



Invocação Remota de Métodos

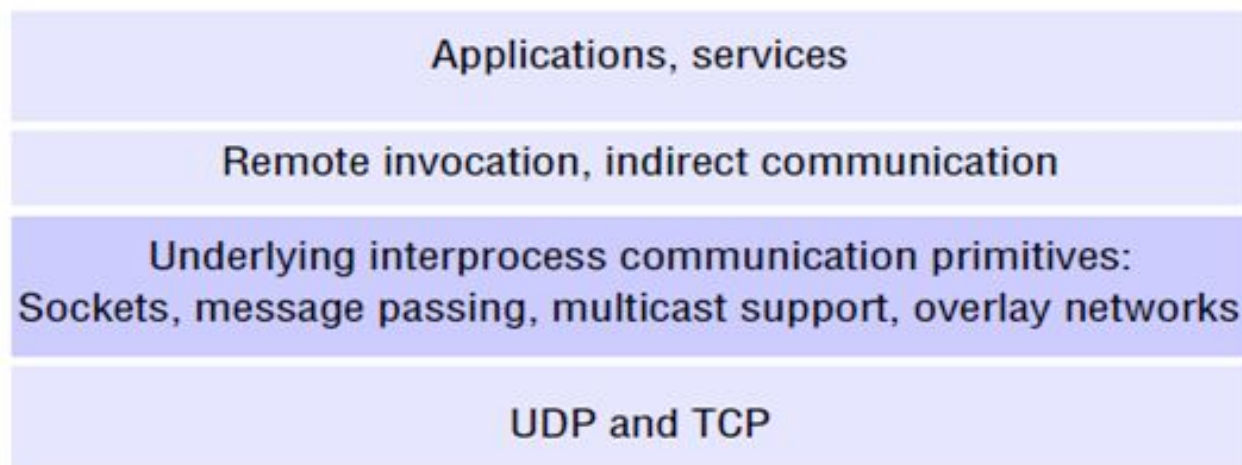
Professores:

Fernando Antonio Mota Trinta

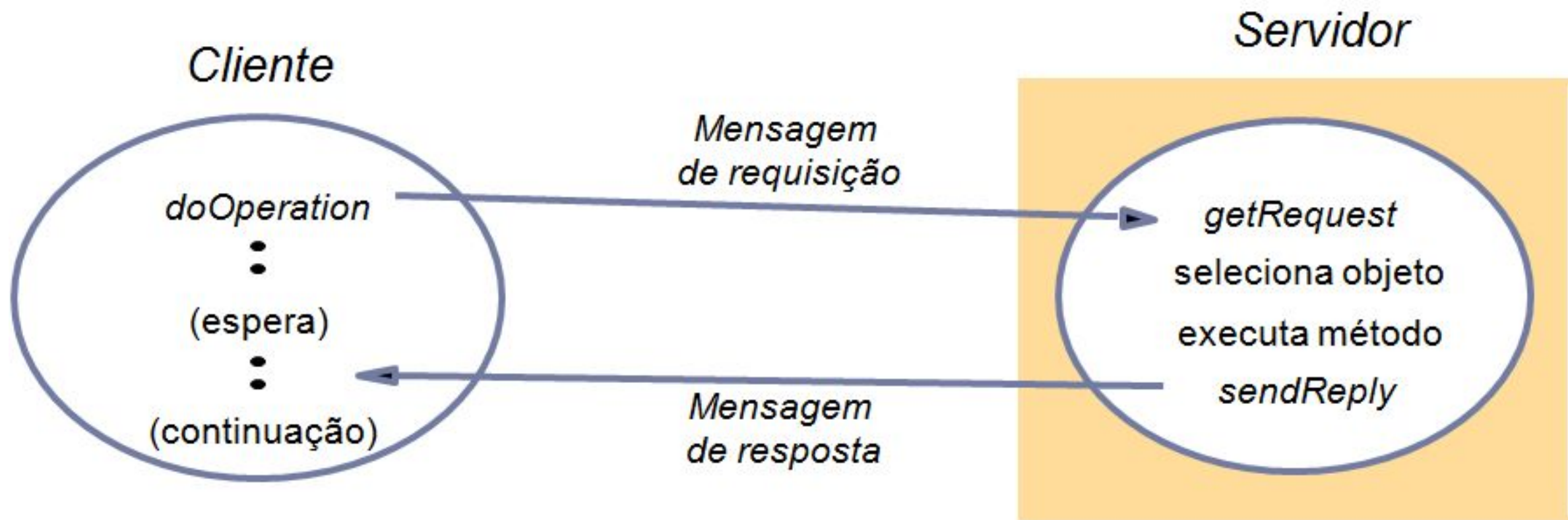
Windson Viana de Carvalho

Paradigmas de comunicação

- Invocação Remota
 - Sockets, RPC, RMI
 - Passagem de mensagens
 - Request-Reply
- Comunicação Indireta
 - Eventos (Publish-Subscriber)
 - Memória Compartilhada – Espaço de Tuplas
 - Multicasting



Comunicação entre Processos



Modelo de comunicação RPC/RMI

TCP e UDP – Representação Externa de Dados

- Passagem de mensagens
 - Recebimento bloqueante
- UDP – Não tem confirmação de erro de recebimento e nem garante ordem dos pacotes
 - Menor latência
- TCP – Garante ordem e controle de erro
 - Maior latência
- Exigência de uma representação externa e de transformação dos dados a serem transmitidos
 - Marshalling e Unmarshalling
 - XML, Serialização de Objetos, Protocolos de Middleware

Exemplo de Serialização em Java

```
public class Nodo implements Serializable {  
    Vector filhos;  
    Nodo pai;  
    String nome;  
    public Nodo(String s) {  
        filhos = new Vector(5);  
        nome = s;  
    }  
    public void addFilho(Nodo n) {  
        filhos.addElement(n);  
        n.pai = this;    }  
}
```

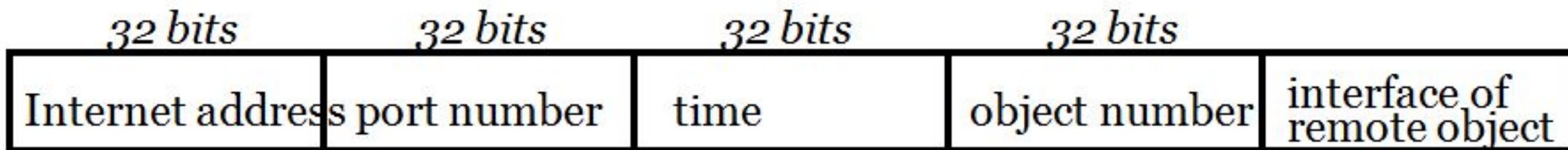
Exemplo de Serialização em Java com sockets - Cliente

```
cliente = new Socket(host, port);  
Nodo top = new Nodo("topo");  
top.addFilho(new Nodo("filho1"));  
top.addFilho(new Nodo("filho2"));  
ObjectOutput out = new  
ObjectOutputStream(cliente.getOutputStream());  
out.writeObject(top);  
out.flush();
```

Exemplo de Serialização em Java com sockets - Servidor

```
socket = server.accept();  
out = new ObjectOutputStream(socket.getOutputStream());  
in = new ObjectInputStream(socket.getInputStream());  
Nodo n = (Nodo)in.readObject();  
n.addFilho(new Nodo("servidor"));  
out.writeObject(n);  
out.flush();
```

Como endereçar objetos remotos?



Métodos em detalhes

```
public byte[] doOperation (RemoteRef s, int operationId, byte[] arguments)
```

//Envia uma mensagem de requisição para um objeto remoto e retorna resposta. Os argumentos especificam o objeto remoto, o método a ser invocado e os argumentos desse método.

```
public byte[] getRequest ();
```

//Lê uma requisição de cliente por meio da porta de servidor.

```
public void sendReply (byte[] reply, InetAddress clientHost, int clientPort);
```

//Envia a mensagem de resposta para o cliente em seu endereço IP e porta.

Métodos em detalhes

<i>messageType</i>
<i>requestId</i>
<i>remoteReference</i>
<i>operationId</i>
<i>arguments</i>

<i>int (0=Request, 1= Reply)</i>
<i>int</i>
<i>RemoteRef</i>
<i>int or Operation</i>
<i>array of bytes</i>

O que muda em relação a uma invocação local?

- Identificadores de mensagem;
- Modelo de falhas do protocolo requisição-resposta;
- Timeouts;
- Descartando mensagens de requisição duplicadas;
- Perda de mensagens de resposta;
- Histórico.

Exemplo de Histórico

Nome	Mensagem enviada pelo cliente		
	Cliente	Servidor	Cliente
R	Request		
RR	Request	Reply	
RRA	Request	Reply	Acknowledge reply

Requisição-Resposta (Request-Reply)

Request-reply communication

Request-reply message structure

messageType	<i>int (0=Request, 1= Reply)</i>
requestId	<i>int</i>
remoteReference	<i>RemoteRef</i>
operationId	<i>int or Operation</i>
arguments	<i>// array of bytes</i>

- doOperation bloqueia a execução até o recebimento do reply
- getRequest é método invocado pelo servidor para descobrir e executar a operação
- sendReply é método invocado para enviar o resultado da operação

HTTP um exemplo de Requisição-Resposta

Figure 5.6 HTTP *Request* message

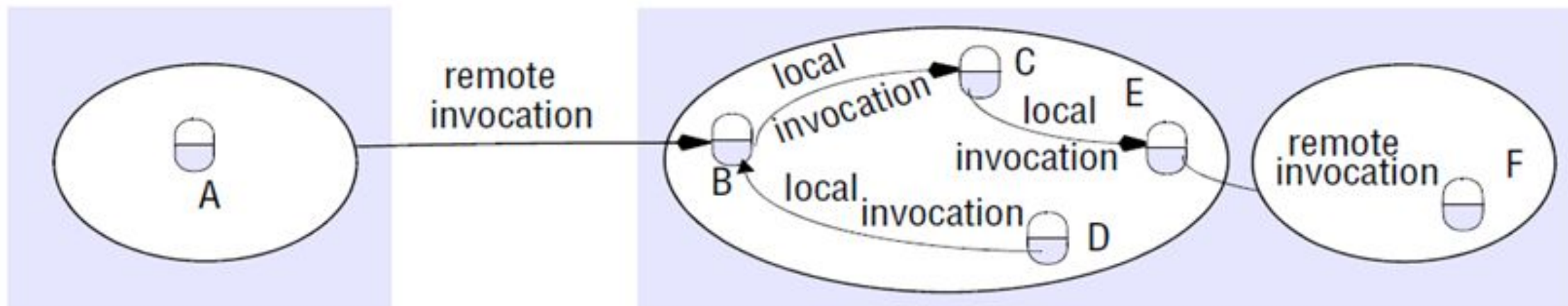
<i>method</i>	<i>URL or pathname</i>	<i>HTTP version</i>	<i>headers</i>	<i>message body</i>
GET	http://www.dcs.qmul.ac.uk/index.html	HTTP/ 1.1		

HTTP *Reply* message

<i>HTTP version</i>	<i>status code</i>	<i>reason</i>	<i>headers</i>	<i>message body</i>
HTTP/1.1	200	OK		resource data

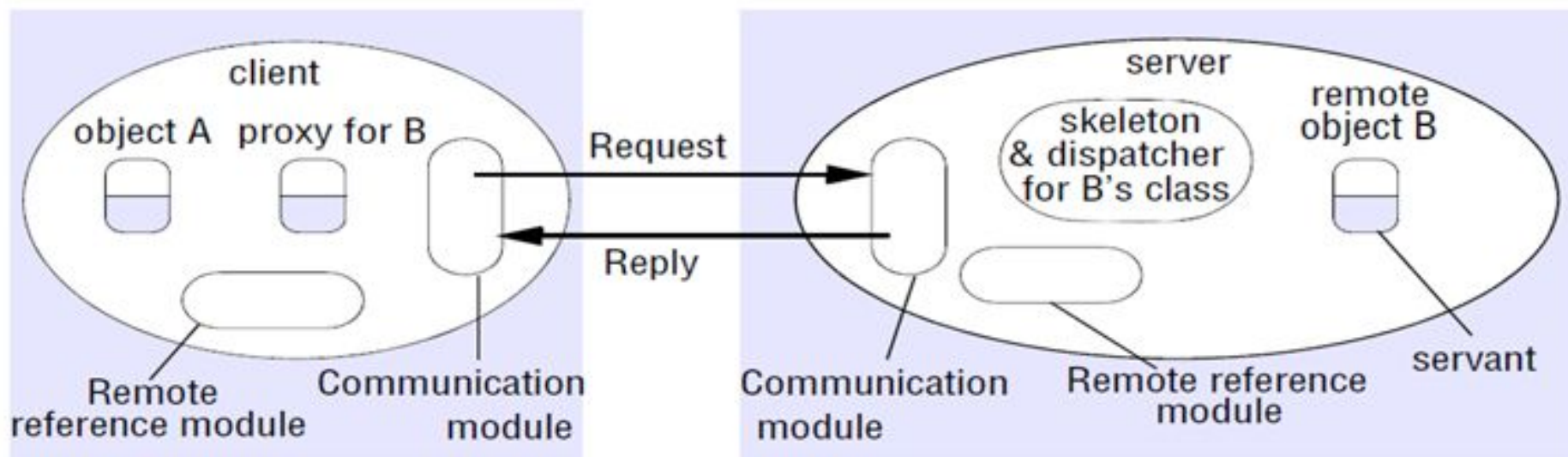
RMI – Remote Method Invocation

- Procedimento passível de invocação remota
 - Uso de uma IDL (Interface Description Language) para descrever a interface
- Referências via stubs
 - doOperation, getRequest and sendReply



RMI – Remote Method Invocation

- Procedimento passível de invocação remota
 - Uso de uma IDL (Interface Description Language) para descrever a interface
- Referências via stubs
 - doOperation, getRequest and sendReply



Interfaces em SD

- Os mecanismos de passagem de parâmetros (por exemplo, chamada por valor e chamada por referência) não são convenientes para processos diferentes.
- Variáveis do tipo ponteiros de um processo não são válidas em outro processo remoto.

Interfaces em SD

- Interfaces usadas no RPC e RMI:
 - Interfaces de serviço: no modelo cliente-servidor, cada servidor fornece um conjunto de procedimentos que estão disponíveis para uso pelos clientes.
 - Interfaces remotas: no modelo de objeto distribuído, uma interface remota especifica os métodos de um objeto que estão disponíveis para invocação por parte dos objetos de outros processos.

Interfaces em SD

- As linguagens de definição de interface (IDLs) são projetadas para permitir que objetos implementados em linguagens diferentes invoquem uns aos outros.
- Uma IDL fornece uma notação para definir interfaces, na qual cada um dos parâmetros de um método pode ser descrito como sendo de entrada ou saída, além de ter seu tipo especificado.

Interfaces em SD - Exemplo de IDL do CORBA

```
// Arquivo de entrada Person.idl  
struct Person {  
    string name;  
    string place;  
    long year;  
} ;  
  
interface PersonList {  
    readonly attribute string listname;  
    void addPerson(in Person p) ;  
    void getPerson(in string name, out Person p);  
    long number();  
};
```

Interfaces em SD - Exemplo de IDL do Android

```
package com.marakana;  
  
// Declare the interface.  
interface IAdditionService {  
    // You can pass values in, out, or inout.  
    // Primitive datatypes (such as int, boolean, etc.) can only be passed  
    in.  
    int add(in int value1, in int value2);  
}  
  
//Arquivo AIDL
```

Interfaces em SD - Exemplo em WSDL

```
▼<wsdl:definitions xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/" xmlns:tm="http://microsoft.
  xmlns:soapenc="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/" xmlns:mime="http://schemas.xmlsoap.org
  xmlns:s="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:soap12="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap12/
  xmlns:wsdl="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/" targetNamespace="http://www.webserviceX.NET">
  ▼<wsdl:types>
    ▼<s:schema elementFormDefault="qualified" targetNamespace="http://www.webserviceX.NET">
      ▼<s:element name="GetWeather">
        ▼<s:complexType>
          ▼<s:sequence>
            <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="CityName" type="s:string"/>
            <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="CountryName" type="s:string"/>
          </s:sequence>
        </s:complexType>
      </s:element>
      ▼<s:element name="GetWeatherResponse">
        ▼<s:complexType>
          ▼<s:sequence>
            <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="GetWeatherResult" type="s:string"/>
          </s:sequence>
        </s:complexType>
      </s:element>
      ▼<s:element name="GetCitiesByCountry">
        ▼<s:complexType>
          ▼<s:sequence>
            <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="CountryName" type="s:string"/>
          </s:sequence>
        </s:complexType>
      </s:element>
    </s:schema>
  </wsdl:types>
</wsdl:definitions>
```

Comunicação entre objetos distribuídos

Conceitos comuns de OO

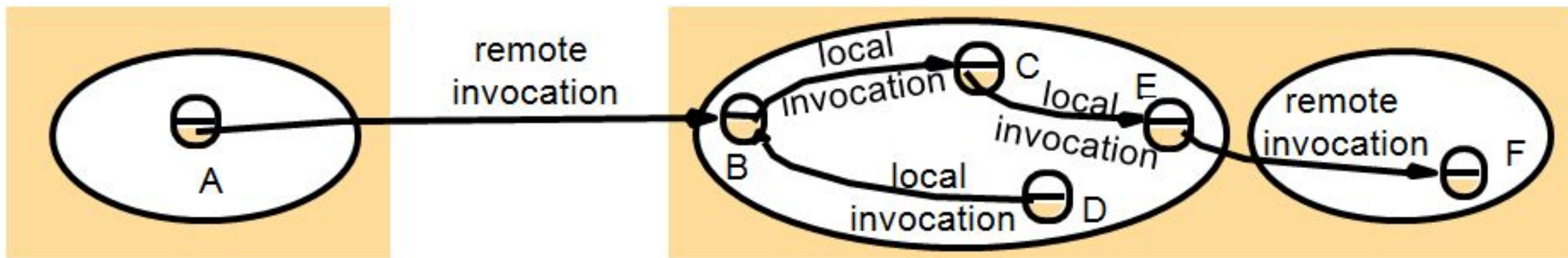
- Referências a objetos
- Interfaces
- Ações executadas por métodos
- Exceções
- Garbage collector
 - O que deveria mudar ou ser estendido em um SD?

Comunicação entre objetos distribuídos

- Os sistemas de objetos distribuídos podem adotar a arquitetura cliente-servidor. Nesse caso, os objetos são gerenciados pelos servidores e seus clientes invocam seus métodos usando invocação e método remoto, RMI.

Comunicação entre objetos distribuídos

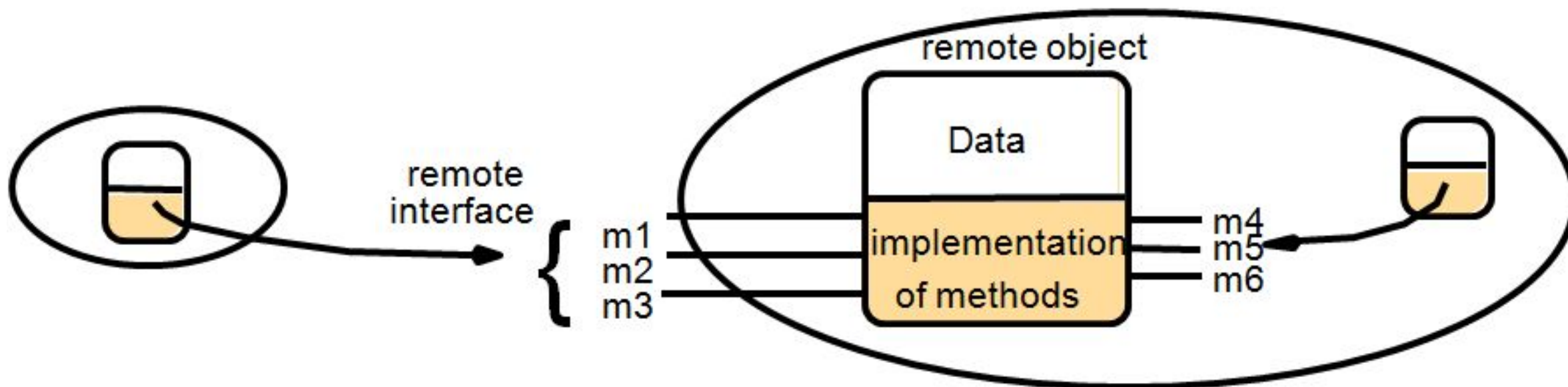
- Cada processo contém um conjunto de objetos, alguns dos quais podem receber invocações locais e remotas.



Comunicação entre objetos distribuídos

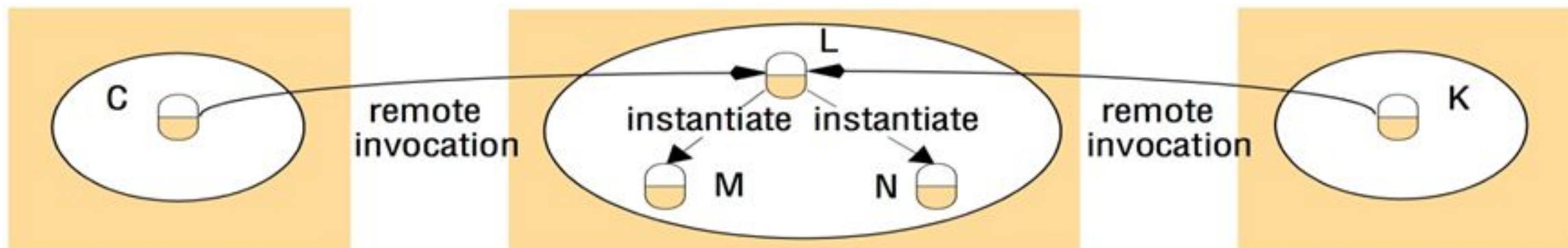
- Referências de objeto remoto: A noção de referência de objeto é estendida para permitir que qualquer objeto que possa receber uma RMI tenha uma referência de objeto remoto
- Interfaces remotas: A classe de um objeto remoto implementa os métodos de sua interface remota, por exemplo, como métodos de instância públicos em Java.

Comunicação entre objetos distribuídos



Comunicação entre objetos distribuídos

- Ações em um sistema de objeto distribuído: Uma ação é iniciada por uma invocação a método, a qual pode resultar em mais invocações a métodos em outros objetos e inclusive a criação de novos objetos.



Comunicação entre objetos distribuídos

- **Coleta de lixo em um sistema de objeto distribuído:** Se uma linguagem, por exemplo Java, suporta coleta de lixo, então qualquer sistema RMI associado deve permitir a coleta de lixo de objeto remotos.
- **Exceções:** A invocação a método remoto deve ser capaz de lançar exceções, como timeouts, causados pelo envio de mensagens.

Semântica de Invocação RMI

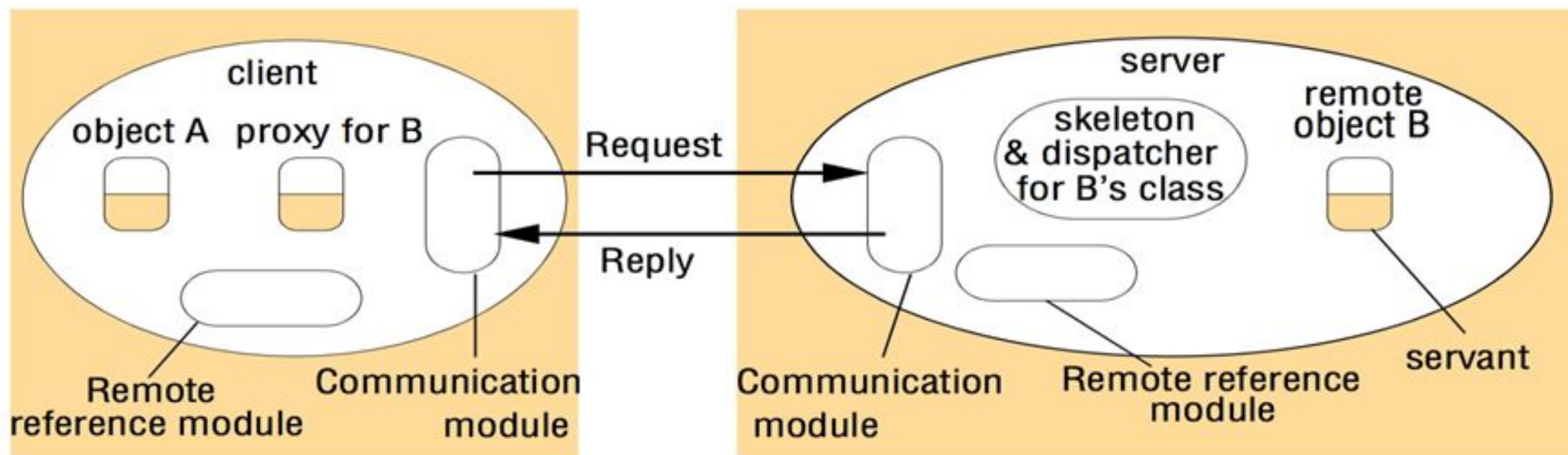
- Semântica de invocação talvez
 - com a semântica de invocação talvez, o método remoto pode ser executado uma vez ou não ser executado.
- Semântica de invocação pelo menos uma vez
 - o invocador recebe um resultado quando o método foi executado pelo menos uma vez, ou recebe uma exceção.
- Semântica de invocação no máximo uma vez
 - Ideal para operações que não são idempotentes

Semântica de Invocação RMI

- Entretanto, as invocações remotas são mais vulneráveis à falhas do que as locais, pois envolvem a rede, outro computador e outro processo. Qualquer que seja a semântica de invocação escolhida, há sempre a chance de que nenhum resultado seja recebido.

Implementação de RMI

- Vários objetos e módulos separados estão envolvidos na realização de uma invocação a método remoto.



Implementação de RMI

- **Proxy:** a função de um proxy é tornar a invocação a método remoto transparente para os clientes, comportando-se como um objeto local para o invocador.
- **Despachante:** um servidor tem um despachante e um esqueleto (Skeleton) para cada classe que representa um objeto remoto.
- **Servant:** o objeto real compartilhado

Lista de Implementações

- RMI Java
 - <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/tech/index-jsp-138781.html>
- DRB – Distributed System for Ruby
 - <http://ruby-doc.org/stdlib-1.9.3/libdoc/drb/rdoc/DRb.html>
- .NET Framework
 - [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/kwdt6w2k\(VS.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/kwdt6w2k(VS.85).aspx)
- PYRO (PYthon Remote Objects)
 - <https://pythonhosted.org/Pyro/1-intro.html>
- RMI.js Javascript RMI
 - <https://github.com/mmarcon/rmi.js>

Java RMI

- Conceitos e Exemplo de Código
- Interface Remote
- RMIRegistry
- SecurityManager
- Naming and Binding
- Callback

Naming e Binding

- Naming
 - Forma pela qual os objetos remotos associam nomes (identificadores) a si mesmos, fazendo que clientes possam procurá-los através destes nomes
- Binding
 - Maneira pela qual clientes conseguem as referências de objetos remotos e podem, então, chamar seus métodos

Método Convencional

- Uso de um servidor (serviço) de nomes
 - Objetos servidores registram suas referências no SN de modo que objetos clientes possam encontrá-los e utilizarem seus serviços
 - Objetos clientes acessam este serviço e buscam as referências de seus servidores através de um identificador (nome)
 - Após encontrar as referências, começa a interação entre cliente e servidor

Método Convencional para RMI

- Uso de um serviço de nomes
 - `rmiregistry`
- Objetos servidores registram-se neste servidor
 - Extender a classe `UnicastRemoteObject`
 - `Naming.rebind(String, Objeto)`
- Objetos clientes buscam referências de servidores no SN;
 - `Naming.lookup(String)`

Porém, existem outras formas...

- `rmiregistry` utiliza um classe definida na API java
 - Classe `java.rmi.registry.Registry`
 - Interface que implementa as funções de `bind()`, `unbind()`, `lookup()` e `list()`;
- Com isso, é possível dentro de um código Java, lançar o Serviço de Nomes
 - Uso da classe `java.rmi.registry LocateRegistry`
 - Classe que serve para criar ou obter a referência a um SN, um `Registry`

LocateRegistry

- Para criar o Registry
 - `LocateRegistry.createRegistry(int Porta);`
- Para obter o Registry (caso este já tenha sido criado)
 - `LocateRegistry.getRegistry(1099);`

Usando a Classe LocateRegistry

- Código geral:

```
Registry reg=null;
try {
    System.out.println("Creating registry...");
    reg = LocateRegistry.createRegistry(1099);
} catch (Exception e) {
    try {
        reg = LocateRegistry.getRegistry(1099);
    } catch (Exception e) {
        System.exit(0);
    }
}
```

Classe UnicastRemoteObject

- Classe que implementa um objeto servidor não replicado
 - Faz a implementação de vários métodos (hashCode, equals, toString) para Objetos Remotos
- Porém, não obrigatoriamente é necessário estender tal classe
 - Importante é chamar o método estático `exportObject()`, geralmente no construtor da classe;

```
RemoteStub rstub = UnicastRemoteObject.exportObject(objetoRemoto)
```

Classe UnicastRemoteObject

- Mais sobre o método `exportObject`.
 - O parâmetro deve direta ou indiretamente implementar a interface `java.rmi.Remote`
- O Objeto é colocado numa porta anônima (acima de 1023)
 - Caso queira-se colocar o objeto em uma porta específica, deve-se usar outra versão do método `exportObject()`
 - `exportObject(ObjetoRemoto, Porta)`
 - Geração automática do STUB

Classe UnicastRemoteObject

- Importante sobre esta abordagem
 - Nesta caso, o objeto não está colocando uma referência sua para acesso no SN
- O método `exportObject()` :
 - Coloca o *skeleton* associado ao Objeto em um porta para ser usado por clientes;
 - O stub retornado pelo método pode ser utilizando para registrar o Objeto no serviço de nomes

STUB

- O "stub" funciona semelhante a um **proxy** para o objeto remoto. Quando um objeto local invoca um método num objeto remoto, o "stub" fica responsável por enviar a chamada ao método para o objeto remoto.
- Passos do "stub" quando é invocado
 - Iniciar conexão com a "Virtual Machine" que contém o objeto remoto.
 - Escrever e transmitir os parâmetros para a "Virtual Machine" remota.
 - Esperar pelos resultados da invocação do método.
 - Ler os resultados retornados.
 - Retornar os valores ao objeto que executou a chamada .

Skeletons

- Na "Virtual Machine" remota, cada objeto deve ter um "skeleton" correspondente ao "stub". O "skeleton" é responsável por enviar a chamada ao objeto remoto.
- Passos do "skeleton" quando recebe uma chamada:
 - Ler os parâmetros enviados pelo "stub"
 - Invocar o método no objeto remoto
 - Escrever e transmitir o resultado ao objeto que executou a chamada

Classe Naming

- Classe estática responsável pela ligação entre objetos clientes e servidores, através do Serviço de Nomes
- Principais métodos
 - `bind(String name, Remote obj)`
 - `list(String name)`
 - `lookup(String name)`
 - `rebind(String name, Remote obj)`
 - `unbind(String name)`

Classe Naming

- Uso da classe Registry para as ligações entre os objetos e o SN
- Exemplo:

```
public static void rebind(String url, Remote obj) {  
    Registry reg=LocateRegistry.getRegistry();  
    Registry reg=LocateRegistry.getRegistry(url,port);  
    reg.rebind(url,obj);  
}
```

Unindo as partes – Interface Remota

```
//Classe compartilhada pelo cliente e pelo servidor

package example.hello;

import java.rmi.Remote;
import java.rmi.RemoteException;

public interface Hello extends Remote {

    String sayHello() throws RemoteException;

}

//Objeto remoto real

public class Server implements Hello {

    public Server() {}

    public String sayHello() {

        return "Hello, best students are in SMD!";

    }

    ...
}
```

Unindo as partes – Servidor

```
public static void main(String args[]) {  
    Server obj = new Server();  
    Hello stub = (example.hello.Hello) UnicastRemoteObject.exportObject(obj,0);  
    // Bind the remote object's stub in the registry  
    Registry reg=null;  
    try {  
        System.out.println("Creating registry...");  
        reg = LocateRegistry.createRegistry(1099);  
    } catch(Exception e){  
        try {  
            reg = LocateRegistry.getRegistry(1099);  
        } catch(Exception ee){  
            System.exit(0); }  
    }  
    reg.rebind("HelloService", stub);  
}
```

Unindo as partes – Cliente

```
public static void main(String[] args) {  
    String host="localhost";  
    try {  
        Registry registry = LocateRegistry.getRegistry(host);  
        Hello stub = (Hello) registry.lookup("HelloService");  
        if (stub!=null){  
            String response = stub.sayHello();  
            System.out.println("response: " + response);  
        }  
    } catch (Exception e) {  
        System.err.println("Client exception: " + e.toString());  
        e.printStackTrace();  
    }  
}
```

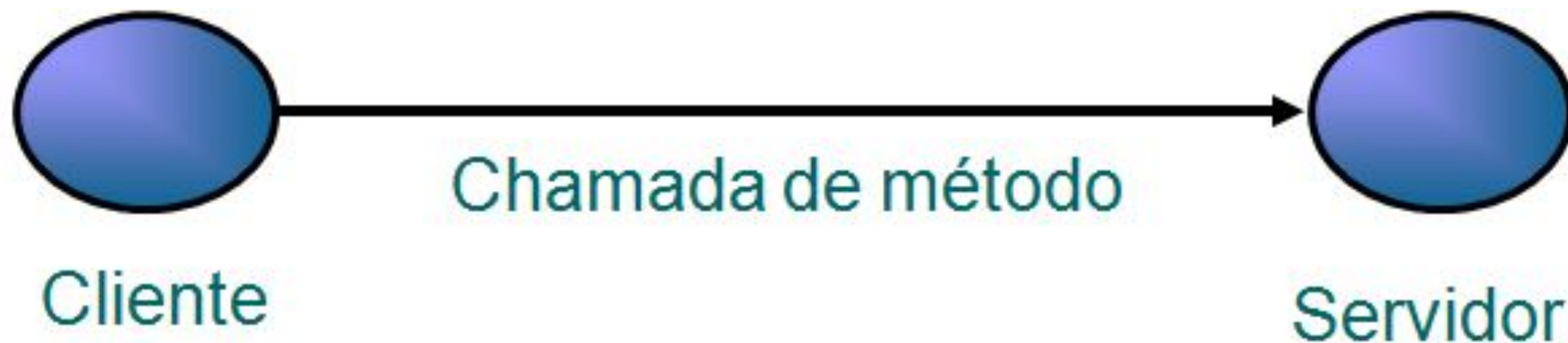
Exercício

1. Implementem o Cliente e o Servidor dos slides
 - <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/tech/index-jsp-138781.html>
 - <http://www.devmedia.com.br/uma-introducao-ao-rmi-em-java/28681>
 - <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/rmi/overview.html>
2. Implemente um objeto que captura informações sobre o computador em que executa (IP, Versão do S.O.;). Em seguida, construa um cliente RMI para ele.
 - InetAddress
 - <http://download.java.net/jdk7/archive/b123/docs/api/java/net/InetAddress.html>
 - System Properties
 - <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/environment/sysprop.html>
3. Crie um cascadeamento de objetos
 - A invoca B que invoca C onde B e C são objetos remotos

Callbacks

Introdução a Callbacks

- Aplicações convencionais
 - Objeto cliente, outro servidor
 - Papéis bem definidos
 - One-way interaction (Interação em único sentido)

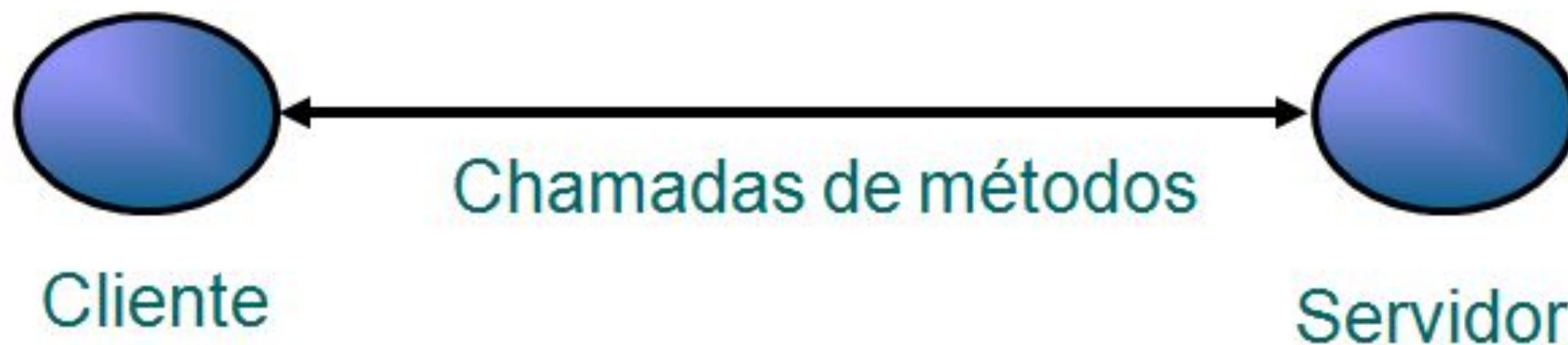


Introdução a Callbacks

- Certas aplicações mais complexas
 - Os papéis de cliente ou servidor não são muito claros
 - Inversão de papéis
 - Servidores podem necessitar fazer chamadas de métodos em seus clientes
 - Exemplos:
 - Relatório de erros ou problemas;
 - Atualização periódica & relatório de progresso;
 - Notificação de eventos
 - Mudança para a chamada “2-way interactions”
 - Interação em dois sentidos

Client-side Callback

- Define-se “Callback”, a invocação de um método do objeto cliente por parte do, outrora, objeto servidor.

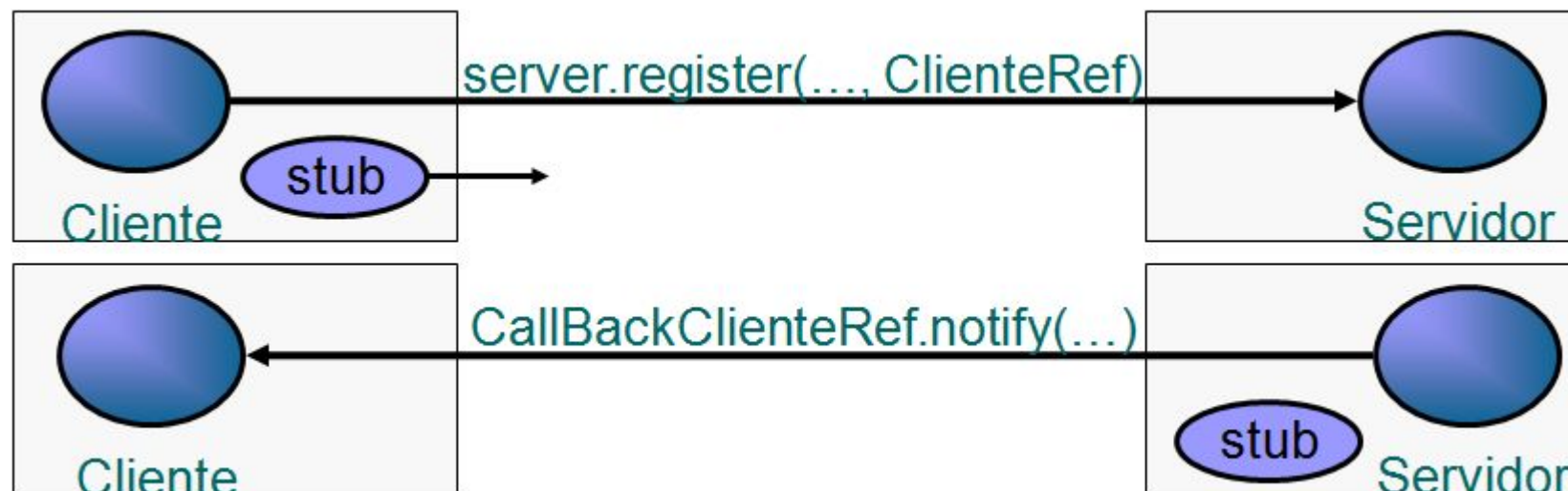


Suporte para Callback

- Basicamente, são necessários dois passos:
- 1º Passo: “cliente” deve transformar-se em “servidor”
 - Definição de interfaces do cliente
 - Devem-se ser criados stubs e skeletons (dinâmico a partir da versão 5.0 do Java)
 - Registrar-se num serviço de nomes para se habilitar a receber chamadas

Suporte para Callback

- Basicamente, são necessários dois passos:
- 1º Passo: “cliente” deve transformar-se em “servidor”
 - Definição de interfaces do cliente
 - Devem-se ser criados stubs e skeletons (dinâmico a partir da versão 5.0 do Java)
 - Registrar-se num serviço de nomes para se habilitar a receber chamadas
- 2º Passo: “cliente” deve fornecer ao servidor sua referência, no caso, seu stub



Callback em RMI

- Regras:
 - Cliente deve definir uma interface de seus serviços que implemente a Interface `java.rmi.Remote`
 - Cliente deve definir sua implementação que implemente a interface anteriormente definida
 - Cliente torna-se disponível como servidor (exportar sua interface como um servidor remoto):
 - Estender a classe `UnicastRemoteObject`
 - Usar o método `UnicastRemoteObject.exportObject (Remote)`
 - Passar a referência ao servidor

Tarefas de casa em RMI

- Uma aplicação com a seguinte arquitetura:
- Um servidor de mensagens (um chat);
- Clientes registram-se no servidor para receber mensagens;
- Clientes cadastram mensagens neste servidor;
- Servidor envia as mensagens cadastradas pelos clientes para todos os cadastrados;
- Servidor detecta a queda ou saída dos clientes

Outras opções de emulação

- Intel® Hardware Accelerated Execution Manager (Intel® HAXM)
 - Hypervisor que emula ou virtualiza diretamente no hardware imagens de ROMs de dispositivos Android
 - Faz uso das versões x86 dos dispositivo do Android SDK Manager
 - Aceleração na execução das aplicações e inicialização do emulador
- Microsoft Windows*
 - Windows® 10 (32/64-bit), Windows* 8 and 8.1 (32/64-bit), Windows* 7 (32/64-bit), Windows Vista* (32/64-bit)

Exercício

- Crie o primeiro projeto
- Configure e inicie um emulador
- Modifique as vários do arquivo String.xml e observe as novas execuções

Dúvidas?

