



Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)  
Departamento de Informática e Estatística **ine**

# Computação Distribuída INE 5625

**Prof. Mario Dantas**  
<http://www.inf.ufsc.br/~mario>

## Objetivo

Neste curso vamos estudar os conceitos relativos a computação distribuída, abordando paradigmas tais:

- *computação obíqua;*
- *computação pervasiva;*
- *computação colaborativa;*
- *ambientes de troca de mensagens;*
- *memória compartilhada; e*
- *objetos distribuídos.*

## Objetivo

Vamos iniciar nosso curso com as novas abordagens de computação distribuídas, estas conhecidas como *ubíqua, pervasiva e colaborativa*.

O objetivo é introduzir uma visão inovadora de ambientes computacionais altamente distribuídos, que necessitam de um tratamento especial por parte de especialistas e, por outro lado, ser *ignorado* pelos seus usuários.

## Objetivo

Quanto as bibliotecas de *troca de mensagem* serão estudadas: *PVM (Parallel Virtual Machine) e MPI (Message Passing Interface)*.

Ambientes de *middlewares* orientados à *memória compartilhada (shared memory)*, tais como *Jiajia* e *ThreadMark*, serão também estudados.

## Objetivo

Finalmente, os objetos distribuídos serão abordados através das tecnologias *CORBA, DCOM e Java RMI*

## Conteúdo Programático

**Modulo I**

- . Introdução a computação distribuída
- . Ambientes de middleware

**Modulo II**

- . Paradigma de troca de mensagem
- . Parallel Virtual Machine (PVM)
- . Message Passing Interface (MPI)
- . Ambientes de Memória Compartilhada

## Conteúdo Programático

### Modulo III

- . Objetos distribuídos
- . Componentes
- . CORBA
- . Barramento de objetos CORBA
- . Adaptador básico de objetos
- . Linguagem de definição de interfaces

## Conteúdo Programático

- . Serviços CORBA
- . Objetos COM
- . Barramento de objetos COM
- . Serviços OLE/COM
- Java/RMI

## Bibliografia Recomendada

- Coulouris, Dollimore e Kindberg, Distributed Systems: Concepts and Design, ISBN: 0201619180, Addison Weley, 2006
- Tanenbaum e van Steen, Distributed Systems: Principles and Paradigms (2nd Edition), ISBN: 0132392275, Prentice Hall, 2000
- Dantas, Computação Distribuída de Alto Desempenho: Redes, Clusters e Grids Computacionais, ISBN: 8573232404, Axcel Books 2005.

*Datas Período: 2010-1*

a) Provas:

- P1: 04/05;
- P2 : 22/06;
- Rec: 29/06.

b) Trabalhos:

- 1º. Grupo –

## Conteúdo Programático

### Modulo I

- . **Introdução a computação distribuída**
- . Ambientes de middleware

### Modulo II

- . Paradigma de troca de mensagens
- . Parallel Virtual Machine (PVM)
- . Message Passing Interface (MPI)
- . Ambientes de Memória Compartilhada

## 1.1 - Introdução a computação distribuída

- Aplicações têm se tornado a cada dia mais complexas. Um exemplo é a utilização de diversos tipos de mídia (voz, dados, imagens);
- O crescimento numa imaginado da Internet e redes;
- A *transparência* provida pela Web;

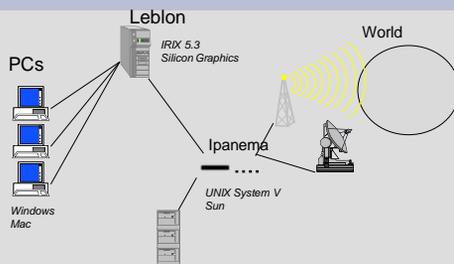
## Introdução a computação distribuída

- Computadores pessoais se tornam cada vez mais acessíveis;
- Redes e dispositivos móveis sem fio tornam-se um padrão de comunicação pessoal e empresarial.

## Exemplo típico

- Jogos Pan-Americanos
  - Muitas pessoas/dispositivos entrando com dados/imagens;
  - Sistema computacionais para processar informações;
  - Disponibilizar um Web Site para entrada e busca de informação.

## Exemplo ilustrado



## Fatores a serem considerados

- Eficiência
  - ✓ desenvolvimento da solução;
  - ✓ tempo de execução.
- Confiabilidade
- Transparência
  - ✓ flexibilidade;
  - ✓ tolerância à falha X alta disponibilidade.

## Fatores a serem considerados

- Codificação da Aplicação
  - ✓ fácil utilização
- Computação da Aplicação
  - ✓ precisa;
  - ✓ segura;
  - ✓ eficiente.

## Fatores a serem considerados

- Aplicação Web
  - ✓ flexível;
  - ✓ Poder ser replicada;
  - ✓ eficiente.

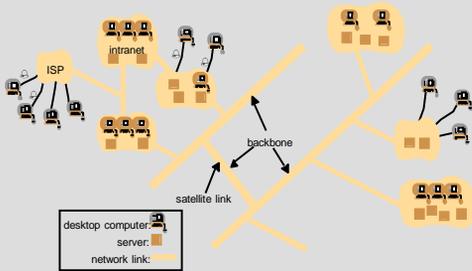
## Possíveis soluções

- C/C++ aplicações + Sockets
  - ✓ não possui uma maior escalabilidade
  - ✓ problemas de empacotamento/desempacotamento
  - ✓ muitos protocolos temporários
- DCE (remote procedure invocation)
  - ✓ não existe polimorfismo

## Possíveis soluções

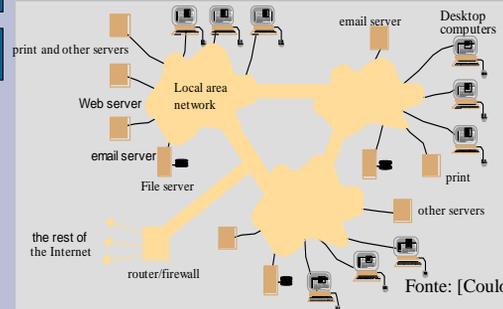
- Ambientes de troca de mensagem;
- Pacotes de memória compartilhada distribuída;
- Objetos distribuídos.

## Uma típica parte da Internet



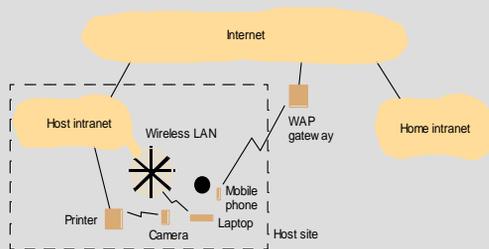
Fonte: [Coulouris]

## Uma típica Intranet



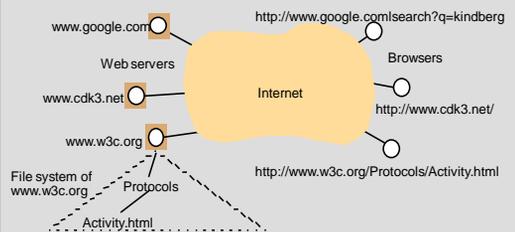
Fonte: [Coulouris]

## Dispositivos móveis e portáteis em sistemas distribuídos



Fonte: [Coulouris]

## Web servers and web browsers



Fonte: [Coulouris]

## Computadores na Internet

Date	Computers	Web servers
1979, Dec.	188	0
1989, July	130,000	0
1999, July	56,218,000	5,560,866
2003, Jan.	171,638,297	35,424,956

Fonte: [Coulouris]

## Computadores vs. Web servers na Internet

Date	Computers	Web servers	Percentage
1993, July	1,776,000	130	0.008
1995, July	6,642,000	23,500	0.4
1997, July	19,540,000	1,203,096	6
1999, July	56,218,000	6,598,697	12
2001, July	125,888,197	31,299,592	25

Fonte: [Coulouris]

## Introdução a computação distribuída

Como podemos definir um sistema distribuído ?

## Introdução a computação distribuída

Como podemos definir um sistema distribuído ?

*No mundo real os sistemas distribuídos, sob o aspecto de arquitetura de máquinas para execução de aplicativos, devem ser vistos como configurações com grande poder de escala pela agregação de computadores existentes nas redes.*

Fonte: [Dantas]

## Introdução a computação distribuída

Como podemos definir um sistema distribuído ?

*Nos ambientes distribuídos, a homogeneidade ou heterogeneidade de um conjunto de máquinas, onde cada qual possui sua arquitetura de software-hardware executando sua própria cópia do SO, permite a formação de interessantes configurações de SMPs, de MPPs, de clusters e de grids computacionais.*

Fonte: [Dantas]

## Tipos de Transparências

**1. Access transparency:** enables local and remote resources to be accessed using identical operations;

**2. Location transparency:** enables resources to be accessed without knowledge of their physical or network location (for example, which building or IP address);

**3. Concurrency transparency:** enables several processes to operate concurrently using shared resources without interference between them;

Fonte: [Coulouris]

## Tipos de Transparências

4. *Replication transparency*: enables multiple instances of resources to be used to increase reliability and performance without knowledge of the replicas by users or application programmers;

5. *Failure transparency*: enables the concealment of faults, allowing users and application programs to complete their tasks despite the failure of hardware or software components;

Fonte: [Coulouris]

## Tipos de Transparências

6. *Mobility transparency*: allows the movement of resources and clients within a system without affecting the operation of users or programs;

7. *Performance transparency*: allows the system to be reconfigured to improve performance as loads vary;

8. *Scaling transparency*: allows the system and applications to expand in scale without change to the system structure or the application algorithms.

Fonte: [Coulouris]

## Sistemas Distribuídos: Modelos de Arquiteturas

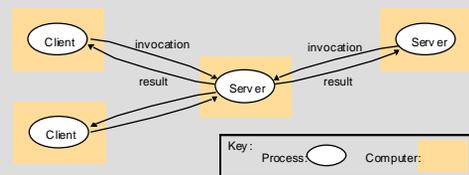
### Modelos de Arquiteturas



Fonte:

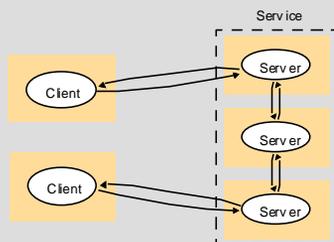
## Sistemas Distribuídos: Modelos de Arquiteturas

### Cientes invocando servidores individuais



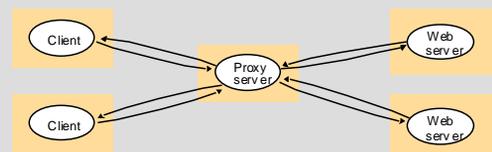
## Sistemas Distribuídos: Modelos de Arquiteturas

### Um serviço provido por múltiplos servers



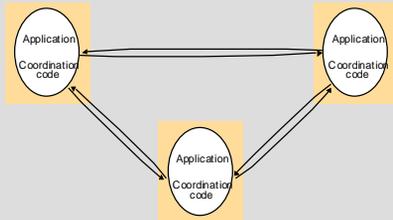
## Sistemas Distribuídos: Modelos de Arquiteturas

### Web proxy server



## Sistemas Distribuídos: Modelos de Arquiteturas

Uma aplicação distribuída baseada em processos fim (peer processes)



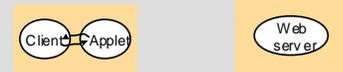
## Sistemas Distribuídos: Modelos de Arquiteturas

Web applets

a) client request results in the downloading of applet code



b) client interacts with the applet



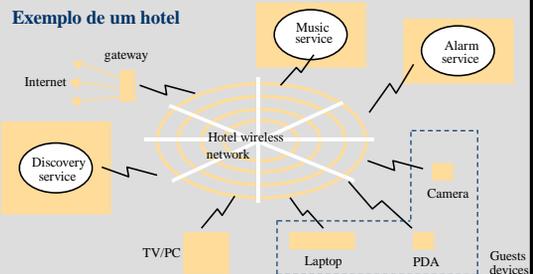
## Sistemas Distribuídos: Modelos de Arquiteturas

Thin clients e servidores

## Sistemas Distribuídos: Modelos de Arquiteturas

Redes Ad hoc (espontânea)

Exemplo de um hotel



## Conceito de Sistemas Distribuídos:

São sistemas compostos por diversas partes cooperantes que são executadas em máquinas diferentes interconectadas por uma rede

Cooperação → Máquinas trabalham em conjunto para chegar a um determinado objetivo; para cooperar as máquinas precisam se comunicar de alguma forma

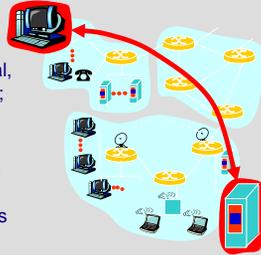
Interconexão → Máquinas dispõem de um meio de comunicação para trocar dados com o intuito de cooperar de modo a alcançar um objetivo comum

## Computação Distribuída:

- Consiste em executar processos / aplicações cooperantes em máquinas diferentes
- Tornou-se bastante comum a partir da popularização das redes de computadores
- Processos são executados em máquinas diferentes interligadas por uma rede
  - Redes locais
  - Internet
  - Outras redes públicas ou privadas

## Infra-Estrutura Física

- Máquinas (*hosts*) são conectadas a um provedor (ISP), rede local, metropolitana ou sem fio;
- Estas redes são interligadas por redes de longa distância públicas (ex.: Internet) ou privadas



© Kurose & Ross

## Sistemas distribuídos x centralizados

- Sistemas centralizados têm um ponto único de falha;
- Sistemas distribuídos podem *umentar a robustez* do sistema e a disponibilidade dos dados;
- Sistemas centralizados são limitados pela capacidade de processamento e armazenamento da máquina;

## Sistemas distribuídos x centralizados

- Sistemas distribuídos podem crescer em escala adicionando novos servidores ao sistema;
- Sistemas distribuídos são mais sujeitos a apresentar falhas parciais de funcionamento e de segurança;
- Sistemas distribuídos são mais difíceis de administrar pois os servidores estão em locais diferentes;

## Sistemas distribuídos x paralelos

- Ambos podem executar processamento paralelo usando os vários processadores disponíveis;
- Em máquinas paralelas os processadores podem trocar dados usando discos ou memória;
- Em sistemas distribuídos dados são trocados pela rede, o que pode prejudicar o seu desempenho;

## Sistemas distribuídos x paralelos

- Sistemas paralelos são mais vulneráveis a alguns tipos de falha (ex.: falha na alimentação ou na rede);
- Sistemas paralelos não são tão escaláveis quanto sistemas distribuídos.

## Aplicações

### World Wide Web



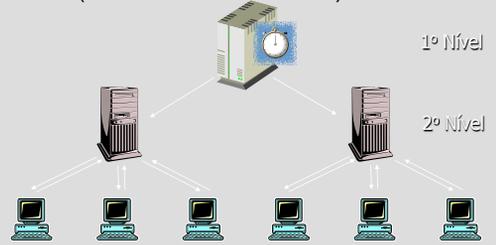
## Aplicações

- E-Mail – Envio, Recepção e Leitura de E-Mails:



## Aplicações

- NTP (Network Time Protocol)



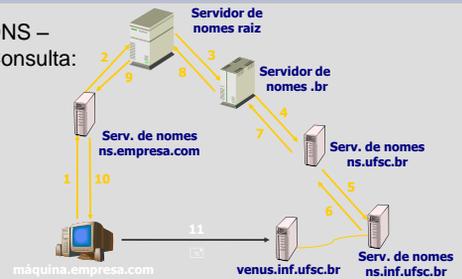
## Aplicações

- DNS – Servidores Raiz:



## Aplicações

- DNS – Consulta:



## Aplicações

- Outros exemplos de aplicações distribuídas:

- Messenger, ICQ;
- Redes Peer-to-Peer (P2P);
- Sistema de Reserva de Passagens;
- Sistema de Operadoras de Cartão de Crédito;

## Aplicações

- Sistemas bancários;
- Sistemas de gerenciamento de redes de telecomunicações, transmissão de energia;
- Sistemas de informação de grandes empresas;
- Nova abordagem de TV digital.

## Características

- Classificação:
  - Sistemas Homogêneos
    - Todos os *sites* têm o mesmo software e hardware
  - Sistemas Heterogêneos
    - Hardware, sistema operacional e aplicativos podem ser diferentes em cada máquina
    - Podem representar os dados de modo diferente
    - Protocolos de comunicação precisam ser os mesmos para que as máquinas possam interagir

## Características

- Vantagens
  - Dispõem de maior poder de processamento;
  - Se bem construídos, podem apresentar um melhor desempenho que sistemas centralizados;
  - Podem apresentar maior confiabilidade ;

## Características

- Vantagens
  - Permitem reutilizar serviços já disponíveis;
  - Possuem maior capacidade para armazenamento de dados que sistemas centralizados;
  - Podem compartilhar dados e recursos;
  - Podem atender um maior número de usuários;

## Características

- Dificuldades
  - Desenvolver, gerenciar e manter o sistema;
  - Controlar o acesso concorrente a dados e a recursos compartilhados;
  - Controlar a consistência dos dados replicados;

## Características

- Dificuldades
  - Evitar que falhas de máquinas ou da rede comprometam o funcionamento do sistema
    - Mais hardware → mais falhas
  - Garantir a segurança do sistema e o sigilo dos dados trocados entre máquinas;
  - Lidar com a heterogeneidade do ambiente;

## Características

- Desempenho
  - Mais máquinas → maior poder de processamento;
  - Uso da rede → pior desempenho;
  - É importante utilizar adequadamente o poder de processamento disponível e limitar a comunicação da rede para que o desempenho da aplicação distribuída seja satisfatório;

### Características

- Compartilhamento de Dados e de Recursos
  - É possível acessar dados e recursos disponíveis em outras máquinas do sistema  
Ex.: impressoras, câmeras, bancos de dados, filmes.
  - Recursos podem estar indisponíveis devido a falhas;
  - Acesso concorrente deve ser controlado;
  - Deadlocks precisam ser evitados;

### Características

- Uso da Rede
  - Acoplamento fraco → máquinas trocam dados através da rede
  - Tempo de comunicação ilimitado → pode comprometer o funcionamento do sistema
  - Como reduzir o tráfego na rede?

### Características

- Não-deterministas
  - Comportamento pouco previsível devido ao uso da rede, que leva à possibilidade de ocorrerem retardos inesperados ou mesmo falhas na comunicação
  - Como evitar congestionamento/sobrecarga?

### Características

- Influência do Tempo
  - Sistemas distribuídos são bastante influenciados pelo tempo de comunicação pela rede
  - Em geral não há uma referência de tempo global, pois os relógios das máquinas não estão sincronizados
    - Como ordenar os eventos no sistema?

### Características

- Controle
  - Os sistemas distribuídos tendem a empregar recursos remotos, sobre os quais não se tem total controle
  - Estes recursos podem estar indisponíveis por já estarem sendo usados ou por falha na máquina ou programa que os administra, na rede ou no próprio recurso

### Características

- Sujeito a Falhas
  - As máquinas e a rede podem falhar
  - Como evitar que estas falhas comprometam o funcionamento do sistema?
- Segurança
  - Mais difícil controlar o acesso a dados e recursos em sistemas distribuídos
  - Como garantir a segurança do sistema e o sigilo dos dados trocados pela rede?

### Características

- Difícil ter uma visão global do sistema
  - Difícil saber o estado de cada parte do sistema em um determinado instante devido à latência da rede
  - Transações envolvem várias máquinas
  - Como conhecer o estado global do sistema?

### Características

- Gerenciamento e manutenção do sistema
  - Máquinas dispersas pela rede → difícil gerenciar e manter as máquinas e o sistema funcionando
  - Há maior dificuldade se o sistema for heterogêneo
  - Administração pode ser independente

### Características

- Replicação de Dados
  - Os dados do sistema podem estar replicados;
  - É necessário garantir a consistência de réplicas → réplicas com o mesmo valor!
  - Alterações nos dados devem ser propagadas para as máquinas com réplicas do dado;

### Características

- Replicação de Dados
  - Replicação dificulta a obtenção do estado global do sistema;
  - Cada réplica deve atualizar seu estado ao reintegrar-se ao sistema; qualquer inconsistência nos dados deve ser resolvida.

### Desenvolvimento de Aplicações

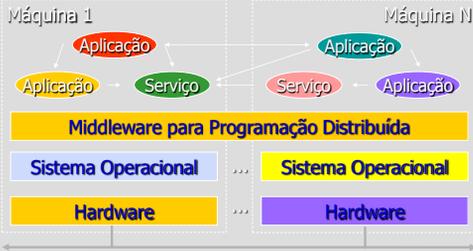
- Aplicações Distribuídas são criadas usando:
  - **APIs e Bibliotecas:** fornecem rotinas para comunicação entre processos, controle de concorrência, monitorar transações, etc.  
Ex.: Sockets, WinSock, java.net, etc.

### Desenvolvimento de Aplicações

- **Middleware para Programação Distribuída:** fornece suporte para criar / executar programas distribuídos.  
Ex.: CORBA, COM, .NET, etc.
- **Servidores de Aplicação:** hospedam aplicações que provêem serviços e dados a clientes remotos  
Ex.: JBoss, WebSphere, etc.
- Linguagens e sistemas operacionais distribuídos vem caindo em desuso

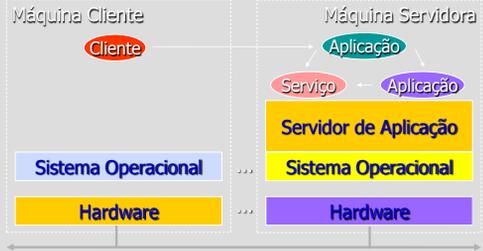
## Desenvolvimento de Aplicações

### • Middleware para Programação Distribuída



## Desenvolvimento de Aplicações

### • Servidores de Aplicação



## Desenvolvimento de Aplicações

### • Projeto de Aplicações Distribuídas

- Abordagens de projeto
  - *Top-Down*: usada em sistemas construídos do zero, possivelmente homogêneos
  - *Bottom-Up*: usada quando os sistemas locais já estão instalados e precisam ser integrados

## Desenvolvimento de Aplicações

- Questões a serem respondidas no projeto
  - Onde colocar os *sites*?
  - Como distribuir dados e serviços pelos *sites*?
  - Replicação é necessária?
  - Como integrar sistemas já existentes?

## Introdução a computação distribuída

O que vem a ser computação ubíqua ?

## Introdução a computação distribuída

O que vem a ser computação ubíqua ?

O termo computação ubíqua foi primeiramente sugerido por Mark Weiser em 1988. Este descreve sua idéia de tornar os computadores *onipresentes e invisíveis*.

O esforço é tirar o computador do caminho entre o usuário e seu trabalho. Em outras palavras, o objetivo é ir além da *interface amigável* e longe da *realidade virtual*.

## Introdução a computação distribuída

O que vem a ser computação ubíqua ?

Ao invés de usar ao máximo todos os canais de entrada e saída do corpo, semelhante à *realidade virtual*, a idéia é permitir que o indivíduo faça seu trabalho com o auxílio de computadores sem nunca ter que se preocupar em trabalhar nos computadores.

Melhorando-se as interfaces fazem do obstáculo (o computador) um elemento mais fácil de usar.

## Introdução a computação distribuída

O que vem a ser computação ubíqua ?

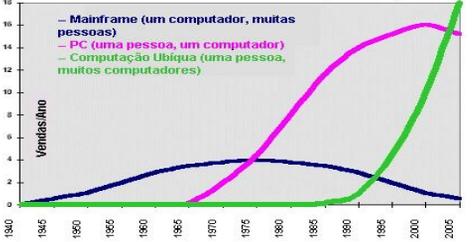
Este tipo de computação cria a *era da tecnologia calma (calm technology)*.

A computação passa a ser subjacente às nossas vidas. Os computadores passam a ser tão naturais, tão sob medida e tão *embutidos em todos os locais*, que eles se tornam praticamente invisíveis, isto é, nós os utilizamos quase sem pensar.

## Introdução a computação distribuída

O que vem a ser computação ubíqua? Fonte: [Mark Weiser]

### Tendências da Computação



## Introdução a computação distribuída

O que vem a ser computação pervasiva ?

Mark Weiser e seus colegas no Lab. PARC, utilizaram os termos *computação ubíqua e pervasiva de maneira intercambiável para descrever como a computação iria migrar do ambiente desktop, para um ambiente pessoal e depois para uma configuração mais distribuída – móvel e embarcada.*

## Introdução a computação distribuída

O que vem a ser computação pervasiva ?

Todavia, existe uma diferença nestes tipos de computação.

O termo *computação ubíqua* significa *o estado de estar presente em todos os lugares.*

Por outro lado, *computação pervasiva* representa *passar através, ou ser difundida através de.*

## Introdução a computação distribuída

O que vem a ser computação pervasiva ?

No mundo real, a computação ubíqua está relacionada aos frameworks, sistemas embarcados, redes e *displays que estão transparentes e em qualquer lugar, permitindo aos usuários operações de plug-and-play em dispositivos e ferramentas.*

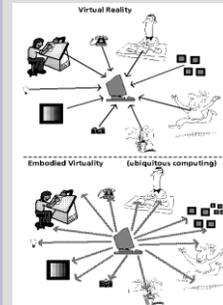
## Introdução a computação distribuída

O que vem a ser computação pervasiva ?

Por outro lado, a *computação pervasiva* refere-se a dispositivos físicos tais como seu telefone celular, computador de mão, uma jaqueta inteligente que se modifica com a temperatura do corpo.

Assim, podemos entender a computação pervasiva como um conjunto de ferramentas dentro de um determinado ambiente, no qual podemos acessar as informações a qualquer hora e a qualquer momento.

## Introdução a computação distribuída



Fonte:[Mark Weiser]

## Tolerância à Falhas

- *Conceitos*
- *Tipos de Falhas*
- *Replicação*
- *Detecção de Falhas*
- *Recuperação de Falhas*

87

## Conceitos

- *Confiança de Funcionamento (Dependability)*
  - Representa a confiança depositada em um determinado sistema em relação ao seu correto funcionamento
  - Um sistema dito confiável (*dependable*) possui uma grande probabilidade de se comportar da maneira esperada

88

## Conceitos

- *Confiança de Funcionamento (Dependability)*
  - A confiança de funcionamento é um importante requisito de Qualidade de Serviço (QoS) em sistemas computacionais críticos

89

## Conceitos

- *Estados de um Sistema:*
  - Sistema próprio: serviço é fornecido pelo sistema como foi especificado
  - Sistema interrompido ou impróprio: serviço não é fornecido conforme especificado



## Conceitos

- A Confiança de Funcionamento de um sistema é medida pelos seguintes fatores:
  - Confiabilidade (*Reliability*): tempo de funcionamento contínuo (sem falhas) do sistema
  - Manutenibilidade (*Maintainability*): tempo gasto para restaurar o sistema após uma falha

91

## Conceitos

- A Confiança de Funcionamento de um sistema é medida pelos seguintes fatores:
  - Disponibilidade (*Availability*): tempo de funcionamento em relação ao tempo de falha
  - Seguridade (*Safety*): prejuízo causado pela falha do sistema

92

## Conceitos

- Confiabilidade pode ser representada por:
  - Tempo Médio Para a Falha (MTTF): indica o tempo médio que o sistema fica sem falhar
    - Ex.: X horas ou dias de funcionamento
    - Quanto maior, melhor
  - Médio Entre Falhas (MTBF): representa o tempo entre falhas sucessivas
    - Ex.: Y horas ou dias entre falhas
    - Quanto maior, melhor

93

## Conceitos

- Confiabilidade pode ser representada por:
  - Probabilidade (taxa) de Falha
    - Ex.:  $10^{-2}$  falhas/hora ou falhas/dia
    - Quanto maior o expoente, melhor

94

## Conceitos

- Manutenibilidade é representada por:
  - Tempo Médio Para Reparo (MTTR): indica o tempo necessário para que o sistema volte a funcionar corretamente
    - Ex.: X segundos, minutos ou horas para o sistema voltar a funcionar corretamente
    - Quanto menor, melhor

95

## Conceitos

- Disponibilidade é representada por:
  - Grau de disponibilidade:
$$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$
    - Ex.: sistema disponível por 99.9% do tempo
    - Quanto maior, melhor

Disponibilidade	Tempo de parada / ano
90%	~ 1 mês
99%	~ 4 dias
99.9%	~ 9 horas
99.99%	~ 1 hora
99.999%	~ 5 minutos
99.9999%	~ 30 segundos

96

## Conceitos

- Seguridade é representada por:
    - Grau de Seguridade: probabilidade do sistema ser recuperável (de não se tornar impróprio) em caso de falha, ou seja, a chance de uma falha não ser catastrófica
- \_\_\_\_\_ Falhas Benignas \_\_\_\_\_  
Falhas Benignas + Catastróficas
- Ex.: sistema recuperável em 98% das falhas
  - Quanto maior, melhor

## Conceitos

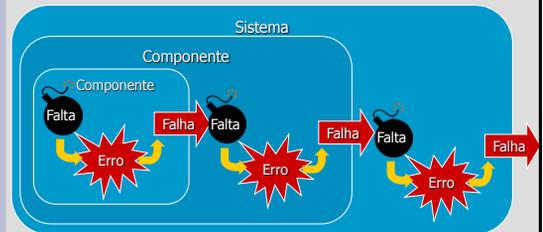
- Falta, Erro e Falha
  - Faltas são defeitos que ocorrem em sistemas
    - Originadas por fatores internos ou externos
    - Podem ficar dormentes até serem notadas
  - Erros são resultantes de faltas no sistema
    - Ocorrem quando faltas impedem o funcionamento normal do sistema
    - Diferentes faltas podem causar o mesmo erro
  - Falhas podem ocorrer devido a erros no sistema
    - A falha é o efeito observável do erro
    - Diversos erros podem levar à mesma falha

## Conceito

- Falta, Erro e Falha
  - Exemplo: HD
    - Um setor do disco pode estar com defeito (falta)
    - Um erro de leitura pode ocorrer se um programa tentar ler ou escrever neste setor
    - Pode ocorrer uma falha em um sistema que tente acessar este setor e não consiga
    - Se os dados gravados neste setor estiverem replicados em outro local, o sistema pode tolerar a falta e não apresentar falha

## Conceitos

- Falhas em Cascata



## Conceitos

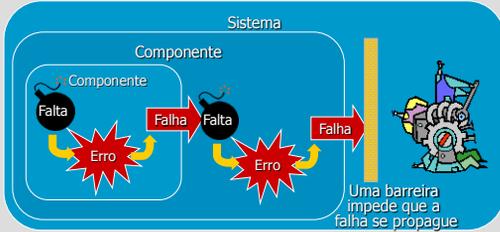
- Falhas em Cascata
  - A falha de um componente pode ocasionar a falha de outro que necessita dos serviços do primeiro, e assim sucessivamente, podendo levar o sistema como um todo a falhar
- Exemplo:
  - Uma falta no disco pode causar uma falha no sistema de arquivos
  - Os servidores Web e de e-mail, que usam o sist. de arquivos, podem falhar
  - Uma aplicação de comércio eletrônico baseada na Web pode também falhar

## Conceitos

- Previsão de Faltas
  - Estima a probabilidade de que faltas ocorram
  - Permite que se avalie os riscos de falha
- Remoção de Faltas
  - Consiste em detectar e remover as faltas antes que causem erros e falhas
  - Usar ferramentas como debugger, scandisk, ...
- Prevenção de Faltas
  - Elimina as condições que fazem com que faltas ocorram durante a operação do sistema
  - Usa replicação interna, técnicas de validação, ...

## Conceitos

- Tolerância a Falhas



103

## Conceitos

- Tolerância a Falhas
  - Propriedade de sistemas que não falham necessariamente ao se deparar com uma falha
- Sistemas Tolerantes a Falhas
  - São sistemas capazes de tolerar falhas encontradas durante a sua execução
- Técnicas de Tolerância a Falhas
  - Permitem prevenir falhas contornando as falhas que os sistemas podem vir a apresentar

104

## Tipos de Falhas

- Classificação em relação à sua origem:
  - Física: causada pelo hardware
  - De projeto: introduzida durante a fase de projeto do sistema
  - De interação: ocorrida nas interfaces entre componentes do sistema ou na interação com o mundo exterior
- Classificação em relação à sua natureza:
  - Acidental ou Intencional
  - Maliciosa ou Não

105

## Tipos de Falhas

- Classificação em relação ao seu surgimento:
  - Na fase de desenvolvimento do sistema
  - Na fase de operação do sistema
- Classificação em relação à sua localização:
  - Interna
  - Externa
- Classificação em relação à persistência:
  - Temporária
    - Transiente ou Intermitente
  - Permanente

106

## Tipos de Falhas

- Classificação com base no modelo de falhas:
  - Falhas Omissivas
    - Crash: deixa de funcionar permanentemente
    - Omissão: sistema deixou de fazer o que deveria em um determinado instante
    - Temporal: sistema atrasou-se para executar uma determinada ação
  - Falhas Assertivas
    - Sintática: formato da saída é inadequado
    - Semântica: saída apresenta valor incorreto
  - Falhas Arbitrárias: omissivas + assertivas

107

## Tipos de Falhas

- Os tipos de falhas mais frequentes são:
  - Falhas de operação e administração: 42%
  - Falhas de software: 25%
  - Falhas de hardware: 18%
  - Falhas de ambiente: 14%
  - Fonte: Jim Gray. *Why do Computers Stop and What Can Be Done About It?* IEEE SRDS'85.
  - Estudos mais recentes confirmam estes dados

108

## Replicação

- Tolerância a faltas pode ser obtida através do uso de recursos redundantes
- Redundância pode ser aplicada das seguintes maneiras:
  - Redundância Temporal: repetir uma mesma tarefa até que um resultado válido seja obtido
  - Redundância de Valores: replicar um dado armazenado ou enviado pela rede
  - Redundância Espacial: usar várias réplicas de um componente de hardware ou software

109

## Replicação

- Uso de réplicas aumenta a disponibilidade
  - Exemplo: se a probabilidade de perda de uma mensagem na rede é de 2% (disponibilidade de 0,98), se duplicarmos todas as mensagens, a chance de se perder as duas cópias será de 0,04% (disponibilidade de  $1 - 0,02^2 = 0,9996$ )
  - Exemplo 2: se um servidor fica indisponível durante 8 horas a cada ano (disponibilidade de 0,999), se criarmos 3 réplicas teremos uma parada total de 3,15 segundos em um século (disponibilidade de  $1 - 0,001^3 = 0,999999999$ )

110

## Replicação

- O acesso a serviços ou dados replicados deve ser transparente para o usuário
  - Usuário deve acessar o dado ou serviço replicado da mesma forma que o faria se não houvesse replicação
  - Se for preciso manter a consistência dos dados replicados, este processo deve ser efetuado automaticamente pelas réplicas
  - Mesmo que mais de uma réplica responda a uma requisição, apenas uma resposta deve ser entregue ao usuário

111

## Replicação

- Técnicas de Replicação
  - Definem como as réplicas se comportarão durante o funcionamento normal do sistema e sob a presença de faltas
- Principais Técnicas de Replicação
  - Replicação Passiva (Primário-Backup)
  - Replicação Ativa
  - Replicação Semi-Ativa (Líder-Seguidores)
  - Replicação Preguiçosa (*Lazy*)

112

## Replicação

- Replicação Passiva (Primário-Backup)
  - São criados um ou mais backups de um componente (primário) com o objetivo de substituí-lo em caso de falha
  - Funcionamento com propagação de estado instantânea:
    - Primário recebe requisições, as executa, atualiza o estado dos backups e retorna o resultado ao cliente

113

## Replicação

- Replicação Passiva (Primário-Backup)



114

## Replicação

- Replicação Passiva (Primário-Backup)
  - Em caso de falha do primário, um backup será escolhido para assumir o seu lugar
  - O backup escolhido terá o mesmo estado do primário até a última requisição executada
  - Uma requisição em execução durante a falha pode ser recuperada pelo cliente reenviando a requisição ao novo primário
  - Atualização de estado a cada requisição causa uma sobrecarga considerável no primário

115

## Replicação

- Replicação Passiva (Primário-Backup)
  - Funcionamento com *log* e *checkpoints* :
    - As requisições de clientes são enviadas ao primário e ao(s) backup(s)
      - Primário executa as requisições e responde aos clientes
      - Backup recebe as requisições mas não as executa – apenas as registra em um *log*
    - O estado do primário é transferido para o(s) backup(s) em instantes predeterminados – chamados de *checkpoints*

116

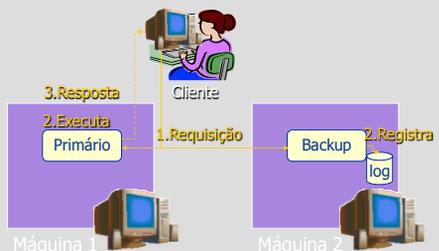
## Replicação

- Replicação Passiva (Primário-Backup)
  - Funcionamento com *log* e *checkpoints* (cont.):
    - O backup limpa o *log* a cada *checkpoint*
    - Em caso de falha do primário, o backup escolhido para assumir o seu lugar terá o estado do primário no último *checkpoint*
    - Para chegar ao mesmo estado do primário no instante da falha, o backup escolhido executa as requisições registradas no *log*

117

## Replicação

- Replicação Passiva (Primário-Backup)



118

## Replicação

- Replicação Passiva (Primário-Backup)
  - Procedimento executado a cada *Checkpoint* :



119

## Replicação

- Replicação Passiva (Primário-Backup)
  - Considerações:
    - O(s) backup(s) consomem muito pouco poder de processamento, pois não precisam processar as requisições
    - O primário tem a obrigação de salvar seu estado e enviar ao(s) backup(s), o que consome processamento e largura de banda
    - Transferência de estado pode ser incremental
    - Quanto maior o intervalo entre *checkpoints*, menor a sobrecarga no primário, e maior o tempo de recuperação de falhas

120

## Replicação

- Replicação Ativa
  - Um grupo de réplicas de um componente recebe uma requisição de um cliente
  - Todas as réplicas processam a requisição concorrentemente e enviam as suas respostas ao cliente
  - Não é preciso sincronizar o estado das réplicas, pois todas executam os mesmos procedimentos

121

## Replicação

- Replicação Ativa



122

## Replicação

- Replicação Ativa
  - O cliente precisa de apenas uma resposta
  - A resposta válida para o cliente pode ser:
    - A mais freqüente (votação)
    - A primeira recebida
    - Uma média
    - etc.
  - Com isso, a replicação ativa pode tolerar faltas de valor por meio de votação
    - Em  $2N+1$  réplicas podemos ter  $N$  respostas erradas sem ocasionar falha do sistema

123

## Replicação

- Replicação Ativa
  - Considerações:
    - Alto custo para execução das réplicas ativas
    - As requisições devem ser entregues na mesma ordem para todas as réplicas → usar protocolo de difusão atômica
    - Ordenação de mensagens tem custo alto
    - Recuperação é mais rápida que na replicação passiva, pois caso uma réplica falhe, as demais continuam funcionando normalmente

124

## Replicação

- Replicação Semi-Ativa (Líder-Seguidores)
  - Um componente (líder) possui uma ou mais réplicas (seguidores)
  - Cada requisição é enviada a todos, que as executam na ordem definida pelo líder
  - Apenas o líder responde ao cliente que efetuou a requisição
  - Não é preciso sincronizar o estado das réplicas, pois todas executam os mesmos procedimentos

125

## Replicação

- Replicação Semi-Ativa (Líder-Seguidores)



126

## Replicação

- Replicação Semi-Ativa (Líder-Seguidores)
  - Considerações:
    - Mesmo que as requisições dos clientes sejam entregues fora de ordem, todas as réplicas chegarão ao mesmo estado, já que a ordem de execução é arbitrada pelo líder
    - O tempo gasto para processamento nas réplicas seguidoras é grande, já que elas também têm que processar a chamada
    - Caso o líder falhe, um seguidor é escolhido para assumir o seu lugar

127

## Replicação

- Replicação Preguiçosa (Lazy)
  - Operações que precisam de ordenação total (ou seja, que alteram o estado) são executadas como na replicação ativa
  - Operações que podem ser executadas em ordens diferentes em cada réplica podem ser enviadas para qualquer réplica, que deve:
    - Atender a requisição
    - Enviar a resposta ao cliente
    - Difundir em *background* a requisição para as outras réplicas

128

## Replicação

- Replicação Preguiçosa (Lazy)
  - Operação com ordem causal



129

## Replicação

- Replicação Preguiçosa (Lazy)
  - Considerações:
    - Reduz a sobrecarga na execução de algumas operações, já que nem sempre é necessário usar um protocolo de difusão atômica
    - Exige que a semântica das operações seja conhecida para diferenciar as operações que exigem ordenação total daquelas nas quais ordem causal é suficiente

130

## Replicação

- Programação com Múltiplas Versões
  - Réplicas não precisam ser idênticas
  - São criadas diferentes implementações de um mesmo componente de software
    - Linguagem de programação, compilador e suporte de execução diferentes
    - Algoritmos diferentes
    - Times de desenvolvimento diferentes
  - Resultados são obtidos através de votação
  - Com múltiplas versões, reduz-se a chance de todas as réplicas falharem no mesmo instante

## Deteccção de Falhas

- A falha de um componente de um sistema pode levar todo o sistema a falhar
- Mesmo que o sistema consiga tolerar a falha do componente, este deve ser recuperado para restaurar a capacidade do sistema de tolerar faltas
  - Ex.: na replicação passiva, se o único backup existente assume o lugar do primário, é preciso criar um novo backup
- É preciso detectar as faltas sofridas pelos componentes para poder recuperá-los

131

## Detecção de Falhas

- Detecção Local de Falhas
  - Podem ser usados diversos métodos:
    - Rotinas de auto-verificação (*self-check*)
    - Guardiões: verificam constantemente as saídas geradas por um componente
    - *Watchdogs*: componente deve constantemente reiniciar um temporizador antes que ele se esgote, indicando uma falha
  - Problema: mesmo para um observador local, processos lentos podem parecer falhos

133

## Detecção de Falhas

- Detecção Distribuída de Falhas
  - Um componente do sistema envia mensagens periodicamente aos seus pares e avisa que está vivo (*I am alive*) ou pergunta se eles estão vivos (*Are you alive?*)
  - Se um componente não se manifestar por um determinado tempo, ele é suspeito de falha
  - Suspeitas infundadas podem ser causadas por atraso, particionamento ou falha da rede

134

## Detecção de Falhas

- Diagnóstico do Sistema
  - Componentes faltosos podem reportar erroneamente o estado dos seus pares
  - Em um sistema com  $f$  componentes faltosos, cada componente deve ser testado por pelo menos  $f$  outros, e precisamos de  $n \geq 2f + 1$  elementos para detectar corretamente a falta
  - Para diagnosticar falhas de componentes do sistema, um elemento deve coletar e analisar os dados obtidos dos demais componentes

135

## Detecção de Falhas

- Detector de Falhas
  - Serviço ou módulo que verifica a ocorrência de falhas em componentes do sistema
  - Implantado junto ao componente
  - Executa um algoritmo de detecção de falhas
  - Interage com detectores de outros componentes do sistema
  - O componente pode requisitar ao seu detector informações sobre o estado de outros componentes do sistema

136

## Detecção de Falhas

- Tipos de Detectores de Falhas
  - Perfeitos
    - Determinam precisamente se um componente do sistema falhou ou não
    - Todos os componentes têm a mesma visão
  - Imperfeitos
    - Detectores determinam se um processo é suspeito de falha ou não
    - Diferentes componentes podem ter visões distintas de um mesmo componente

137

## Detecção de Falhas

- Tipos de Detectores de Falhas
  - Detectores perfeitos são difíceis de obter, principalmente em sistemas distribuídos
  - Detectores quase-perfeitos podem ser obtidos usando *crash* controlado
    - Se um componente é suspeito de falha, ele é removido do sistema
    - O componente passa a ser ignorado por todos os demais componentes
    - Pode levar a descartar componentes que estão funcionando corretamente

138

## Recuperação de Falhas

- Recuperação de Erros
  - Ao perceber um erro, o componente pode tentar recuperar-se automaticamente
  - Recuperação de erro por retrocesso (*backward error recovery*): componente volta a um estado anterior ao erro e continua ativo
    - Exemplos: reinicia a execução de um método, retransmite pacotes perdidos, etc.
    - Operações posteriores ao instante de retrocesso são perdidas, mas seu efeito pode ainda ser sentido no sistema, levando possivelmente a inconsistências

139

## Recuperação de Falhas

- Recuperação de Erros (cont.)
  - Recuperação por avanço (*forward error recovery*): componente toma medidas que anulem ou aliviem o efeito do erro e continua a operar normalmente
    - Exemplo: descartar pacotes, substituir um valor inválido pelo valor válido anterior, etc.
    - Usada quando não há tempo para voltar para estado anterior e retomar execução, ou quando ações não podem ser desfeitas

140

## Recuperação de Falhas

- Recuperação de Falhas
  - Se ocorrer a falha de um componente, um sistema tolerante a falhas deve mascará-la usando as réplicas disponíveis
  - Na replicação passiva, substituir o primário por um backup e criar um novo backup
  - Na replicação semi-ativa, substituir o líder por um de seus seguidores e criar um seguidor
  - Nas replicações ativa e *lazy*, criar uma nova réplica para manter a capacidade do sistema de tolerar falhas (ou falhas de componentes)

141

## Conteúdo Programático

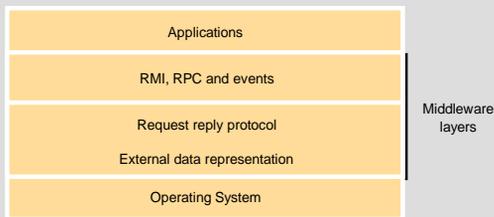
### Modulo I

- . Introdução a computação distribuída
- . Ambientes de middleware

### Modulo II

- . Paradigma de troca de mensagens
- . Parallel Virtual Machine (PVM)
- . Message Passing Interface (MPI)
- . Ambientes de Memória Compartilhada

## 1.2- Ambientes de Middleware



Fonte: [Coulouris]

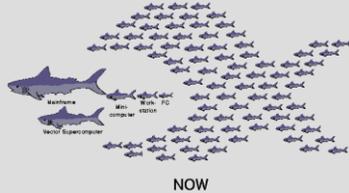
143

## 1.2- Ambientes de Middleware



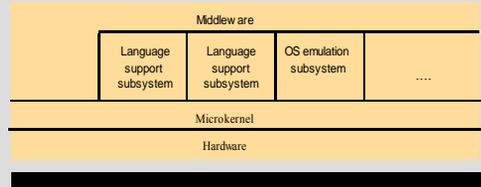
144

## 1.2- Ambientes de Middleware



145

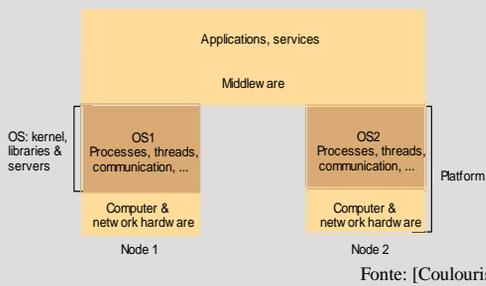
## 1.2- Ambientes de Middleware



Fonte: [Coulouris]

146

## 1.2- Ambientes de Middleware



Fonte: [Coulouris]

147

## Integração com Sistemas Legados

- JDBC
- Conectores Java

## Integração com Sistemas Legados

- Integração é necessária pois:
  - Empresas não substituem todos os seus sistemas de uma vez só;
  - Novos sistemas muitas vezes precisam interagir com sistemas legados;

## Integração com Sistemas Legados

- Integração é necessária pois:
  - Sistemas de diferentes empresas precisam ser integrados quando estas passam a trabalhar juntas;
  - Processos de aquisição e junção de empresas exigem a integração de seus sistemas;

## Integração com Sistemas Legados

- Ocorrem dificuldades ao integrar sistemas escritos em linguagens diferentes e rodando em plataformas diferentes

## Integração com Sistemas Legados

- Tecnologias de Integração de Sistemas
  - CORBA: permite a integração de software desenvolvido em diferentes linguagens e plataformas;

## Integração com Sistemas Legados

- Web Services: integram software utilizando padrões da Web, como XML e HTTP;
- ODBC (*Open DataBase Connectivity*): API usada por aplicações cliente para contactar servidores de banco de dados; o SGBD deve fornecer um driver ODBC; através das rotinas da API, o cliente envia comandos SQL ao servidor, que os executa e retorna resultado;

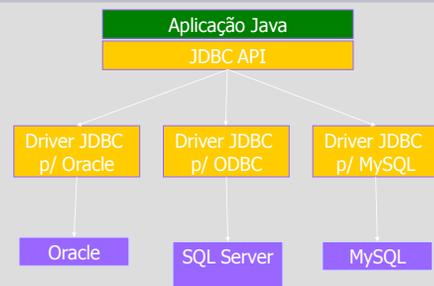
## Integração com Sistemas Legados

- Integração de sistemas com a arquitetura Java
  - JDBC: interconexão com bancos de dados
  - Conectores Java: integração com outros sistemas

## JDBC

- JDBC permite que aplicações Java acessem bases de dados
  - É necessário utilizar um driver
  - O driver deve ser fornecido pelo fabricante do SGBD
- Acessar uma base de dados implica em:
  - Estabelecer uma conexão com a base de dados
  - Executar comandos SQL
  - Processar os resultados obtidos

## JDBC



## JDBC

- Drivers JDBC
  - JDBC-ODBC Bridge
    - É uma ponte do driver ODBC para JDBC
    - Implementado pela classe `JdbcOdbcDriver`
    - Permite que a aplicação Java veja o driver ODBC como um driver JDBC
  - JDBC – Native Bridge
    - Converte as chamadas JDBC da aplicação para chamadas de um driver nativo já instalado na máquina
    - O driver nativo se comunica com a base de dados através de um protocolo proprietário

## JDBC

- Drivers JDBC (cont.)
  - JDBC – Net Bridge
    - Componente Java que converte chamadas JDBC para um protocolo de rede
    - A aplicação se comunica com um servidor intermediário que gerencia qualquer conexão solicitada à base de dados
  - All Java JDBC Driver
    - Escrito 100% em Java
    - Opera em qualquer plataforma com uma JVM

## JDBC

- Para acessar a base de dados é preciso:
  - Carregar o driver JDBC:
    - Instanciar um objeto da classe `java.sql.Driver`:  
`Class.forName(driver_path);`
    - Forma alternativa:  
`java -Djdbc.drivers=driver_path application`

## JDBC

- Instanciar um objeto da classe `java.sql.Connection`:  
`Connection conn = DriverManager.getConnection(URL, login, password);`
  - URL: localização da base de dados
  - Login: Nome do usuário da base de dados
  - Password: senha do usuário da base de dados

## JDBC

- O envio de comandos SQL para a base de dados é feita através das classes:
  - `java.sql.Statement`
  - `Java.sql.PreparedStatement` //pré compilada
- Métodos das classes `Statement`
  - `.execute()` → executa um comando qualquer.
  - `.executeQuery(String SQL)` → executa consulta.
  - `.executeUpdate(String SQL)` → update, insert, delete

## JDBC

- O resultados de um comando SQL é recebido em um `ResultSet`
  - É retornado pelo método `executeQuery()`:  
`Java.sql.ResultSet rs = stmt.executeQuery(SQL);`
  - Os resultados são armazenados em uma lista

## JDBC

- O método next() retorna um valor booleano indicando se há mais valores na lista
- Se houver um novo valor, este pode ser lido com um método rs.get*Tipo*(*id*), onde *Tipo* é o tipo correspondente ao dado lido (ex.: String, Int, etc.) e *id* pode ser a posição ou o nome do campo

## Conectores

- Java Conectores
  - Parte do Java 2 *Enterprise Edition* (J2EE)
  - Permitem o acesso a sistemas legados a partir de EJB, Servlets e JSP
  - Possibilitam a integração com a Web



## Conectores

- Integração através de Conectores Java
  - Integram diversos sistemas à arquitetura Java
    - ERP
    - CRM
    - BI
    - etc.
  - Fornecidos pelo fabricante do sistema legado ou por terceiros
  - Para desenvolver um conector geralmente é necessário escrever código nativo para a plataforma do sistema legado e integrar ao Java usando JNI (Java Native Interface), CORBA IIOP ou sockets

## Conteúdo Programático

### Modulo II

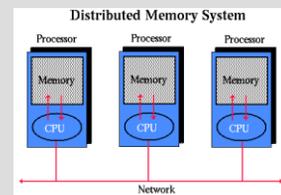
#### . Paradigma de troca de mensagens

- . Parallel Virtual Machine (PVM)
- . Message Passing Interface (MPI)
- . Ambientes de Memória Compartilhada

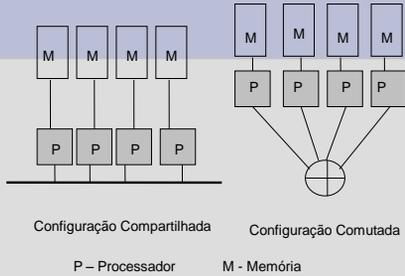
## Troca de Mensagens

O paradigma de troca de mensagem é uma abordagem de *computação paralela distribuída* que considera a troca de informação entre *memórias distribuídas* em uma configuração computacional.

## Troca de Mensagens



### Configurações Típicas de Multicomputadores



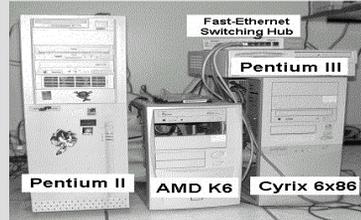
P – Processador

M - Memória

[Dantas, 2005]

## Troca de Mensagens

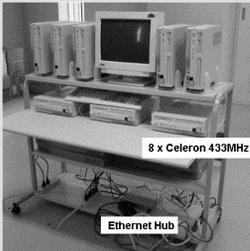
Exemplo de Caso 1: máquinas com configuração heterogêneas



[Dantas, 2005]

## Troca de Mensagens

Exemplo de Caso 2: máquinas com configuração homogêneas



[Dantas, 2005]

## Troca de Mensagens

Exemplo de Caso 2: máquinas com configuração homogêneas



## Troca de Mensagens

Exemplo de Caso 2: máquinas com configuração homogêneas



## Troca de Mensagens

Exemplo de Caso 2: máquinas com configuração homogêneas



## Troca de Mensagens

Exemplo de Caso 3: máquinas distribuídas em uma rede.



## Troca de Mensagens

Definições Básicas

(a) Troca de Mensagens (Message Passing):

*Método que permite que o conteúdo de uma memória, de um determinado processador, possa ser copiado para outra(s) memória(s). Uma mensagem consiste de um pacote, ou um conjunto de pacotes, que contém o conteúdo que deseja-se enviar/receber.*

## Troca de Mensagens

Definições Básicas

(b) Processo:

*Conjunto de instruções executáveis que rodam em um processador. Um ou vários processos podem estar executando em um processador. Em um sistema de troca de mensagens todos os processos se comunicam através do envio e recebimento de mensagens.*

*Observe que processos podem estar, ou não, executando sob um mesmo processador.*

## Troca de Mensagens

Definições Básicas

(c) Biblioteca de Troca de Mensagens:

*Coleção de rotinas que são embutidas em uma aplicação para o envio, a recepção e outras operações de troca de informação.*

*Exemplos são:*

- PVM (Parallel Virtual Machine);
- MPI (Message Passing Interface);
- p4;
- Chameleon;
- PARMACS.

## Troca de Mensagens

Definições Básicas

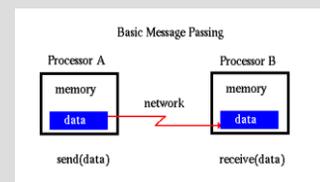
(d) Send/Receive:

*A abordagem de troca de mensagem promove a transferência de dados de um processo (send) para outro (receive). Desta forma, a cada send deve existir uma operação receive equivalente.*

*Em uma operação de send, o processo especifica a localização dos dados, o seu tamanho, o seu tipo e o destino. A operação receive de forma análoga deve possuir os mesmos campos.*

## Troca de Mensagens

Exemplo de uma comunicação utilizando send/receive



<http://www.mhpcc.edu/>

## Troca de Mensagens

Exemplo de uma comunicação utilizando send/receive

P0	P1
a = 100;	receive(&a,1,0)
send(&a, 1,1);	printf(“%d\n”,a);
a = 0;	

## Troca de Mensagens

As operações de *send* e *receive* têm os seguintes tipos:

- send (void \*sendbuf, int nelems, int dest)
- receive (void \*receivebuf, int nelems, int source)

## Troca de Mensagens

### Definições Básicas

(e) Comunicação Síncrona-Assíncrona:

*Um send síncrono será completado somente quando receber um aviso de recebimento (ack) do processo destino (operação receive).*

*Por outro lado, um send assíncrono é completado mesmo que a operação receive não tenha sido executada.*

## Troca de Mensagens

### Definições Básicas

(f) Buffer da Aplicação:

*O espaço de endereço que armazena os dados que devem ser enviados ou recebidos.*

*Imagine um programa que utiliza uma variável chamada de “mensagem”. O buffer de aplicação para “mensagem” é o local de memória do programa aonde o valor de “mensagem” está armazenado.*

## Troca de Mensagens

### Definições Básicas

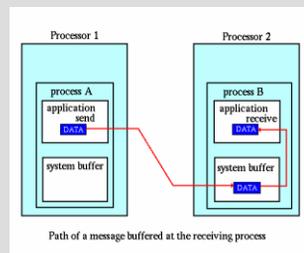
(g) Buffer do Sistema:

*É uma área do sistema para armazenamento das mensagens. Dependendo do tipo de operação de send-receive, dados da área do buffer da aplicação podem solicitar a copia de-para o sistema de buffer do sistema.*

*O buffer do sistema permita a comunicação assíncrona.*

## Troca de Mensagens

Exemplo de um buffer de sistema:



## Troca de Mensagens

### Definições Básicas

#### (h) Comunicação Bloqueante :

*Uma rotina de comunicação é bloqueante se para terminar esta depende de certos eventos. No caso de operações do tipo send, os dados devem ter sido enviados com sucesso, ou armazenados com sucesso no buffer do sistema, assim permitindo que o buffer da aplicação possa reusar estas informações.*

*Em uma operação de receive, os dados devem estar armazenados com sucesso no buffer de recepção para que possam ser usados.*

## Troca de Mensagens

### Definições Básicas

#### (i) Comunicação Não-Bloqueante:

*Rotinas de comunicações desse tipo são caracterizadas por não precisar esperar nenhum evento para serem completadas. Um exemplo seria a cópia de uma mensagem de um usuário para o sistema de memória ou chegada de mensagem.*

## Troca de Mensagens

### Definições Básicas

#### (i) Comunicação Não-Bloqueante (cont.):

*Não é seguro a modificação ou uso do buffer de aplicação depois do término de uma operação de send não-bloqueante.*

*Fica a cargo do programador da aplicação que o buffer da aplicação poderá estar livre para ser reusado.*

*Usualmente comunicações não-bloqueantes são usadas para melhoria de desempenho, pois podem sobrepor computação e comunicação.*

## Troca de Mensagens

### Definições Básicas

#### (j) Comunicadores e Grupos:

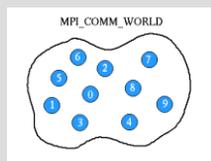
*São componentes empregados por ambientes de troca de mensagem para determinar o tipo de comunicação entre os processos.*

*Um exemplo é a biblioteca MPI que requer a especificação um comunicador como um argumento.*

*O componente de comunicação MPI\_COMM\_WORLD é empregado para se referir a comunicação entre todos os processos MPI em uma determinada aplicação.*

## Troca de Mensagens

### Exemplo de escopo do comunicador MPI\_COMM\_WORLD



<http://www.mhpcc.edu/>

## Troca de Mensagens

### Definições Básicas

#### (k) Rank:

*Dentro de um componente comunicador, cada processo possui seu identificador único que é um número inteiro fornecido pelo sistema de troca de mensagem assim que o processo é inicializado.*

*O rank usualmente é chamado de "process id", tem como característica ser contíguo e iniciar com zero.*

## Troca de Mensagens

### Definições Básicas

(k) Rank (cont...):

*O rank é empregado pelo programador para especificar a origem e destino das mensagens.*

*O rank, também, é usado em condicionais nas aplicações para controlar a execução dos programas.*

```
Exemplo: if rank= 0
           then ;:...
           else if rank=1
                 then ...
                 else ...
           endif
endif
```

## Conteúdo Programático

### Modulo I

- . Introdução a computação distribuída
- . Ambientes de middleware

### Modulo II

- . Paradigma de troca de mensagens
- . **Parallel Virtual Machine (PVM)**
- . Message Passing Interface (MPI)
- . Ambientes de Memória Compartilhada

## PVM

### PVM (Parallel Virtual Machine) :

Pacote de troca de mensagens que permite que uma coleção de sistemas computacionais (serial, paralelo ou vetorial) em uma rede possam ser agregados e gerenciados com um *grande recurso computacional*.

A abordagem do modelo computacional é conhecida como *metacomputing*. Esta permite que seja possível alcançar:

- alto desempenho;
- elementos computacionais adaptados para subproblemas
- utilização de recursos para visualização

## PVM

### Programando em PVM

- (a) ambiente de troca de mensagem simples: fácil adição de hosts, submissão de tarefas, envio de mensagens, não existe topologia fixa, a máquina virtual pode ser formada por diferentes tipos de máquinas;
- (b) Controle de processo: processos podem ser submetidos/terminados em qualquer lugar da máquina virtual;
- (c) Comunicação: qualquer tarefa pode ser comunicar com qualquer outra, a troca de formatos é efetuado pelo PVM;

## PVM

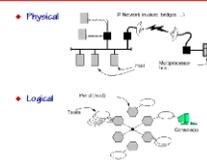
### Programando em PVM

- (d) Grupos dinâmicos de processos: tarefas podem serem anexadas ou partir de um ou mais grupos a qualquer momento;
- (e) Tolerância a falha: uma tarefa pode requisitar notificação de perda ou ganho de recursos;
- (f) Sistema operacional : executa sob uma grande gama de sistemas;
- (g) Linguagens: C, C++, Fortran ou outra linguagem que possa ser “linkada” a linguagem C

## PVM

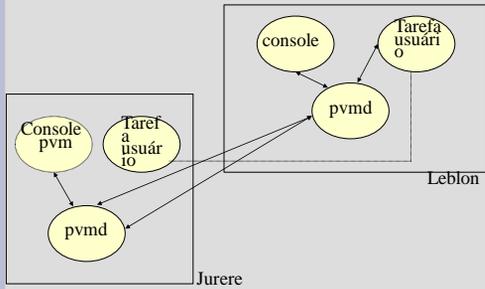
O PVM permite que tenhamos uma visão lógica de uma configuração física de um ambiente computacional.

### Physical and Logical Views of PVM



[<http://www.netlib.org/>]

## PVM



## PVM

O ambiente PVM é composto de quatro componentes:

- . pvmd - um daemon
- . libpvm - a biblioteca de funções do pvm
- . console - interface entre o usuário e o sistema
- . aplicação - programa do usuário

## PVM

Componente pvmd:

- . Roda em cada hospedeiro da máquina virtual
- . Autentica tarefas
- . Executa processos no hospedeiro
- . Provê detecção de falhas
- . Roteia mensagens
- . Mais robusto que as aplicações
- . Contato com os hospedeiros

## PVM

Conceitos do PVM

- Hospedeiro: o computador, também chamado nó
- Máquina Virtual: uma meta máquina composta de um ou mais hosts
- Processo: um programa: dados, pilha

## PVM

Conceitos do PVM

- Tarefa: um processo pvm
- pvmd: o daemon do pvm
- Mensagem: uma lista ordenada de dados enviada de uma tarefa para outra
- Grupo: uma lista ordenada de tarefas que recebem um nome simbólico

## PVM

A inicialização e operação de funções de conexão de hosts no ambiente PVM são executadas de maneira simples, como mostramos abaixo:

```
% pvm (chamada de inicialização do pacote de software)
pvm> add hostname (adicionar um hosts no ambiente)
pvm> delete hostname (remover um host do ambiente)
pvm> conf (visualização da máquina virtual)
pvm> halt (finaliza a execução da máquina virtual)
pvm> ps -a (visualização de tarefas sendo executadas)
```

## PVM

### Operações Básicas de Troca de Mensagens

#### Comando *send*

Sintaxe: `send (address, length, destination, tag)`

`send`: operação de envio de mensagem

`address`: endereço inicial do buffer contendo os dados a serem enviados

`length`: comprimento em bytes da mensagem

`destination`: identificador do processo para o qual a mensagem deve ser enviada

`tag`: um identificador arbitrariamente escolhido para restringir o recebimento da mensagem

## PVM

### Operações Básicas de Troca de Mensagens

#### Comando *receive*

Sintaxe: `receive (address, maxlength, source, tag,actlen)`

`recv`: operação de recepção de mensagem

`address`: endereço inicial do buffer onde os dados serão recebidos

`maxlength`: comprimento máximo em bytes da mensagem

`source`: identificador do processo do qual a mensagem deve ser recebida

`tag`: um identificador arbitrariamente escolhido para restringir o recebimento da mensagem

`actlen`: número de bytes realmente recebidos o recebimento da mensagem

## PVM

### Exemplo de configuração de uma máquina virtual

```
pvm> conf
```

```
1 host, 1 data format
```

```
      HOST  DTID  ARCH  SPEED
lapesd1  40000  LINUX  1000
```

```
pvm> add jurere
```

```
1 successful
      HOST  DTID
jurere   80000
```

```
pvm> add leblon
```

```
0 successful
      HOST  DTID
leblon  can't start pvmd
```

## PVM

### Exemplo de configuração de uma máquina virtual

```
pvm> conf
```

```
2 hosts, 2 data formats
```

```
      HOST  DTID  ARCH  SPEED
lapesd1  40000  LINUX  1000
jurere   80000  SUN4   1000
```

```
pvm>
```

## PVM

```
#include <stdio.h>
#include "pvm3.h"

main()
{
    int cc, tid;
    char buf[100];
    printf("i'm t%x\n", pvm_mytid());
    cc = pvm_spawn("hello_other", (char**)0, 0, "", 1, &tid);
    if (cc == 1) {
        cc = pvm_recv(-1, -1);
        pvm_bufinfo(cc, (int*)0, (int*)0, &tid);
        pvm_upkstr(buf);
        printf("from t%x: %s\n", tid, buf);
    } else
        printf("can't start hello_other\n");
    pvm_exit();
    exit(0);
}
```

Código do mestre

## PVM

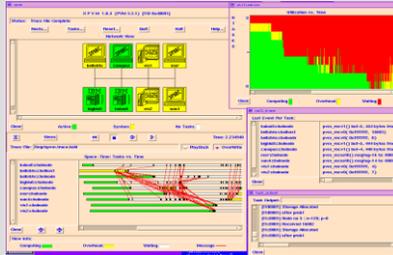
```
#include "pvm3.h"

main()
{
    int ptid;
    char buf[100];
    ptid = pvm_parent();
    strcpy(buf, "hello, world from ");
    gethostname(buf + strlen(buf), 64);
    pvm_initsend(PvmDataDefault);
    pvm_pkstr(buf);
    pvm_send(ptid, 1);
    pvm_exit();
    exit(0);
}
```

Código do *escravo*

## PVM

Exemplo da interface gráfica XPVM



## Conteúdo Programático

### Modulo I

- . Introdução a computação distribuída
- . Ambientes de middleware

### Modulo II

- . Paradigma de troca de mensagens
- . Parallel Virtual Machine (PVM)
- . Message Passing Interface (MPI)
- . Ambientes de Memória Compartilhada

## Computação Paralela com Troca de Mensagem

- Uma tarefa é dividida em várias, executadas por vários *processos*, em *um* (ou *mais*) *processador(es)*;
- Processos interagem trocando informação
- Qual é fundamento básico necessário para funcionamento?
  - Executar um procedimento para inicializar as tarefas;
  - Prover uma maneira de comunicação entre as tarefas.

## Comunicação

- Cooperativa
  - Todas as parte entram em acordo para troca de dados
  - Um exemplo é a troca de mensagens
    - Dados são explicitamente enviados (send) e recebidos (receive)
    - Qualquer troca na memória destino é efetuada com a participação do processo destino
- Num sentido
  - Um *worker* efetua a troca de dados
  - Dado por ser acessado sem esperar por outro processo.

## O que é MPI?

- Uma especificação de *biblioteca* para troca de mensagens
  - Modelo de *Message-passing*
  - Não é uma especificação de compilador
  - Não é uma linguagem
  - Não é um produto específico
- Projetada para computadores paralelos, clusters e redes heterogeneas.

## DESENVOLVIMENTO DO MPI

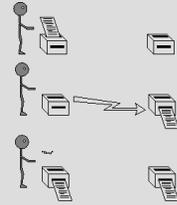
- Desenvolvimento iniciou-se em 1992
- Participação aberta no esforço
  - IBM, Intel, TMC, Meiko, Cray, Convex, Ncube
  - PVM, p4, Express, Linda, ...
  - Laboratórios, Universidades, Órgãos Governamentais
- Versão final finalizada em Maio de 1994
- Implementações abertas e comerciais estão disponíveis.

## Comunicação Ponto-a-Ponto

- Mensagens são enviadas pelo remetente para um (ou mais) destinatário(s)
- Existem várias opções de como uma chamada de envio de mensagem pode interagir com um programa

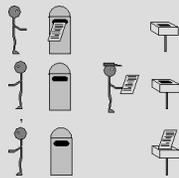
## Comunicação Síncrona

- Uma comunicação síncrona é caracterizada por seu término somente após a mensagem ser recebida.  
Exemplos para visualização seriam
  - Um FAX ou um e-mail registrado



## Comunicação Assíncrona

- Na comunicação assíncrona é finalizada assim que a mensagem foi enviada.  
Exemplos seriam:
  - O envio de um cartão ou e-mail convencional



## Bloqueante e Não-bloqueante

- Operações bloqueantes somente retornam depois que a operação foi completada
  - Exemplo seria uma máquina de FAX
- Operações não-bloqueantes não ficam no aguardo, permitem que após o envio o processo execute outra tarefa
  - Recebimento de um FAX

## Comunicação Coletiva

- Comunicação ponto-a-ponto envolve um par de processos.
- Muitos sistemas de troca de mensagens provêm operações que permitem que um grande número de processos possam participar.

## Tipos de Transferências Coletivas

- Barreira
  - Sincroniza processadores
  - Nenhum dado é trocado, a operação de barreira bloqueia todos os processos até que todos tenham chamado a rotina de barreira
- Broadcast (algumas vezes *multicast*)
  - Uma comunicação *broadcast* é do tipo *um-para-muitos*
  - Um processador envia uma mensagem para vários destinos
- Redução
  - Usualmente ágil para a comunicação *vários-para-um*

## O que é uma Mensagem?

- Uma mensagem MPI é um vetor de elementos de um tipo particular MPI
- Todas as mensagens em MPI são *tipadas*
  - O tipo de conteúdo deve ser especificado nas operações de *send* e *receive*

## Tipos Básicos de MPI em C

MPI Datatype	C datatype
MPI_CHAR	signed char
MPI_SHORT	signed short int
MPI_INT	signed int
MPI_LONG	signed long int
MPI_UNSIGNED_CHAR	unsigned char
MPI_UNSIGNED_SHORT	unsigned short int
MPI_UNSIGNED_INT	unsigned int
MPI_UNSIGNED_LONG	unsigned long int
MPI_FLOAT	float
MPI_DOUBLE	double
MPI_LONG_DOUBLE	long double
MPI_BYTE	
MPI_PACKED	

## Parâmetros de Controle do MPI

- O MPI mantém estruturas de dados internos que são referenciados pelo usuário através dos parâmetros de controle
- Os parâmetros de controle podem ser passados e retornados por procedimentos do MPI
- Parâmetros de controle podem ser copiados por operações comuns de atribuição

## Erros no MPI

- As rotinas MPI retornam um valor *int* que contém um código de erro
- A ação natural na detecção de um erro é causar uma interrupção na operação paralela
  - É possível efetuar uma troca para retornar um código de erro

## Inicializando o MPI

- A primeira rotina chamada em um programa MPI é `MPI_INIT`
- Todos os processos chamam a rotina `MPI_INIT`, antes da execução de outras rotinas

```
int mpi_Init( int *argc, char **argv );
```

## Esqueleto de Programa MPI

```
#include <mpi.h>

main( int argc, char** argv ) {
    MPI_Init( &argc, &argv );

    /* main part of the program */

    MPI_Finalize();
}
```

## Comunicadores

- Um parâmetro de controle de comunicação (*comunicador*) define para quais processos específicos deverão ser aplicados a comunicação
- Todas as comunicações em MPI consideram um comunicador como parâmetro. De uma outra forma, o comunicador é que efetivamente guia o contexto no qual a comunicação será efetuada.
- MPI\_INIT define um comunicador denominado de MPI\_COMM\_WORLD para cada processo que o chamam

## Comunicadores

- Cada comunicador é caracterizado por um grupo, que é uma lista de processos
- Todos os processos são ordenados a partir de 0
- O número de cada processo é chamado de *rank*
  - O *rank* identifica cada processo dentro de um comunicador
- O grupo do MPI\_COMM\_WORLD é o conjunto de todos os processos MPI

## Comunicação Ponto-a-ponto

- Comunicação comum entre dois processos
- Nó destino é identificado por seu *rank* no identificador
- Existem quatro modos de comunicação providas pelo MPI (relativas a operação *send*)
  - Buffered
  - Synchronous
  - Standard
  - Ready

## Send Padrão

- Quando empregando o *send padrão*:
  - Fica a cargo do MPI decidir quando as mensagens serão *bufferizadas*
  - É considerada uma operação com sucesso quando a mensagem for enviada, não implicando que a mesma tenha chegado ao destino
  - Pode ser iniciado sem que tenha uma batimento com um *receive*
  - Não existe uma verificação local sobre a semântica.

## Send Padrão

```
MPI_Send( buf, count, datatype, dest, tag, comm )
```

### Where

- *buf* is the address of the data to be sent
- *count* is the number of elements of the MPI datatype which *buf* contains
- *datatype* is the MPI datatype
- *dest* is the destination process for the message. This is specified by the rank of the destination within the group associated with the communicator *comm*
- *tag* is a marker used by the sender to distinguish between different types of messages
- *comm* is the communicator shared by the sender and the receiver

## Send Síncrono

- MPI\_Ssend( *buf*, *count*, *datatype*, *dest*, *tag*, *comm* )
  - Pode ser iniciado sem existir um *receive equivalente*
  - Somente será bem sucedido se existir um *receive postado*, e a operação de *receive* foi iniciada para receber a mensagem da operação de *send síncrono*

## Send Síncrono

- `MPI_Ssend( buf, count, datatype, dest, tag, comm )`
  - Prove uma semântica de comunicação síncrona: a comunicação não se realiza até ambos os processos que estiverem realizando uma comunicação tenha um ponto de *rendezvous*
  - Não possui uma semântica de *verificação de completção local*.

## Send Bufferizado

- O modo de *send bufferizado* é caracterizado por:
  - Pode ser iniciado se existir (ou não) um *receive postado*. Deverá ser completado antes que um *receive* seja postado.
  - Possui uma semântica local para ser completado: todavia não depende do *receive postado*
  - Uma condição para completar satisfatoriamente, é possível que seja necessário *bufferizar as mensagens localmente*. Desta forma, um espaço de *buffer* é provido pela aplicação

## Modo ReadySend

- O modo ready send
  - Completa imediatamente
  - Só se inicia se existir um *receive postado*
  - Possui uma semântica semelhante ao modo de *send padrão*
  - Economiza em *overhead*, evitando *handshaking* e *bufferização*

## Conteúdo Programático

### Modulo I

- . Introdução a computação distribuída
- . Ambientes de middleware

### Modulo II

- . Paradigma de troca de mensagens
- . Parallel Virtual Machine (PVM)
- . Message Passing Interface (MPI)
- . Ambientes de Memória Compartilhada

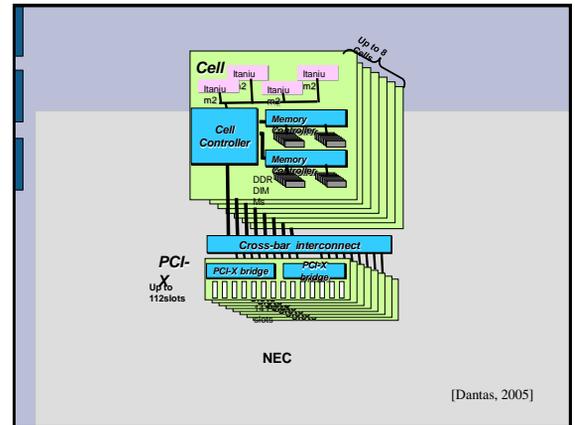
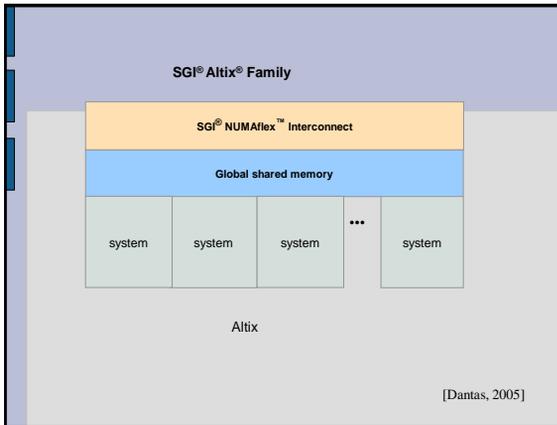
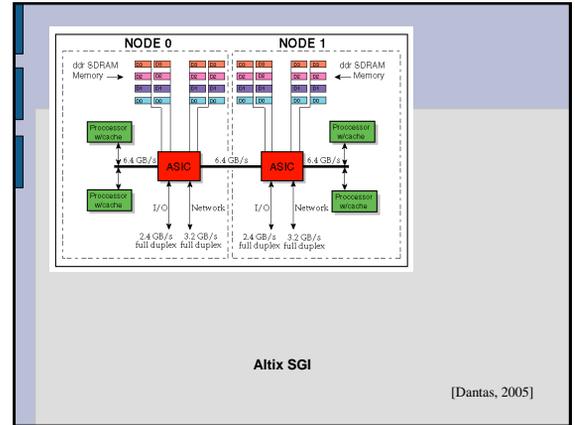
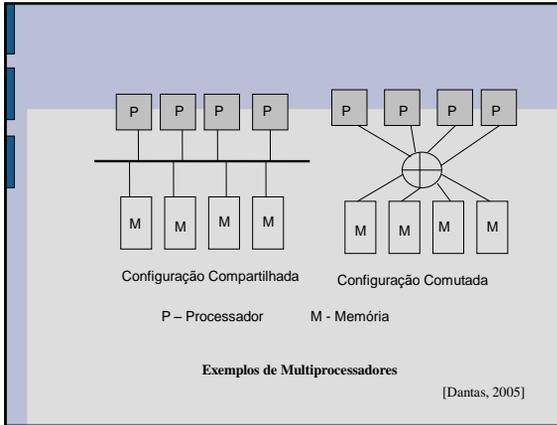
## Memória Compartilhada Distribuída

### Aspecto de Hardware

Em arquiteturas computacionais (*hardware*),

memória compartilhada (*shared memory*)

se refere usualmente a um grande *bloco de memória RAM (Random Access Memory)*, que pode ser acessado por um número grande de diferentes processadores em uma configuração *Multiprocessada*.



O problema conhecido com relação aos *multiprocessadores* é que os processadores devem ter acesso rápido a memória semelhante ao nível de *cache*.

Devido a problemas de contensão é usual que as configurações multiprocessadas utilizem *caches locais* para melhorar o desempenho da arquitetura.

O desafio dessa solução é que sempre que ocorra uma alteração dos *caches dos* processadores devam ser notificados.

Caso contrário, os processadores estarão trabalhando em dados incoerentes.

O problema de coerência de *cache e memória* é um desafio antigo e bastante conhecido em arquiteturas distribuídas.

Existem vários protocolos que auxiliam no melhor desempenho de arquiteturas multiprocessadas.

Os paradigmas de *memórias distribuídas* e *memória compartilhadas distribuídas* representam dois grandes grupos de pesquisas relativos ao uso de memória com eficiência.

Na abordagem de memórias distribuídas, temos uma arquitetura de *multicomputadores*.

Nesta o acesso a informação é efetuado através de troca de mensagem (exemplos são PVM e MPI)

Na abordagem de *memória compartilhada distribuída* temos um arquitetura multicomputada.

Todavia, para os usuários das aplicações o modelo de programação se apresenta como de *memória compartilhada*, ou seja *multiprocessado*.

#### **Observação:**

Tanto a abordagem de *troca de mensagem* quanto ao *compartilhamento de memória* são abordagens básicas de comunicação entre processos (*inter-process communication- IPC*)

#### **Aspecto de Software**

Para que um ambiente *multicomputado* pareça para o usuário final como *multiprocessado*, se faz necessário que uma porção de software efetue a transparência necessária.

Pacotes de DSM (Distributed Shared Memory), tais como Threadmarks, Jiajia e OpenMosix provêm a transparência necessária para o usuário final.

### **Conteúdo Programático**

#### **Modulo III**

##### **.Objetos distribuídos**

.CORBA

.Barramento de objetos CORBA

. Adaptador básico de objetos

. Linguagem de definição de interfaces

## Introdução aos Objetos Distribuídos

A comunicação nos sistemas distribuídos pode ser efetuada utilizando-se técnicas tais como :

- troca de mensagem;
- memória compartilhada;
- chamada remota de procedimento;
- **objetos distribuídos.**

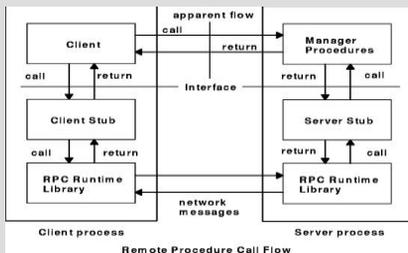
A idéia básica dos **objetos distribuídos** é uma extensão do conceito de *chamada remota de procedimentos (RPC)*.

Na abordagem dos sistemas baseados em

*remote procedure call*

um código é executado remotamente por intermédio de uma chamada RPC.

## Fluxo de uma Chamada RPC



[www.ibm.com]

Exemplos comerciais de sistemas RPC (*Remote Procedure Call*) temos :

- SUN- RPC;
- DCE-RPC;
- JAVA-RMI.

### SUN- RPC

Foi a RFC 1050 proposta pela SUN em 1988, cujo objetivo é a chamada remota de um procedimento e a passagem de um parâmetro.

### SUN- RPC

O funcionamento convencional de uma RPC tem o seguinte padrão:

1. Ao iniciar-se um servidor RPC registra-se como um serviço denominado de *portmapper*, ou *rpcbind*. Este serviço é local;
2. O servidor RPC não se conecta diretamente a porta. O servidor solicita ao serviço *portmapper* uma porta. O serviço *portmapper* reside na porta 111.

### SUN- RPC

O funcionamento convencional de uma RPC tem o seguinte padrão (cont.):

3. O *portmapper* acha uma porta apropriada e associa o Servidor RPC a essa porta;
4. A partir desse momento, qualquer solicitação de serviços clientes ao Servidor RPC é respondido pelo *portmapper* que indica a localização do Servidor RPC.

### SUN- RPC

A abordagem que apresentamos de funcionamento do RPC é a maneira convencional de operação.

### DCE-RPC

O OSF (Open Software Foundation) DCE (*Distributed Computing Environment*) é um padrão da indústria, independente de fabricante, cuja meta é o estabelecimento de tecnologias padronizadas para a computação distribuída.

Desta forma, o *DCE-RPC* é um padrão para a interoperabilidade entre ambientes de fabricantes distintos, empregando a abordagem de chamadas remotas de procedimentos [www.opengroup.org].

### JAVA-RMI

A técnica conhecida como RMI (*Remote Method Invocation*) é uma solução existente para o mundo Java.

Nesta abordagem um programador pode criar rotina que pode invocar um outra rotina remota em máquinas com diferente arquitetura.

### JAVA-RMI

O RMI utiliza a serialização de objetos para *empacotar* e *desempacotar* parâmetros, não fazendo um truncamento, ou seja suportando um real poliformismo orientado a objeto [java.sun.com].

### Considerações 1/3

- . O protocolo RPC é independente dos protocolos de transporte;
- . A forma através da qual uma mensagem é passada de um processo para outro não faz diferença para operações RPC;
- . O protocolo RPC apenas se preocupa com a especificação e interpretação das mensagens;

### Considerações 2/3

- . A RPC não implementa nenhum esquema de confiabilidade;
- . A aplicação deve estar consciente do protocolo sob o qual a RPC está baseada;
- . Se a RPC está sob um protocolo confiável, tipo TCP, não deverá muita preocupação por parte da aplicação com a comunicação;

### Considerações 3/3

- . Por outro lado, se o protocolo de transporte utilizado não for confiável, exemplo UDP, a aplicação deverá implementar políticas de retransmissão e temporizadores, uma vez que a RPC não disponibiliza tais facilidades.

Em suma :

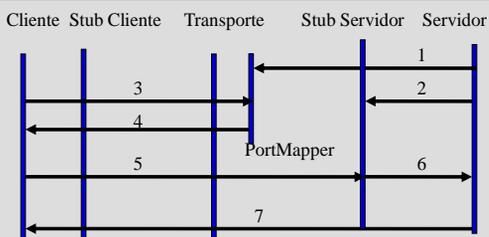
-No paradigma RPC a unidade de distribuição é um procedimento (uma função ou método). Um cliente deve importar um *stub* para poder efetuar uma conexão com um servidor que oferece uma chamada remota.

## Remote Procedure Call

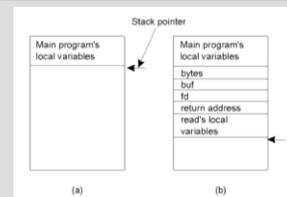
O mecanismo de RPC integra o protocolo RR usado para comunicação Cliente/Servidor com as linguagens de programação convencionais permitindo clientes comunicar com servidores através de chamadas de procedimentos.

A chamada remota segue o modelo da chamada local sendo que o procedimento chamado executa em um processo diferente normalmente em um computador diferente.

## Diagrama de Interação em RPC



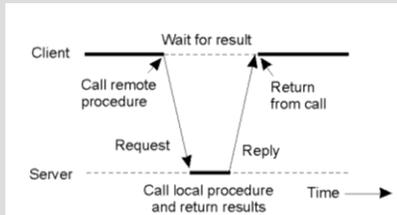
## Chamada de Procedimento Convencional



- a) Passagem de parâmetro chamada local: pilha antes da chamada
- b) pilha enquanto procedimento está ativo

## Stubs Cliente e Servidor

⌘ Princípio do RPC entre um programa cliente e servidor.



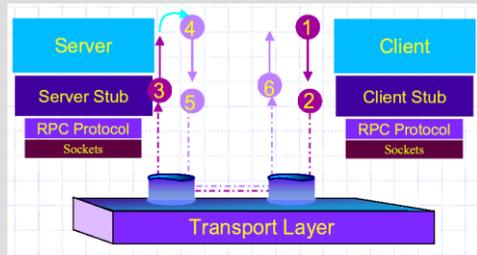
## Passos em RPC

1. Cliente chama stub cliente
1. Stub client constrói mensagem, chama SO local
  - SO cliente envia mensagem para SO remoto
  - SO remoto entrega mensagem para stub servidor
- Stub servidor retira parametros, chama servidor

## Passos em RPC

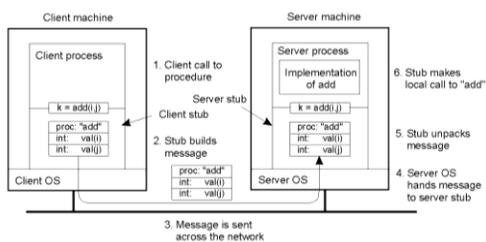
4. Servidor realiza trabalho, retorna resultado para stub
5. Stub servidor coloca na mensagem, chama SO local
  - SO servidor envia mensagem para SO cliente
  - SO cliente entrega mensagem para stub cliente
6. Stub retira resultado, retorna para cliente

## Passos em RPC



## Passando Parâmetros (1)

⌘ Trocando parâmetros em RPC



## Passando Parâmetros (2)

- a) mensagem original no Pentium
- b) mensagem depois de recebida em SPARC
- c) mensagem depois de invertida

## Especificação de parâmetros e geração de stubs

- a) Procedimento
- b) Mensagem correspondente.

```
foobar( char x; float y; int z[5] )
{
  ....
}
```

(a)

foobar's local variables	
x	X
y	
z[0]	5
z[1]	
z[2]	
z[3]	
z[4]	

(b)

## Chamada Remota de Procedimento (RPC) Parâmetros

A escolha da semântica de passagem de parâmetros é crucial para o projeto de um mecanismo de RPC :

- **Call-by-Value** : cópia dos valores na mensagem
- **Call-by-Reference** , Pointers: cópia da estrutura de dados (array) na mensagem e refaz na volta, no cliente (call-by-copy/restore).
- Passagem de Pointers é um problema
- proibir
- copiar só quando necessário

## Chamada Remota de Procedimento (RPC) Especificação de um servidor de arquivos

*Specification of file\_server version 2.0*

*long read (in char fname[n\_size], out char buffer [b\_size], in long bytes, in long position);*

*long write(in char fname[n\_size], in char buffer [b\_size], in long bytes, in long position);*

*int create(in char fname[n\_size], in int mode);*

*int delete(in char fname[n\_size]);*

*end\_specification;*

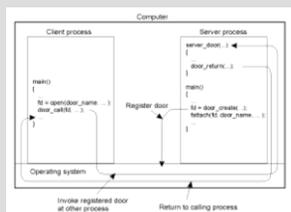
## Chamada Remota de Procedimento (RPC) Modelos Estendidos

RPC se tornou um padrão de fato para comunicação em sistemas distribuídos. Extensões ao modelo original foram propostas para solucionar alguns problemas:

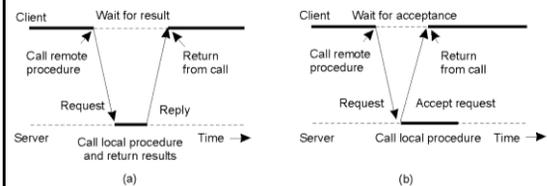
- RPC leve
- RPC Assíncrona

## Doors

☞ O princípio de uso de **doors** como mecanismo de IPC.



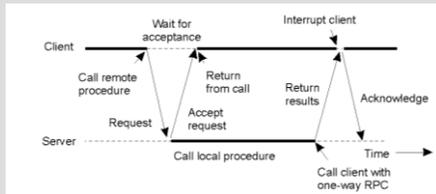
## RPC Assíncrona (1)



- a) interconexão entre cliente e servidor RPC tradicional
- b) interação usando RPC assíncrona

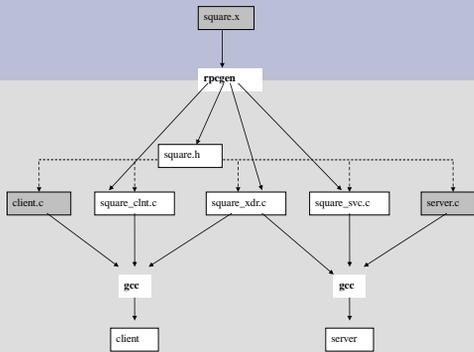
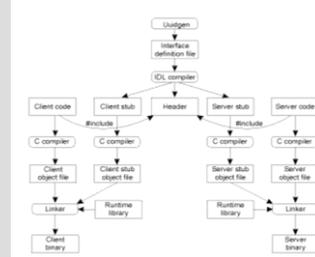
## RPC Assíncrona (2)

☞ cliente e servidor interagindo com RPC assíncrona

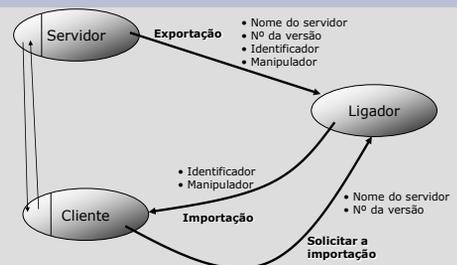


## Programa Cliente / Servidor

☞ Passos escrevendo cliente e servidor em DCE RPC.

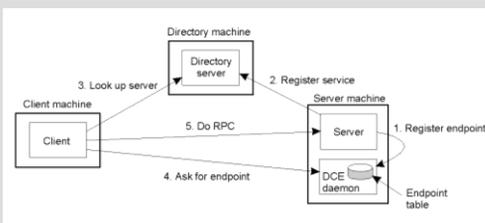


## Ligação Cliente Servidor



## Ligação Cliente Servidor

☞ Cliente-Servidor binding em DCE.



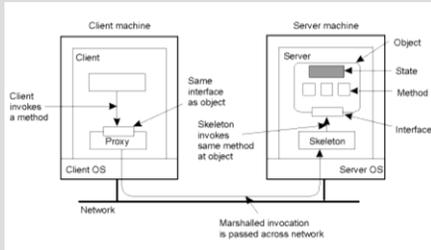
## Invocação Remota de Métodos

RPC tornando-se padrão de comunicação e tecnologia baseada em objetos apresentando aspectos importantes com relação a adaptabilidade, porque não aplicar o princípio RPC em objetos.

- encapsulamento de operações e dados (objetos)
- operações (métodos) acessadas via interfaces
- objeto servidor (coleção de objetos)
- stub cliente (proxy) implementa interface
- stub servidor (skeleton)

## Objetos Distribuídos

- ⌘ Organização comum de um objeto remoto com proxy no lado cliente.



## Objetos Distribuídos

- ⌘ Objetos tempo de compilação: objetos nível de linguagem, a partir dos quais proxy e skeleton são automaticamente gerados.
- ⌘ Objetos tempo de execução: implementados em qualquer linguagem, necessitam utilização de um adaptador de objeto que faz com que a implementação pareça como um objeto.

## Objetos Distribuídos

- ⌘ Objeto transiente: existe apenas em virtude de um servidor, se o servidor termina o objeto também.
- ⌘ Objeto persistente: existe independente de um servidor, se o servidor termina o estado do objeto e código permanecem (passivos) no disco.

## Ligação Cliente-Objeto

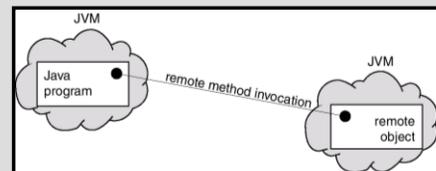
- ⌘ Referência a Objeto : ter uma referência ao objeto permite um cliente se ligar a um objeto:
  - ☑ Referência denota servidor, objeto e protocolo de comunicação
  - ☑ Cliente carrega código stub associado
  - ☑ Stub é instanciado e inicializado para objeto específico

## Ligação Cliente-Objeto

- ⌘ Formas de Ligação:
  - ☑ Implícito: invoca métodos diretamente no objeto referenciado.
  - ☑ Explícito: cliente deve primeiro explicitamente ligar-se ao objeto antes de invocá-lo.

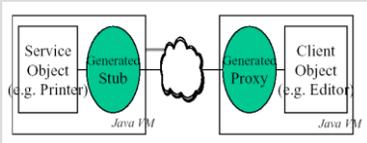
## Remote Method Invocation

- ⌘ Remote Method Invocation (RMI) é um mecanismo próprio de Java, similar a RPC.
- ⌘ RMI permite um programa Java em uma máquina invocar um método remoto em um objeto remoto.

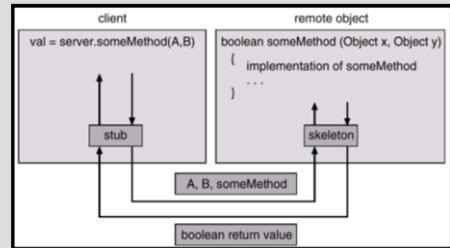


## Remote Method Invocation

- ☞ Remote Method Invocation (RMI) é o mecanismo Java, que gera as classes proxy de forma automática.
- ☞ O usuário codifica os objetos cliente e serviço.
- ☞ O compilador RMI gera o código responsável pela comunicação na rede.



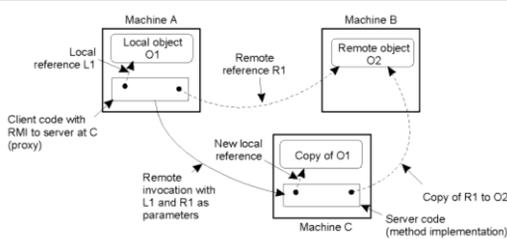
## Marshalling dos Parâmetros



[<http://java.sun.com/docs/books/tutorial/rmi/overview.html>]

## Passagem de Parâmetros

- ☞ Passando um objeto por referência ou por valor.



## Objetos Distribuídos

Na abordagem de **objetos distribuídos** a unidade de distribuição são objetos.

Os clientes importam **algo**, que permite a um cliente acessar um objeto remoto como se o mesmo fizesse parte do programa.

Este acesso é semelhante ao efetuado através dos procedimentos do RPC e RMI.

## Objetos Distribuídos

Os sistemas de objetos distribuídos permitem ainda que serviços tais como:

- descoberta: permite que clientes localizem objetos que eles necessitam ;
- segurança;
- confiabilidade.

## Objetos Distribuídos

Exemplos de tecnologias de objetos distribuídos são:

- **Corba;**
- **DCOM;**
- **JAVA/RMI**

## Conteúdo Programático

### Modulo

#### III

- . Objetos distribuídos
- . **CORBA**
- . Barramento de objetos CORBA
- . Adaptador básico de objetos
- . Linguagem de definição de interfaces

## Componentes

O grupo conhecido como OMG estabeleceu quatro componentes básicos para a formação do CORBA:

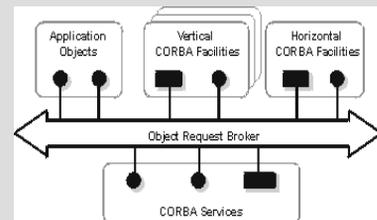
- **ORB** (Object Request Broker): análogo a um barramento de computador, esse componente prove um função de concentrador de comunicação entre os demais componentes;
- **Object Services**: prove um conjunto de funções padrões para a criação, controle e referência dos objetos.

## Componentes

O grupo conhecido como OMG estabeleceu quatro componentes básicos para a formação do CORBA (cont.):

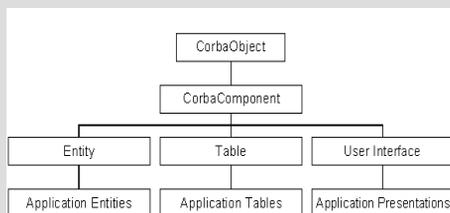
- **Common Facilities**: prove um conjunto genérico de funções com capacidade de utilização em diferentes tipos de aplicação;
- **Application Object**: prove um conjunto de objetos que podem efetuar funções específicas para usuários finais. Essas aplicações são essencialmente aplicações orientadas à objetos.

## Object Management Architecture (OMA)

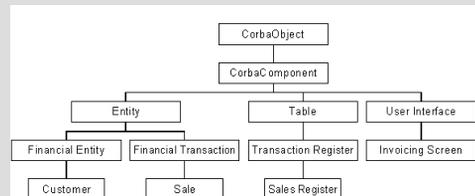


[www.omg.org]

## Corba



## Corba



## Corba

O modelo do *middleware* conhecido como

### **CORBA**

(*Common Object Request Broker Architecture*) – foi definido por um consórcio da indústria, denominado como *Object Management Group* [[www.omg.org](http://www.omg.org)]

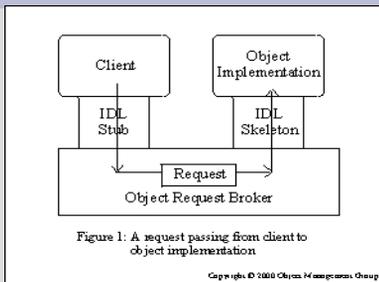
## Corba

O *middleware* **CORBA** permite que:

- Aplicações comerciais de desktop convencionais possam fazer acesso a um conjunto de informações distribuídas e recursos
- Os sistemas de dados de negócios possam ser disponibilizados como recursos de rede;

Na próxima figura é ilustrado uma chamada de um cliente no ambiente CORBA a um objeto distribuído.

## Corba



[[www.omg.org](http://www.omg.org)]

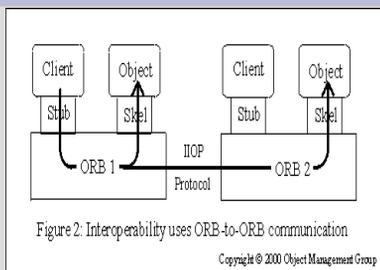
## Corba

O *middleware* **CORBA** permite que as solicitações sejam solicitadas entre diferentes ambientes, provendo uma imagem global única de consulta para o cliente solicitante.

Na próxima figura é ilustrado esse conceito, na comunicação entre dois diferentes ORBs.

Observe que entre dois ORBs é utilizado o protocolo IOP (Internet Inter ORB Protocol)

## Corba



[[www.omg.org](http://www.omg.org)]

## Corba

O modelo **CORBA** foi projetado para prover uma interoperabilidade entre aplicações em sistema distribuídos heterogêneos com orientação à objeto.

A utilização de OO no projeto, análise e desenvolvimento usando **CORBA** permite o reuso através de sistemas.

## Corba

A programação orientada à objetos simplifica o desenvolvimento de software através de abstrações de alto nível e padrões.

Exemplos de facilidades da programação OO são:

- associação entre dados e operações; e
- decomposição de interfaces e implementações

## Corba

As vantagens da OO como:

- Herança;
- Encapsulamento;
- Redefinição; e
- Agregação dinâmica

estas são características existentes no CORBA

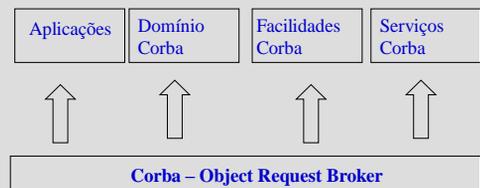
## Corba

Transparência em Corba:

- Localização : objetos clientes podem estar localizados e acessados no cliente ou servidor remotos;
- Linguagem de programação: Java, C/C++, Ada 95, Smalltalk e Cobol;
- S.O.: Família Windows, Unix e outros;

## Corba

### Object Management Architecture (OMA)



## Corba

A arquitetura **Corba** pode ser categorizada em quatro interfaces de software:

⌘ **Object Request Broker (ORB)** é o principal elemento da arquitetura. O ORB é a interface que permite um cliente fazer acesso a objetos distribuídos residentes em servidores.

O cliente faz uma chamada ao ORB que localiza o objeto solicitado e identifica o servidor aonde se encontra o objeto;

## Corba

A arquitetura **Corba** pode ser categorizada em quatro interfaces de software (cont.):

O ORB faz a tradução das chamadas do cliente para o servidor. O ORB então faz o mapeamento do **IDL (Interface Definition Language)** para a linguagem para qual o objeto foi implementado.

## Corba

A arquitetura **Corba** pode ser categorizada em quatro interfaces de software (cont.):

⌘ **Serviços**: ciclos de vida dos objetos, notificação de eventos e transações distribuídas;

## Corba

A arquitetura **Corba** pode ser categorizada em quatro interfaces de software (cont.):

⌘ **Facilidades**: são interfaces horizontais que têm foco na interoperabilidade entre aplicações distribuídas;

## Corba

A arquitetura **Corba** pode ser categorizada em quatro interfaces de software (cont.):

⌘ **Domínios**: inúmeros segmentos, tais como financeiro, farmacêutico, administração de negócios são exemplos de segmentos que usam da arquitetura Corba.

## Corba

As interfaces do CORBA são caracterizadas como uma coleção de três elementos:

- Operações;
- Atributos;
- Exceções.

## Corba

O acesso aos atributos são efetuados por intermédio dos :

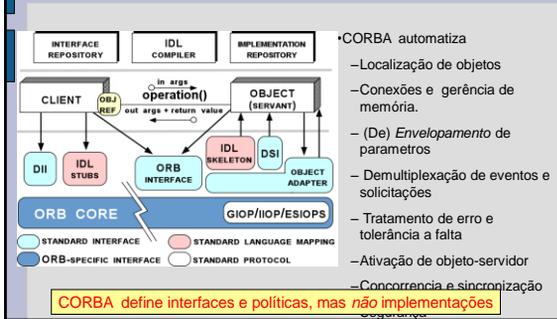
- Accessor (get operation);
- Mutator (a set of operation);

## Corba

CORBA é um middleware com a abordagem COD que não agrega as aplicações as dependências das plataformas heterogêneas distribuídas.

Exemplo: linguagens, sistemas operacionais, protocolos de rede, hardware

## Corba



## Corba

Componentes da Arquitetura ORB:

- Interface Definition Language (IDL)
- Internet Inter ORB Protocol (IIOP)
- Client Stub / Server Skeleton
- Client side : . Dynamic Invocation Interface (DII)  
. Interface Repository
- Server side: . Dynamic Skeleton Interface (DSI)  
. Implementation Repository

## Corba - Interoperabilidade



## Corba - Interoperabilidade

O IIOP requer quatro elementos:

- Maneira de representar referências nulas;
- Forma de conhecer o protocolo em uso;
- Maneira de prover significado para tipos que preservem sua identidade;
- Prover forma que cada correspondente possa obter sessões de chave privadas, ou seja maneira para cifrar e descifrar os protocolos que chegam ou saem.

## Corba - Interoperabilidade

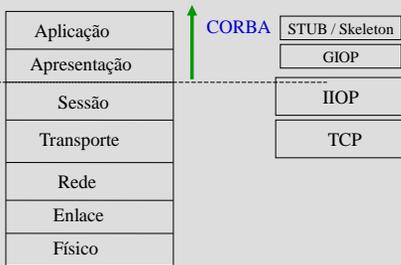
O IIOP faz uma correlação entre GIOP para as sessões TCP;

O IIOP especifica um *profile* que orienta o GIOP para usá-lo para uma conexão remota.

## Corba - Interoperabilidade

Os protocolos GIOP (General Inter ORB Protocol) e IIOP provêm as facilidades anteriores através dos mecanismos internos do IOR (Interoperable Object Reference) que existem no ORB BUILDER.

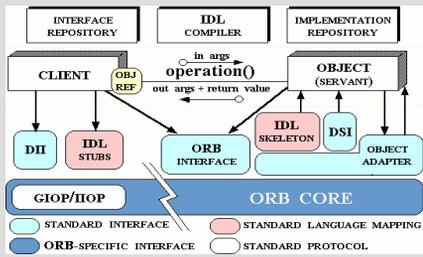
## GIOP



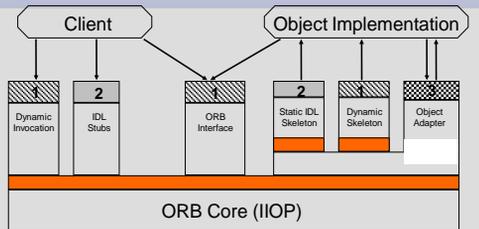
## Conteúdo Programático

- . Objetos distribuídos
- . Componentes
- . CORBA
- . Barramento de objetos CORBA
- . Adaptador básico de objetos
- . Linguagem de definição de interfaces

## Corba



## ORB



- 1 Interface identical for all ORB
- 2 There are stubs and a skeleton for each object type
- There may be multiple object adapters
- ORB-dependent interface

## Conteúdo Programático

- . Objetos distribuídos
- . Componentes
- . CORBA
- . Barramento de objetos CORBA
- . Adaptador básico de objetos
- . Linguagem de definição de interfaces

## Adaptador de Objetos

O Adaptador básico de objetos tem as seguintes características:

- Sugestão de estilo de implementação do objeto;
- O CORBA tem um adaptador básico genérico, conhecido como BOA (Basic Object Adapter);
- A BOA aceita diferentes estilos de ações fortemente acopladas ao ORB;
- A BOA é invocada durante várias fases do ciclo do objeto, tais como criação, destruição, ativação e desativação.

## Adaptador de Objetos

A BOA (Basic Object Adapter) possui 5 estilos:

- Shared Server: Objetos compartilham um objeto;
- Unshared Server: Processos separados por objeto;
- Per Method Server: processos separados por solicitação;
- Persistent Server: ativado durante o *startup* não necessita de uma ação da BOA.

## Adaptador de Objetos

Outros adaptadores de objetos Corba são:

- **Library Object Adapter**: utilizado para que possa haver um compartilhamento de uma biblioteca local em um primeiro instante. Utilizado para desenvolvimento de aplicações em WAN;
- **Load Balancing Object Adapter**: OAs por possuírem mais conhecimento de recursos disponíveis podem auxiliar na utilização de locais que possuem mais facilidades para processamento/armazenamento.

## Adaptador de Objetos

Outros adaptadores de objetos Corba são (cont.):

- **Mobile Object Adapter**: conhece a localização do objeto melhor do que a BOA. Pode enfileira solicitações para objetos móveis.

## Conteúdo Programático

- . Objetos distribuídos
- . Componentes
- . CORBA
- . Barramento de objetos CORBA
- . Adaptador básico de objetos
- . Linguagem de definição de interfaces

## Componentes

- ⌘ Object Request Broker (ORB)
- ⌘ Interface Definition Language (IDL)
- ⌘ Static Invocation Interface (SII)
- ⌘ Dynamic Invocation Interface (DII)
- ⌘ Dynamic Skeleton Interface (DSI)

## Componentes: IDL

A IDL é a linguagem utilizada para descrever interfaces de chamadas dos objetos clientes e também que tipo de interface de implementação o objeto prove.

- A IDL é puramente uma linguagem descritiva, ou de definição;
- A IDL é a linguagem de *contrato* orientada a objeto do padrão Corba.

## Componentes: IDL

Um compilador IDL é composto de :

- FE (Front End ou Compilador IDL): faz o pré-processamento ;
- BE (Back End): efetua a tradução, ou mapeamento, é orientado a uma linguagem específica que cria o código em linguagens tipo C, C++, Rexx, Cobol.

## Utilizando OO em programação de rede

- ⌘ O IDL do CORBA especifica as *interfaces* com as operações
- ⌘ O mapeamento faz interface entre objetos para uma linguagem OO.
- ⌘ Exemplos: C++, Java, Ada95.

```
interface Foo
{
    void bar (in long arg);
};
```

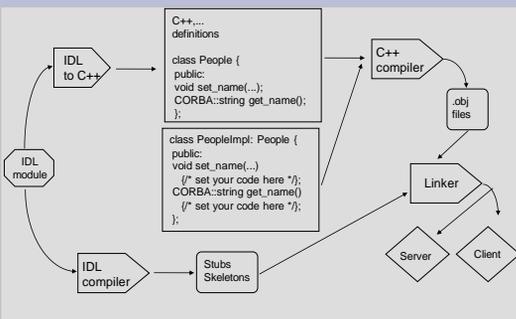
IDL

C++

```
class Foo : public virtual CORBA::Object
{
    virtual void bar (CORBA::Long arg);
};
```

- ⌘ Operações definidas na interface podem fazer chamadas a objetos locais ou remotos.

## Exemplo de Desenvolvimento CORBA



## Componentes: IDL

### ⌘ Interface Description Language

- ⌘ Mapping: C, C++, Ada, COBOL, Java, Smalltalk

### ⌘ Syntaxe: baseada em C++

### ⌘ Facilidades:

- Modules, Interfaces
- Operations, Attributes
- Inheritance
- Basic types (e.g., double, long, char, etc)
- Arrays, sequence
- Struct, enum, union, typedef
- Consts
- Exceptions

## IDL: Módulos e Interfaces

```
⌘ module SportEvent {
    ⌘ interface People {
        ⌘ attribute string name;
    };
    ⌘ const short MaxTeamPeople = 100;
    ⌘ interface Team {
        ⌘ attribute sequence<People, MaxTeamPeople> Members;
    };
}
```

## IDL: Tipos Construídos

- ⌘ Union
  - ⌘ union Result switch (ResultType) {
    - ⌘ case Length: float value;
    - ⌘ case Weight: short value;
    - ⌘ default: long value; };
- ⌘ Enums
  - ⌘ enum ResultType {Length, Time, Weight};
  - ⌘ enum SpringStatus {Valid, NotValid};
- ⌘ Structures
  - ⌘ struct Sport { string Name;
  - ⌘ string Category; };
- ⌘ Exceptions
  - ⌘ exception NoScore{string Explanation};

## IDL: Interface e operações

```
interface Competition;

interface Score {
  attribute Competition TheCompetition;

  unsigned long NbPeople();
  unsigned long GetPosition(in People APeople)
    raises (NoScore);
  void GetResult(in People APeople, out Result TheResult);
};

# oneway operations
# parameters: in, inout, out.
```

## IDL: Interface Inheritance

```
interface Competition {
  attribute Sport TheSport;
  attribute Score TheResults;
};

interface IndividualCompetition: Competition {
  readonly attribute sequence<People> Participants;
  void AddParticipant(in People APeople);
  void AddResult(in People APeople, in Result AResult);
};

# Multiple Inheritance
```

## Componentes

- # Object Request Broker (ORB)
- # Interface Definition Language (IDL)
- # **Static Invocation Interface (SII)**
- # Dynamic Invocation Interface (DII)
- # Dynamic Skeleton Interface (DSI)

## Static Invocation Interface

- # lado do cliente
- # tipos são conhecido previamente
- # tipos confiáveis
- # necessita “empacotamento”

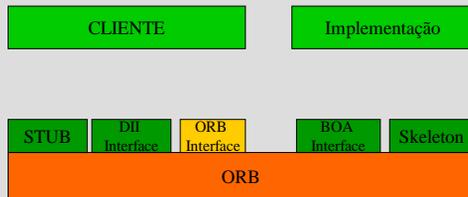
## Componentes

- # Object Request Broker (ORB)
- # Interface Definition Language (IDL)
- # Static Invocation Interface (SII)
- # **Dynamic Invocation Interface (DII)**
- # Dynamic Skeleton Interface (DSI)

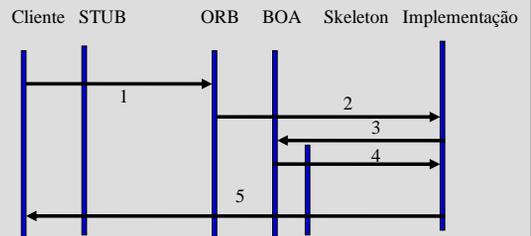
## Dynamic Invocation Interface (DII)

- # lado do cliente
- # Baseado em ‘Interface Repository’
- # sem “empacotamento”
- # novas interfaces podem ser criadas;
- # Ferramentas CASE

## Dynamic Invocation Interface (DII)



## Diagrama de Interação em Corba



## Static IDL Skeleton

- ⌘ Lado do servidor
- ⌘ Existe um enlace estático com a implementação do objeto.

## Componentes

- ⌘ Object Request Broker (ORB)
- ⌘ Interface Definition Language (IDL)
- ⌘ Static Invocation Interface (SII)
- ⌘ Dynamic Invocation Interface (DII)
- ⌘ Dynamic Skeleton Interface (DSI)

## Dynamic Skeleton Interface (DSI)

- ⌘ Lado do servidor
- ⌘ Um ponto de entrada é requerido
- ⌘ Existe um disparo interno

## Conteúdo Programático

- . Serviços CORBA
- . **Objetos COM**
- . **Barramento de objetos COM**
- . Serviços OLE/COM

## COM (Component Object Model)

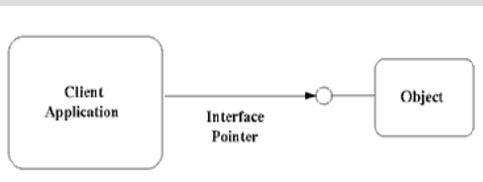
COM refere-se a *especificação* e a *implementação* desenvolvidas pela Microsoft que prove uma abordagem de integração de componentes.

A abordagem suporta a *interoperabilidade* e *reusabilidade* de objetos distribuídos permitindo desenvolvedores construir sistemas montando componentes de diferentes fabricantes, desde que utilizem o *COM*. Assim é possível a construção de sistemas com componentes já existentes.

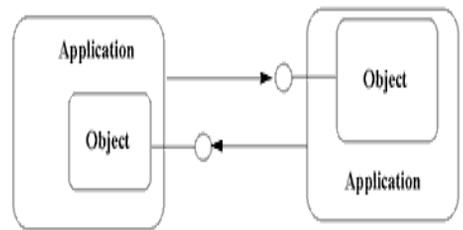
## COM (Component Object Model)

COM define uma interface de programação de aplicação (API) para permitir a criação de componentes para o uso de integração de aplicações de usuários ou para permitir que componentes possam interagir.

## COM (Component Object Model)



## COM (Component Object Model)



## COM (Component Object Model)

Todavia, para que ocorra a interação no *COM*, os componentes têm que aderir a estrutura binária especificada pela Microsoft.

Desta forma, os componentes escritos em diferentes linguagens podem interoperar.

## COM (Component Object Model)

Segundo a Microsoft [[www.microsoft.com/com](http://www.microsoft.com/com)], a tecnologia COM, dentro da família de sistemas operacionais Windows, permite que a comunicação entre componentes de software.

A família COM inclui COM+, DCOM e o ActiveX® Controls.

## COM (Component Object Model)

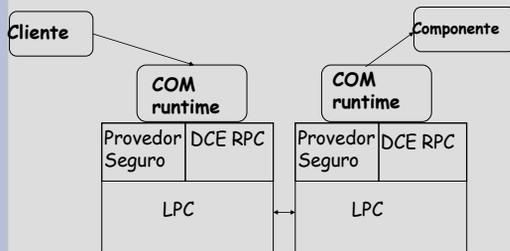
Um exemplo de uso do COM é a interação entre aplicações dos produtos do ambiente Microsoft Office.

O COM OLE (Object Linking and Embedding) permite que um documento WORD seja dinamicamente relacionado a uma planilha Excel.

## COM (Component Object Model)

Um outro exemplo seria a automatização permitida pelo COM para que usuários construam scripts em suas aplicações para efetuar tarefas repetidas ou controle de uma aplicação através de outra.

## COM (Component Object Model)



## OLE (Object Linking and Embedding)

O OLE (*Object Linking and Embedding*) é construído com o COM, prove serviços tais como *linking* e *embedding* que são usados na criação de documentos compostos (documentos gerados por múltiplas fontes de ferramentas):

## COM+

COM+ é uma evolução do COM que integra os serviços do NFS e fila de mensagem. Assim, torna o COM mais fácil ser programado através de linguagem de programação Microsoft tais como Visual Basic, Visual C++, e J++.

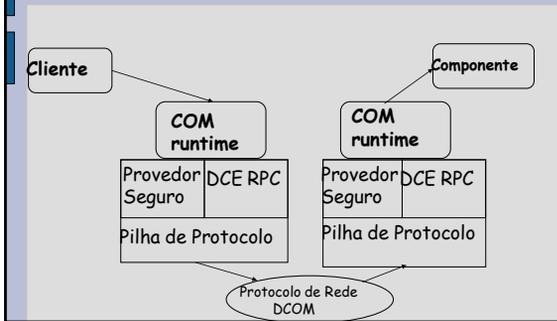
COM+ também esconde algumas complexidades da codificação COM.

## DCOM (Distributed Component Object Model)

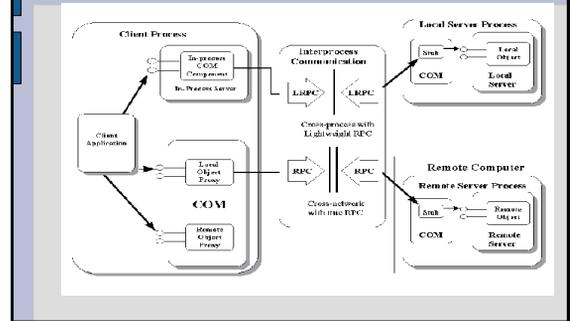
DCOM é o acrônimo para *Distributed Component Object Model* desenvolvido pela Microsoft.

DCOM suporta objetos remotos através da utilização do protocolo conhecido como ORPC (*Object Remote Procedure Call*), é independente de linguagem, MAS não é compatível entre qualquer plataforma.

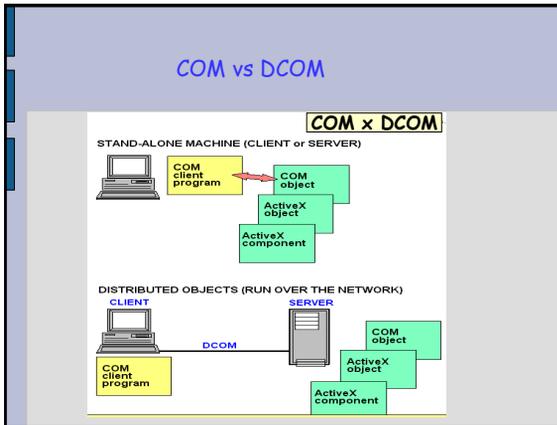
## DCOM ( Distributed Component Object Model)



## DCOM ( Distributed Component Object Model)



## COM vs DCOM



## DCOM (Distributed Component Object Model)

DCOM é uma extensão do COM que permite componentes baseados na abordagem de rede passarem a interagir. O COM pode ser executado na mesma máquina e pode considerar diferentes endereços de memória local.

Por outro lado, o DCOM estende o uso de diferentes espaços de memória dispersos em uma rede.

## DCOM (Distributed Component Object Model)

Com o DCOM, componentes de uma grande gama de plataformas podem interagir, desde que o DCOM exista dentro do ambiente.

Se pode considerar que COM e DCOM são uma *tecnologia única*, ela fornece uma série de serviços para a interação de componentes em uma mesma plataforma e até entre diferentes plataformas em uma rede.

Em outras palavras, os paradigmas COM e DCOM existem em mesmo módulo de *runtime*, esse prove acesso a componentes locais e remotos.

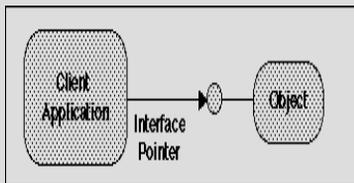
## ActiveX

ActiveX expande capacidades básicas para permitir que componentes sejam embutidos em sítios Web;

## MTS (Microsoft Transaction Server)

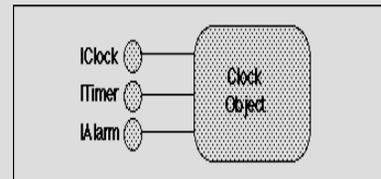
MTS expande a capacidade do COM com serviços Corporativos, tais como transações e segurança utilizados em sistema EIS (*Enterprise Information Systems*), permitindo o uso de componentes COM;

## COM (Component Object Model)



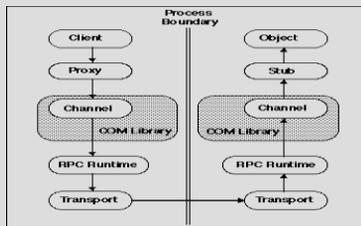
Cliente usando COM Objeto através de uma interface ponteiro.

## COM (Component Object Model)



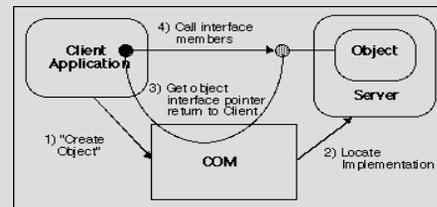
Clock COM objeto

## COM (Component Object Model)



Comunicação entre processos em COM

## COM (Component Object Model)



Criando um ponteiro objeto COM

## COM e .NET

COM e .NET são tecnologias complementares.

O .NET Common Language Runtime prove uma forma bi-direcional e de integração transparente com o COM.

Isto significa que as aplicações e os componentes COM e .NET podem utilizar funcionalidade uma da outra [[www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)].

## COM e .NET

COM e .NET podem atingir resultados semelhantes.

O framework .NET prove para desenvolvedores um número significativo de facilidades, tais como:

- Robustez;
- Gerenciamento de memória automática;
- Modelo de segurança;
- Serviço nativo de serviços Web.

## COM e .NET

*For new development, Microsoft recommends .NET as a preferred technology because of its powerful managed runtime environment and services [[www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)].*

## COM+

COM+ é o nome dos serviços e tecnologias providas primeiramente no Windows 2000.

COM+ traz consigo a tecnologia de componentes COM e aplicações do Microsoft Transaction Server (MTS).

## COM+

COM+ pode automaticamente lidar com tarefas complexas tais como agregação de recursos, desconexão de aplicações, publicação de eventos e subscrição/distribuição de transações.

A infra-estrutura COM+ também prove serviços para aplicações e desenvolvedores do .NET, através do [System Enterprise Services namespace](#) do .NET Framework.

## Construindo aplicações com COM ou COM+

Para o desenvolvimento de aplicações com COM ou COM+, onde devo encontrar um maior suporte ?

## Construindo aplicações com COM ou COM+

Uma boa fonte de informação para desenvolvedores COM e o sítio Microsoft Developer Network (MSDN) [<http://msdn.microsoft.com/>].

A biblioteca MSDN contém informação para desenvolvedores da plataforma incluindo um revisão sobre os componente [\[overview of component development\]](#) usando tecnologias baseadas em COM.

## Futuro do COM

COM continua a ser suportado pela Microsoft? Continuará a ser ?

COM é uma facilidade do Windows, a feature of Windows. Cada versão do Windows tem uma política denominada de *Windows Product Lifecycle*.

Sim, o COM continua a ser suportado como parte do Windows. Na nova versão do Windows, o Windows Vista, é uma facilidade incorporada no sistema operacional [[www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)]

## .NET

O .NET é a estratégia de Web Service da Microsoft para a conexão de informação, pessoas, sistemas e dispositivos através de uma abordagem de software.

O .NET é integrado através da plataforma Microsoft e prove a habilidade de fácil construção, utilização, gerência e soluções seguras considerando-se serviços web.

## .NET

As soluções .NET permitem que aplicações comerciais sejam integradas de maneira rápida, provendo a informação onde necessária.

## Conteúdo Programático

- . Serviços CORBA
- . Objetos COM
- . Barramento de objetos COM
- . **Serviços OLE/COM**

## OLE (Object Linking and Embedding)

Object Linking and Embedding (OLE) is a distributed object system and protocol developed by [Microsoft](#).

OLE allows an editor to "farm out" part of a document to another editor and then reimport it.

For example, a desktop publishing system might send some text to a word processor or a picture to a bitmap editor using OLE. The main benefit of using OLE, next to reduced file size is the ability to create a master file.

## OLE (Object Linking and Embedding)

References to data in this file can be made and the master file can then have changed data which will then take effect in the referenced document.

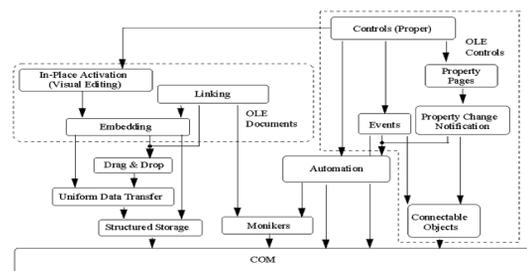
It was initially used primarily for copying and pasting data between different [applications](#), especially using [drag and drop](#), as well as for managing [compound documents](#).

It later evolved to become an architecture for [office components](#) known as the [component object model](#) (COM), and later [DCOM](#). OLE, version 1.0 was released in 1990 [en.wikipedia.org].

## OLE (Object Linking and Embedding)

A tecnologia OLE é uma abordagem de estruturação de documentos presente na maioria das aplicações Windows, que tornou-se com o passar do tempo foi generalizada e em uma abordagem orientada à objetos denominada de COM.

## Tecnologia OLE



## COM/DCOM Custos e Limitações

Baixo custo de ferramentas de desenvolvimento da Microsoft, tal como Visual C++ ou Visual Basic;

Ferramentas de outros fabricantes, também, provêm facilidades para a construção e acesso a componentes COM para as plataformas Windows;

Usualmente a construção de clientes e servidores é fácil;

## COM/DCOM Custos e Limitações

O custo inicial para o COM e DCOM na plataforma Windows é relativamente baixo, quando comparado com outras plataformas;

Para plataformas, como por exemplo dos *Mainframes*, o custo aproximado do DCOM em 1999 era da ordem de duzentos mil dolares;

## COM/DCOM Custos e Limitações

Além de se considerar do uso da tecnologia, o desenvolvimento de um pacote de software utilizando COM e DCOM deve considerar a utilização de um programador experiente, devido a dificuldade de construção de aplicações distribuídas;

## COM/DCOM Custos e Limitações

É um erro de projeto assumir que o uso do paradigma de objetos distribuídos com COM e DCOM reduz o requerimento de conhecimento de tópicos tais como:

- Projeto de sistemas distribuídos;
- Aplicações que se utilização de *multi-thread*;
- Conhecimento de redes.

## COM/DCOM Custos e Limitações

A Microsoft possui um grande suporte para auxílio aos programadores que desenvolvem aplicações usando COM e DCOM. Existe uma grande quantidade de documentação referente a exemplos de desenvolvimento.

## COM/DCOM Outras Alternativas

COM e DCOM representam uma alternativa em um universo onde existem outras tecnologias que dão suporte a computação distribuída. Exemplos de outros paradigmas são:

- RPC;
- Troca de mensagem;
- Memória compartilhada distribuída;
- Monitores de transações computacionais ;

## COM/DCOM Outras Alternativas

Common Object Request Broker Architecture (CORBA) e Java RMI são abordagens que também podem ser consideradas como alternativas.

## COM/DCOM Outras Alternativas

Um comentário comum é a utilização comum de COM, DCOM, CORBA, J2EE, ActiveX, MTS e COM+.

Essas tecnologias constituem a estratégia distribuída e orientada da Microsoft, denominada de *Distributed InterNet Architecture* (DNA), compreendendo um conjunto de produtos e especificações orientadas à rede.

## Conteúdo Programático

- . Serviços CORBA
- . Objetos COM
- . Barramento de objetos COM
- . Serviços OLE/COM
- . JAVA RMI**

## JAVA RMI

Técnica conhecida como RMI (*Remote Method Invocation*) é a solução existente para o *mundo* Java.

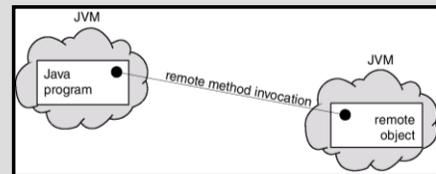
Esta abordagem um programador pode criar uma rotina que de invocar um outra rotina remota em máquinas com diferente arquitetura.

## JAVA RMI

O RMI utiliza a serialização de objetos para *empacotar e desempacotar* parâmetros, não fazendo um truncamento, ou seja suportando um real poliformismo orientado a objeto [java.sun.com].

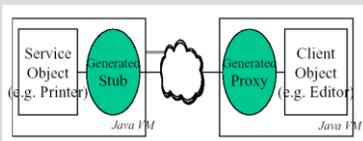
## JAVA RMI

- ⌘ Remote Method Invocation (RMI) é um mecanismo próprio de Java, similar a RPC.
- ⌘ RMI permite um programa Java em uma máquina invocar um método remoto em um objeto remoto.



## JAVA RMI

- ⌘ Remote Method Invocation (RMI) é o mecanismo Java, que gera as classes proxy de forma automática.
- ⌘ O usuário codifica os objetos cliente e serviço.
- ⌘ O compilador RMI gera o código responsável pela comunicação na rede.



## JAVA RMI

A principal funcionalidade do modelo JAVA RMI é permitir a invocação de um método de uma interface remota em um objeto remoto.

## JAVA RMI

A especificação Java RMI define objeto remoto como um objeto no qual seus métodos podem ser invocados por outra Máquina Virtual Java (Virtual Machine), geralmente localizada em uma máquina diferente.

## JAVA RMI

Um objeto deste tipo é descrito por uma ou mais interfaces remotas, que são interfaces Java que declaram os métodos de objeto remoto.

Importante observar que :

-Uma invocação de um método de um objeto remoto possui a mesma sintaxe de uma invocação de um método de um objeto local.

## JAVA RMI

Esta característica, faz com que o RMI seja muito parecido com CORBA.

Os clientes RMI interagem com objetos remotos através de interfaces remotas bem definidas, nunca diretamente com as classes que implementam as interfaces.

O modelo RMI utiliza a serialização de objetos para converter objetos em streams de bytes para a transmissão.

## JAVA RMI

Qualquer tipo de objeto pode ser passado durante a invocação, incluindo tipos primitivos, classes básicas, classes definidas pelo usuário, e JavaBeans.

O modelo Java RMI pode ser descrito como uma evolução natural do modelo RPC, adaptado para o paradigma da orientação a objetos.

## JAVA RMI

O modelo RMI pode ser considerado como um ORB que suporta invocações em objetos remotos.

O RMI torna o ORB quase totalmente transparente para o cliente adicionando alguns requerimentos de implementação ao servidor.

Na essência, o RMI é uma extensão da linguagem Java.

## JAVA RMI

Os clientes RMI invocam os métodos remotos utilizando stubs específicos para cada serviço.

Esses stubs são gerados pelo compilador de stubs rmic e estendem as funções da classe RemoteStub.

No lado do servidor, as classes RMI precisam estender a classe UnicastRemoteObject.

## JAVA RMI

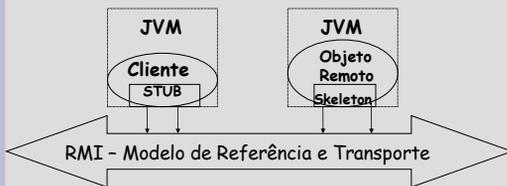
O modelo RMI envia e recebe as chamadas dos clientes para os objetos remotos do servidor utilizando skeletons gerados pelo compilador rmic.

O compilador rmic implementa uma classe skeleton para cada interface definida no servidor.

## JAVA RMI

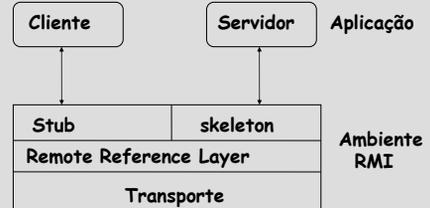
A próxima figura ilustra o mecanismo:

## JAVA RMI

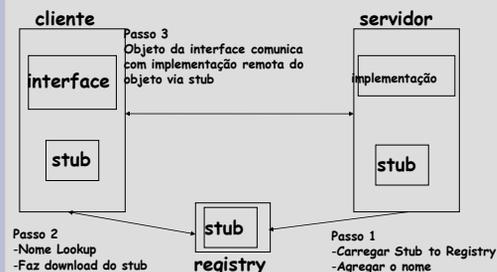


## JAVA RMI

### Três níveis da Arquitetura JAVA RMI



## JAVA RMI Exemplo de Uso



## JAVA RMI

Diferentemente de uma chamada local em Java, uma invocação RMI utiliza a passagem de parâmetros por cópia (*pass-by-value*), ao invés da passagem por referência (*pass-by-reference*), exceto com relação a objetos remotos que são passados por referência ao invés de se copiar a implementação remota.

## JAVA RMI

O modelo RMI fornece classes e interfaces que possibilitam a localização, o carregamento, e a execução confiável de objetos remotos.

Atualmente, o modelo RMI, provê um serviço bastante primitivo e não persistente, de nomeação. Ele também fornece um carregador de classes (*class loader*) que carrega stubs do servidor automaticamente.

## JAVA RMI

Um *stub* RMI funciona como um *proxy* no cliente para o Objeto remoto. Além disso, o modelo também provê mecanismos extras de segurança para garantir que estes *proxies* tenham o comportamento esperado.

## JAVA RMI

Em um sistema distribuído, um coletor de lixo deve ser apto automaticamente remover objetos remotos que não são mais referenciados por nenhum cliente.

O modelo RMI utiliza um mecanismo de coleta de lixo por contagem de referências que mantém um histórico de todas as referências externas ativas dentro de uma máquina virtual.

## JAVA RMI

Neste contexto, uma referência externa ativa é apenas uma conexão TCP/IP entre um cliente e um servidor.

Cada vez que o cliente obtém uma referência, o contador de referências daquele objeto é incrementado de 1; e é decrementado de 1 quando o cliente pára de referenciar aquele objeto, ou seja, quando a conexão é finalizada.

## JAVA RMI

Quando o contador de referência alcança zero, o RMI coloca o objeto servidor na lista de referências fracas (*weak reference list*). O coletor de lixo pode então remover o objeto.

## JAVA RMI

No modelo RMI, uma referência para um objeto remoto é "alugada" (*leased*) por um período de tempo para o cliente.

O período de aluguel se inicia quando a chamada remota é recebida. É de responsabilidade do cliente renovar o período de aluguel através de chamadas adicionais no servidor antes que o prazo se expire.

## JAVA RMI

Pelo fato do modelo RMI poder resolver dinamicamente invocações de métodos entre Máquinas Virtuais, ele fornece um ambiente totalmente distribuído e orientado a objetos.

## JAVA RMI

Também pelo fato do modelo RMI ser nativo da linguagem Java, os *desenvolvedores* trabalham dentro de um único modelo de objetos (o modelo Java), ao invés de trabalhar com múltiplos modelos de objetos (Java, CORBA IDL e outros).

## JAVA RMI

Isto remove bastante a complexidade de programação.

Diferente de modelos de objetos com linguagens neutras, RMI não requer mapeamento para linguagens de definição e interfaces, como a IDL.

## JAVA RMI

Antes da invocação de um método em um objeto remoto, o cliente deve primeiro obter uma referência para este objeto.

Normalmente, o cliente obtém essa referência como retorno da invocação de um método.

## JAVA RMI

O modelo RMI também fornece um serviço simples de nomeação, conhecido como RMI registry, ou simplesmente registro RMI, que permite a obtenção das referências dos objetos através de nomes.

RMI define o serviço de nomeação utilizando duas classes e uma interface.

## JAVA RMI

Tipicamente, o cliente interage com a classe Naming para obter os serviços do registro do RMI.

O registro RMI é definido pela interface Registry. É importante notar que este registro é um objeto servidor remoto. Isto significa que se pode acessar seus métodos através da rede utilizando invocações remotas.

## JAVA RMI

A classe `LocateRegistry` auxilia na localização do registro RMI. A `JavaSoft` fornece uma implementação da interface `Registry`.

Esta implementação não-persistente apenas suporta nomes simples. Nesta implementação, os clientes utilizam apenas os métodos *lookup* e *invoke*.

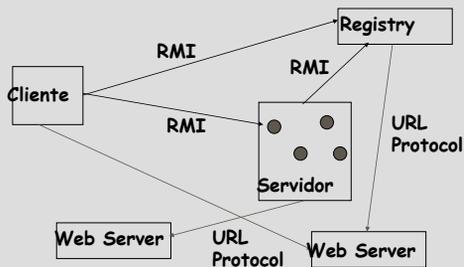
Toda essa comunicação entre objetos é realizada através do protocolo `Java Remote Method Protocol (JRMP)`.

## JAVA RMI

A próxima figura ilustra uma chamada típica de um método remoto utilizando a arquitetura RMI.

A figura mostra o servidor registrando seus objetos no registro RMI e o cliente obtendo a referência do objeto requisitado através do mesmo.

## JAVA RMI Exemplo de chamada RMI



## JAVA RMI

Com a referência retornada, o cliente pode então realizar a invocação do método remoto.

Os dois servidores *Web* da figura exemplo funcionam como repositórios de classes e *stubs*.

A idéia principal é que os clientes, e mesmo os servidores, possam carregar dinamicamente classes e *stubs* necessários para a aplicação e que não se encontram localmente.

## JAVA RMI

Esse procedimento é conhecido como *dynamic stub-loading*.

O registro RMI armazena, juntamente com a referência de cada objeto, a URL que permite a localização das classes e *stubs*.

É importante lembrar que sem os *stubs* apropriados, um cliente não pode fazer uma invocação remota em um objeto.

## JAVA RMI

A localização das classes e *stubs* é definida pela propriedade `java.rmi.server.codebase` informada para a Máquina Virtual na inicialização do programa.

Além de servidores *Web*, servidores FTP também podem ser utilizados como repositórios das classes e dos *stubs*.

## JAVA RMI

Atualmente, há um esforço grande em especificar um modelo padrão entre RMI e CORBA.

Duas especificações estão em desenvolvimento, mas já podem ser encontradas para utilização:

## JAVA RMI

a) RMI-over-IIOP: é uma versão do modelo RMI que funciona no topo do protocolo IIOP.

O protocolo IIOP provê alguns benefícios, entre eles: interoperabilidade com outros objetos escritos em outras linguagens, e um padrão aberto para objetos distribuídos;

## JAVA RMI

b) RMI/IDL: Através desse padrão é possível especificar interfaces CORBA utilizando a semântica do RMI ao invés da IDL de CORBA.

O compilador gera automaticamente CORBA IDL, stubs e skeletons. *Enterprise JavaBeans* utiliza este subconjunto RMI/IDL.

## JAVA RMI

A especificação EJB define um modelo de componentes-servidores para JavaBeans.

Um EJB é um JavaBean especializado e não-visual que é executado no servidor.

## JAVA RMI

Resumidamente, pode-se concluir que o modelo RMI oferece alguns dos elementos críticos de um sistema de objetos distribuídos em Java pelo fato do RMI ser nativo da linguagem Java.

## JAVA RMI

Possui facilidades de comunicação de objetos análogas ao protocolo IIOP de CORBA, e seu sistema de serialização de objetos fornece uma maneira prática de se transferir ou requisitar uma instância de um processo remoto para outro.

## JAVA RMI

ambém possui uma forte influência do modelo CORBA e pode ser definido como um novo tipo de ORB construído no topo do modelo de objetos de Java.

como um ORB, RMI introduz cinco inovações-chave:

## JAVA RMI

1. Permite mover código ao invés de somente dados;
2. Garante a integridade do código carregado remotamente;
3. Permite a passagem de objetos por valor (objects-by-value);
4. Utiliza Java como uma linguagem para definição das interfaces e para a implementação dos Métodos;
5. Utiliza um mecanismo baseado em URLs para a nomeação dos objetos.

## JAVA RMI

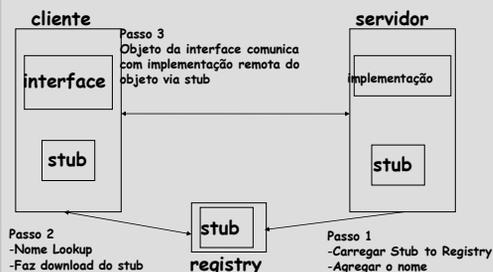
Em adição as essas inovações-chave, o modelo RMI implementado pela plataforma Java 2 introduz características similares ao modelo CORBA, que tornam a implementação com o uso de *RMI-over-IIOP* mais fácil e flexível.

Entre elas: suporte para persistência em referências de objetos, suporte para ativação remota de objetos, e suporte para *sockets* customizados.

## JAVA RMI

O nome "Java 2" é uma definição para as implementações JDK 1.2 e superiores, incluindo J2SE, J2EE e J2ME.

## JAVA RMI Exemplo de Uso



## JAVA RMI

### Iniciando um RMI Registry

Iniciando o RMI registry permite que seja criado e exportado objetos remotos.

```
rmiregistry
```

## JAVA RMI

### Definindo a interface remota.

```
import java.rmi.*;
public interface RObject extends Remote {
    void aMethod() throws RemoteException;
}
```

## JAVA RMI

### Definindo a implementação do objeto remoto.

```
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;
public class RObjectImpl extends UnicastRemoteObject implements RObject {
    public RObjectImpl() throws RemoteException {
        super();
    }
    // All remote methods must throw RemoteException
    public void aMethod() throws RemoteException {
    }
}
```

## JAVA RMI

### Compilando a implementação do objeto remoto

```
> javac RObject.java RObjectImpl.java
```

## JAVA RMI

### Gerando os módulos *skeletons* e *stubs*.

```
> rmic RObjectImpl
```

## JAVA RMI

Criando uma instância do objeto remoto e agregando no RMI registry.

```
try {
    RObject robj = new RObjectImpl();
    Naming.rebind("//localhost/RObjectServer", robj);
} catch (MalformedURLException e) {
} catch (UnknownHostException e) {
} catch (RemoteException e) {
}
}
```

## JAVA RMI

Looking Up, Objeto Remoto e Invocação de Método

```
try {
    // Look up remote object
    RObject robj = (RObject) Naming.lookup("//localhost/RObjectServer");
    // Invoke method on remote object
    robj.aMethod();
} catch (MalformedURLException e) {
} catch (UnknownHostException e) {
} catch (NotBoundException e) {
} catch (RemoteException e) {
}
```

## JAVA RMI

O modelo RMI pode ser bem vantajoso para programadores Java. Ele torna o ORB transparente e naturalmente estende o alcance das funcionalidades da linguagem Java. Com a utilização de RMI, não é necessário utilizar a IDL de CORBA ou qualquer tipo de conversão Java/CORBA.

Entretanto, utilizando apenas RMI, perde-se o poder da infraestrutura do modelo CORBA.

## JAVA RMI

Para compensar esta deficiência, pode-se utilizar RMI-over-IIOP, garantindo a união entre os dois modelos: RMI e CORBA.