): conjunto compartilhado de recursos (servidores, armazenamento, rede, aplicações, etc.), distribuídos ou não, que são alocados temporariamente para os usuários

12

Arquitetura de Sistemas Distribuídos

- Computação Distribuída requer o uso de redes, como uma Intranet ou a Internet



13

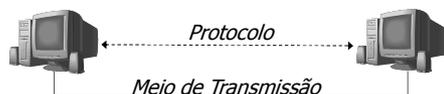
Paradigmas de Computação Distribuída

- As partes que compõem um sistema distribuído interagem através da rede para trabalhar de forma cooperativa
 - Trocam dados / mensagens
 - Utilizam os serviços de comunicação fornecidos pelo sistema hospedeiro
 - Adotam protocolos de comunicação para que possam entender uns aos outros

14

Paradigmas de Computação Distribuída

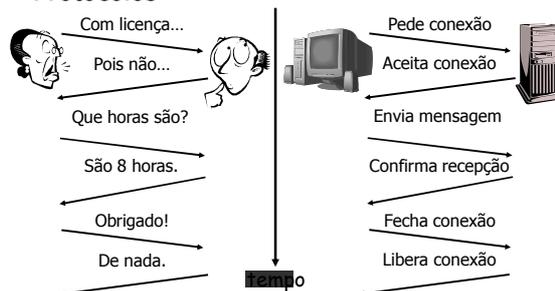
- Protocolos
 - Estabelecem caminhos virtuais de comunicação
 - Duas entidades precisam usar os mesmos protocolos para trocar informações



15

Paradigmas de Computação Distribuída

- Protocolos



16

Paradigmas de Computação Distribuída

- Serviços de comunicação
 - Serviço sem Conexão: cada unidade de dados é enviada independentemente das demais



- Serviço com Conexão: dados são enviados através de um canal de comunicação



17

Paradigmas de Computação Distribuída

- Formas de Interação
 - Troca de mensagens: um processo envia uma mensagem pela rede destinada a um ou mais processos
 - Cliente-servidor: o servidor incorpora toda a lógica e os dados necessários para executar um serviço, que é executado por solicitação de um ou mais clientes remotos
 - Memória compartilhada: área de memória pode ser acessada por diversos processos rodando em diferentes máquinas

18

Paradigmas de Computação Distribuída

- Características dos serviços de comunicação:
 - Abrangência: local ou remota
 - Participantes: $1 \rightarrow 1$, $1 \rightarrow N$ ou $M \rightarrow N$
 - Tamanho das mensagens: fixo ou variável; limitado ou não
 - Sincronismo: comunicação síncrona, assíncrona ou semi-síncrona

19

Suporte Computacional para Aplicações Distribuídas

- Suportes para Computação Distribuída devem fornecer:
 - Mecanismos para execução distribuída de programas
 - Mecanismos para controle de concorrência
 - Mecanismos para comunicação entre processos
 - Ferramentas e mecanismos para desenvolvimento, testes, gerenciamento, controle, segurança, tolerância a faltas, etc.

20

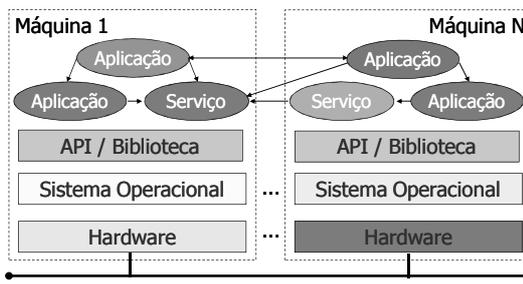
Suporte Computacional para Aplicações Distribuídas

- Suporte para Computação Distribuída
 - APIs e Bibliotecas: fornecem rotinas para comunicação entre processos
Ex.: UNIX Sockets, WinSock, java.net, etc.
 - Middleware para Programação Distribuída: fornece suporte para criar / executar programas distribuídos. Ex.: CORBA, COM, etc.
 - Servidores de Aplicação: permitem o acesso a aplicações via rede. Ex.: Tomcat, JBoss, etc.
 - Linguagens e sistemas operacionais distribuídos caíram em desuso por não suportarem heterogeneidade de ambiente

21

Suporte Computacional para Aplicações Distribuídas

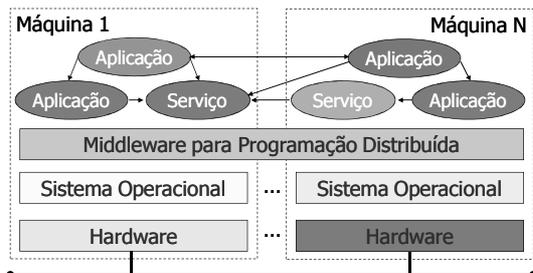
- APIs e Bibliotecas para Comp. Distribuída



22

Suporte Computacional para Aplicações Distribuídas

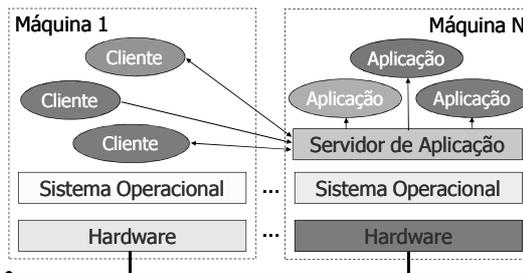
- Middleware para Programação Distribuída



23

Suporte Computacional para Aplicações Distribuídas

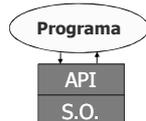
- Servidor de Aplicação



24

Suporte Computacional para Aplicações Distribuídas

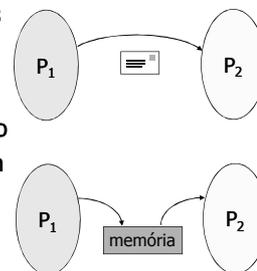
- APIs de comunicação
 - Permitem que aplicações troquem dados
 - Fornecem primitivas de comunicação que podem ser chamadas a partir do código
 - Provêem acesso aos serviços de comunicação, que podem assim ser usados pelas aplicações



25

Suporte Computacional para Aplicações Distribuídas

- APIs de Comunicação de Sist. Operacionais
 - Mecanismos fornecidos pelos S.O.'s permitem enviar mensagens (trechos de memória) de um processo a outro
 - Alguns S.O.'s permitem que sejam criadas áreas de memória compartilhadas entre dois ou mais processos



26

Suporte Computacional para Aplicações Distribuídas

- Exemplos de APIs de comunicação:
 - Pipes: canais de comunicação locais
 - Sockets: portas de comunicação locais ou de rede (versão segura: SSL)
 - Suportes de RPC (*Remote Procedure Call*): permitem chamar procedimentos/métodos remotamente (ex.: RMI, CORBA, COM, ...)
 - Canais de eventos: permitem notificar threads e processos dos eventos ocorridos no sistema (Ex.: JMS, CORBA Notification Service, ...)
 - ...

27

Suporte Computacional para Aplicações Distribuídas

- Mecanismos de comunicação do UNIX
 - *Signals* e *Pipes* (comunicação local)
 - *Sockets*
- Mecanismos de comunicação do Windows
 - *Pipes* e *Mailslots* (comunicação local)
 - WinSock
 - Microsoft RPC
 - Memória compartilhada: *File Mapping* e *Dynamic Data Exchange* (DDE)
 - *Object Linking and Embedding* (OLE)
 - *Component Object Model* (COM)

28

Comunicação entre Processos

- Socket
 - Abstração que representa uma porta de comunicação bidirecional associada a um processo
- Principais Tipos de Socket
 - Socket Datagrama: envia/recebe datagramas sem criar conexão; usa protocolo UDP
 - Socket Multicast: recebe as mensagens endereçadas a um grupo; usa UDP multicast
 - Socket Stream: estabelece uma conexão com outro socket; usa protocolo TCP

29

Comunicação entre Processos

- Operações com Sockets Datagrama
 - Criar um socket datagrama:
DatagramSocket s = new DatagramSocket(porta);
 - Criar pacotes de dados para envio:
DatagramPacket pack = new DatagramPacket(msg, tamanho, destino, porta);
 - Enviar dados: s.send(pack);
 - Criar pacotes de dados para recepção:
DatagramPacket pack = new DatagramPacket(msg,tam);
 - Receber dados: s.receive(pack);
 - Ler dados do pacote: pack.getData()

30

Comunicação entre Processos

■ Sockets Datagrama – Envio

```
try {
    DatagramSocket socket = new DatagramSocket();
    InetAddress destino = InetAddress.getByName(
        "127.0.0.1");
    String mensagem = "Hello";
    byte[] dados = mensagem.getBytes();
    int porta = 5000;
    DatagramPacket pacote = new DatagramPacket(
        dados, dados.length, destino, porta);
    socket.send(pacote);
} catch (SocketException e) { e.printStackTrace(); }
} catch (IOException e) { e.printStackTrace(); }
```

31

Comunicação entre Processos

■ Sockets Datagrama – Recepção

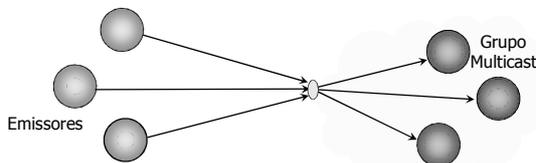
```
try {
    int porta = 5000;
    DatagramSocket socket = new DatagramSocket(porta);
    byte[] dados = new byte[100];
    DatagramPacket pacote = new DatagramPacket(
        dados, dados.length);
    socket.receive(pacote);
    String mensagem = new String(pacote.getData(), 0,
        pacote.getLength());
    System.out.println("Mensagem: " + mensagem);
} catch (SocketException e) { e.printStackTrace(); }
} catch (IOException e) { e.printStackTrace(); }
```

32

Comunicação entre Processos

■ Sockets Multicast

- Permitem o envio simultâneo de datagramas a grupos de destinatários
- Grupos multicast são identificados por endereços IP de 224.0.0.0 a 239.255.255.255



33

Comunicação entre Processos

■ Sockets Multicast

- Vários emissores podem mandar mensagens para o grupo (ou seja, mensagens vão de X emissores → Y receptores)
- Emissor não precisa fazer parte do grupo para enviar mensagens ao grupo, e nem precisa saber quem são os seus membros; basta conhecer o endereço IP do grupo
- O receptor entra em um grupo (se torna um membro do grupo) e passa a receber as mensagens destinadas ao grupo

34

Comunicação entre Processos

■ Sockets Multicast – Envio

```
try {
    DatagramSocket socket = new DatagramSocket();
    InetAddress grupo = InetAddress.getByName(
        "230.1.2.3");
    String mensagem = "Hello";
    byte[] dados = mensagem.getBytes();
    int porta = 5000;
    DatagramPacket pacote = new DatagramPacket(
        dados, dados.length, grupo, porta);
    socket.send(pacote);
} catch (SocketException e) { e.printStackTrace(); }
} catch (IOException e) { e.printStackTrace(); }
```

35

Comunicação entre Processos

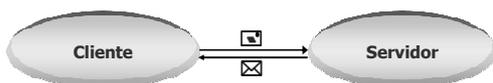
■ Sockets Multicast – Recepção

```
try {
    int porta = 5000;
    MulticastSocket msocket = new MulticastSocket(porta);
    InetAddress grupo = InetAddress.getByName(
        "230.1.2.3");
    msocket.joinGroup(grupo);
    byte[] dados = new byte[100];
    DatagramPacket pacote = new DatagramPacket(
        dados, dados.length);
    msocket.receive(pacote);
    System.out.println("Mensagem: " +
        new String(pacote.getData(), 0, pacote.getLength()));
} catch (Exception e) { e.printStackTrace(); }
```

36

Comunicação entre Processos

- Sockets Stream
 - Estabelecem canais de comunicação entre aplicações, permitindo troca de dados pela rede
 - Adotam o paradigma cliente-servidor
 - Cliente: pede para conectar ao servidor
 - Servidor: aguarda conexões dos clientes



37

Comunicação entre Processos

- Operações com Sockets Stream no Servidor
 - Criar um socket servidor:
ServerSocket s = new ServerSocket(porta, maxClientes);
 - Aguardar conexão: Socket c = s.accept();
 - Obter nome do host conectado:
String host = c.getInetAddress().getHostName();
 - Criar fluxos de comunicação:
ObjectInputStream in = new
ObjectInputStream(c.getInputStream());
ObjectOutputStream out = new
ObjectOutputStream(c.getOutputStream());
 - Fechar conexão: in.close(); out.close(); c.close();

38

Comunicação entre Processos

- Operações com Sockets Stream no Cliente
 - Criar um socket cliente:
Socket c = new Socket(InetAddress.
getByName("servidor.com"), porta);
 - Criar fluxo, enviar e receber dados, e fechar:
idem ao servidor
- Exceções geradas
 - SocketException
 - UnknownHostException
 - IOException

39

Comunicação entre Processos

- Sockets Stream – Servidor

```
try {
    ServerSocket s = new ServerSocket(5000, 10);
    Socket c = s.accept();
    ObjectOutputStream out = new ObjectOutputStream(
        c.getOutputStream());
    output.flush();
    ObjectInputStream input = new ObjectInputStream(
        c.getInputStream());
    String mensagem = (String) input.readObject();
    String resposta = "Olá Cliente";
    output.writeObject(resposta);
    output.flush();
} catch (Exception e) { e.printStackTrace(); }
```

40

Comunicação entre Processos

- Sockets Stream – Cliente

```
try {
    Socket socket = new Socket(InetAddress.getByNome(
        "127.0.0.1"), 5000);
    ObjectOutputStream out = new ObjectOutputStream(
        socket.getOutputStream());
    output.flush();
    ObjectInputStream input = new ObjectInputStream(
        socket.getInputStream());
    String mensagem = "Olá Servidor";
    output.writeObject(mensagem);
    output.flush();
    String resposta = (String) input.readObject();
} catch (Exception e) { e.printStackTrace(); }
```

41

Sistemas de Arquivos Distribuídos

- Definições
 - Um sistema de arquivos distribuído permite que arquivos de computadores remotos sejam acessados como se estivessem armazenados no computador local
 - Um computador da rede compartilha um diretório (pasta) ou volume, que pode ser montado em outro computador da rede, passando a ser visto como uma unidade de disco (Windows) ou como um diretório do sistema de arquivos (UNIX/Linux)

42

Sistemas de Arquivos Distribuídos

- Vantagens
 - Permite que o usuário acesse seus arquivos em qualquer computador de uma rede
 - Facilita o compartilhamento de arquivos entre os usuários da rede
 - Simplifica a administração dos computadores da rede, provendo um ponto central para armazenamento de dados e programas
 - Pode ser usado para efetuar *backup* remoto de arquivos locais

43

Sistemas de Arquivos Distribuídos

- Requisitos desejáveis
 - Transparência de acesso e de localização
 - Funcionalidades e desempenho comparáveis a um sistema de arquivos convencional
 - Controle de acesso
 - Controle de concorrência
 - Heterogeneidade de hardware e SO
 - Consistência
 - Escalabilidade
 - Tolerância a falhas

44

Sistemas de Arquivos Distribuídos

- Acesso a arquivos
 - As mesmas chamadas de sistema ou classes da API usadas para acesso a arquivos locais são utilizadas no acesso a arquivos remotos
 - No UNIX/Linux: chamadas de sistema *open*, *close*, *read*, *write*, etc.
 - No Windows: chamadas de sistema *CreateFile*, *ReadFile*, *WriteFile*, *CloseHandle*, etc.
 - Em Java: classes da API *FileInputStream*, *FileOutputStream*, *FileReader*, *FileWriter*, etc.

45

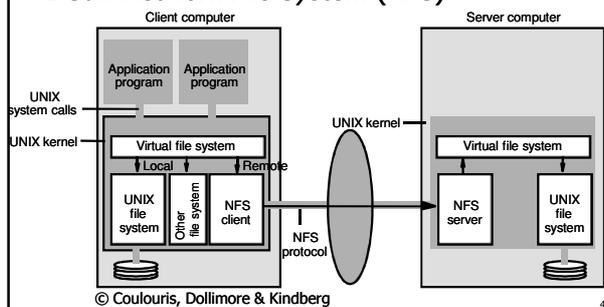
Sistemas de Arquivos Distribuídos

| | |
|------------------------------|--|
| Módulo de Diretório | • Relaciona nomes com IDs de arquivos |
| Módulo de Arquivo | • Relaciona IDs de arquivos com arquivos físicos |
| Módulo de Controle de Acesso | • Verifica se o usuário possui permissão para efetuar a operação solicitada |
| Módulo de Acesso a Arquivo | • Lê ou escreve dados ou atributos de um arquivo |
| Módulo de Bloco | • Acessa e aloca blocos de disco |
| Módulo de Dispositivo | • Efetua operações de entrada e saída no disco • Gerencia o uso de <i>buffers</i> |

46

Sistemas de Arquivos Distribuídos

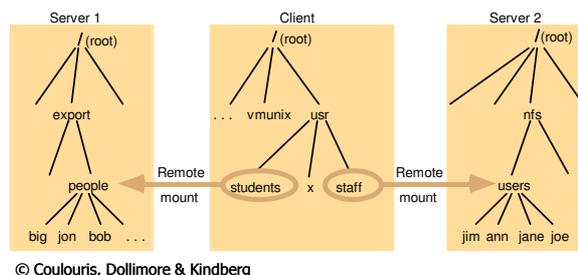
- Sun Network File System (NFS)



47

Sistemas de Arquivos Distribuídos

- Exportação e montagem de diretórios NFS



48

Sistemas de Arquivos Distribuídos

- Configuração do NFS
 - */etc/exports* : contém os diretórios exportados pela máquina local para as demais máquinas da rede
 - */etc/fstab* : lista os diretórios remotos que devem ser montados na máquina local
- Comandos do NFS
 - *exportfs*
 - *mount*

49

Sistemas de Arquivos Distribuídos

- Evolução do NFS
 - NFSv1: versão de desenvolvimento, usada apenas internamente na Sun
 - NFSv2: 1º release; comunicação entre cliente e servidor através de UDP (não confiável)
 - NFSv3: adicionou suporte para comunicação através de TCP (confiável), para uso em WANs
 - NFSv4: atual; desenvolvida no âmbito da IETF; suporta a replicação de volumes de dados

50

Sistemas de Arquivos Distribuídos

- *Andrew File System (AFS)*
 - Desenvolvido com o intuito de permitir a replicação de volumes de dados
 - Criado na Univ. de Carnegie Mellon, USA
 - Tornou-se um produto da Transarc, que posteriormente foi adquirida pela IBM
 - IBM deixou de dar suporte ao produto e o disponibilizou como software livre (OpenAFS)

51

Sistemas de Arquivos Distribuídos

- *Server Message Block (SMB) / Common Internet File System (CIFS)*
 - Suportado nativamente no Windows para compartilhamento de arquivos, periféricos, etc.
 - Implementado também no UNIX/Linux por meio do serviço Samba
 - Pode ser construído sobre diversos protocolos de comunicação, como NetBIOS, TCP/IP, etc.