

# Sistemas de Objectos Distribuídos

**From: Coulouris, Dollimore and Kindberg**  
**Distributed Systems: Concepts and Design**

Edition 3, © Addison-Wesley 2001

**From: Wolfgang Emmerich**  
**Engineering Distributed Objects**

John Wiley & Sons, Ltd 2000

Paula Prata,

Departamento de Informática da UBI

<http://www.di.ubi.pt/~pprata>

# Sistemas de Objectos Distribuídos

1 – O modelo de objectos

2 – Invocação remota de objectos

(Remote Method Invocation)

2.1 – Semântica de invocação

2.2 – Implementação do RMI

3 – Caso de estudo – Java RMI

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## Evolução dos sistemas cliente-servidor

. O modelo clássico (pedido-resposta) começou por ser implementado por instruções de baixo nível

Ex. Sockets <- demasiado “complicado” para o comum dos programadores ...

. Com o aparecimento das linguagens procedimentais, passou-se à utilização do modelo de RPC (Remote Procedure Calling)

. O sucesso das linguagens OO motivou o aparecimento dos sistemas de Objectos Distribuídos

RMI – Remote Method Invocation

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## 1 - O modelo de Objectos

Pessoa cliente;

...

String morada = cliente.obtemMorada ()

*Esta variável (e programa) existem na máquina cliente*

*Num SD, o objecto cliente pode existir numa máquina remota (o servidor)*

*Ao ser enviada a mensagem obtemMorada ao objecto cliente, o sistema encarrega-se de obter os dados do cliente no servidor.*

## Referências para objecto locais

versus

## Referências para objectos remotos

. Num sistema OO os objectos são acedidos através das suas referências.

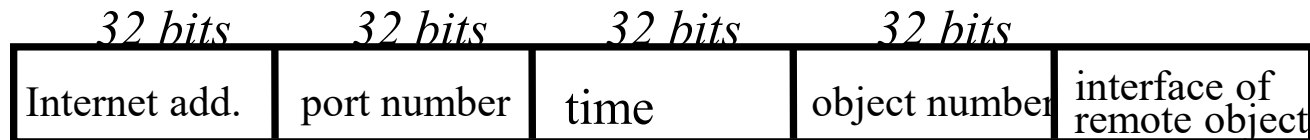
. Para invocar um método precisamos da referência do objecto, do nome do método e dos argumentos correspondentes.

. Referências, podem ser atribuídas a variáveis, passadas como argumentos e devolvidas como resultado de métodos.

## Referência remota

Identificador que pode ser usado no âmbito de um SD para se referir a um particular e único objecto remoto

(Acetato 42, T04)



# Sistemas de Objectos Distribuídos

## Referência remota ...

Referências remotas são idênticas a referências locais, nos seguintes aspectos:

- 1 – O objecto que recebe a invocação do método é especificado como o objecto local
- 2 – Referências remotas podem ser passadas como argumentos e resultados de invocação de métodos remotos

Passagem de parâmetros (entre processos diferentes)

*cópia versus referência*

- Tipos primitivos são passados por cópia

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## - Objectos remotos,

são passados por referência (são objectos de acesso global)

- Na prática, uma referência remota “aponta” para um objecto local que funciona como um proxy do objecto remoto
- Na passagem de um objecto remoto, é passado um proxy que é guardado na máquina receptora, e para o qual vão ser passadas as futuras invocações ao objecto

## - Objectos locais (*que implementem a interface `java.io.Serializable`*)

são passados por cópia (a referência não faz sentido na máquina remota)

- Do lado do receptor é criado um novo objecto que pode ser acedido localmente



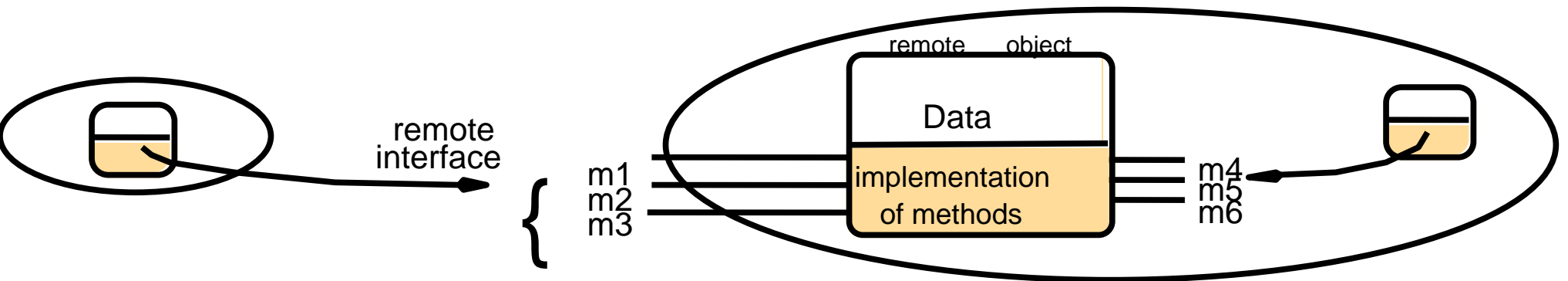
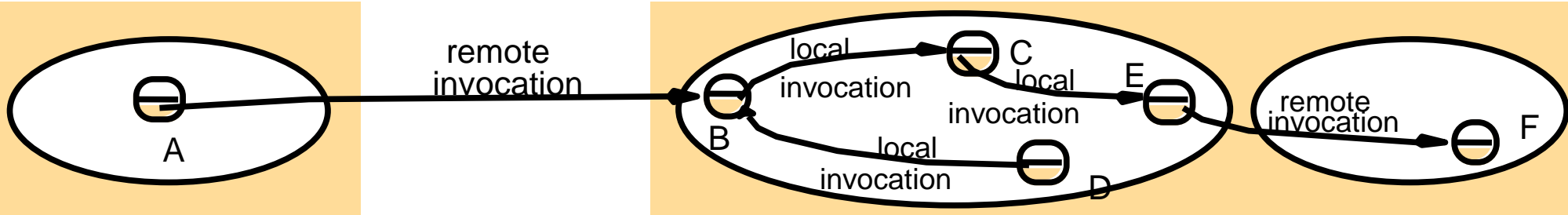
## Interface

- Especificação sintáctica de um conjunto de métodos.
- Uma classe que implemente a interface terá obrigatoriamente que implementar todos os métodos da interface.

## Interface remota

- Cada objecto remoto tem uma interface remota que especifica quais dos seus métodos podem ser invocados remotamente.

# Sistemas de Objectos Distribuídos



# Sistemas de Objectos Distribuídos

## Método locais

- A invocação de um método local resulta na execução do código correspondente no objecto receptor.
- No final o controlo de execução retorna ao objecto invocador.

A invocação de um método pode resultar em:

- o estado do método é alterado
- outras invocações, noutros objectos têm lugar

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## Método remotos

- A invocação de um método remoto pode resultar na invocação de outros objectos tal como numa invocação local.
- Eventualmente os objectos envolvidos podem existir em máquinas diferentes.
- Quando uma invocação atravessa a barreira de um processo ou computador, tem lugar uma invocação de um procedimento remoto (Remote Method Invocation – RMI)
- Para um objecto fazer uma invocação remota sobre um objecto tem que possuir a sua referência remota

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## Excepções locais

- Quando ocorre uma situação de erro (recuperável) é gerada uma excepção (pelo sistema de execução ou pelo próprio código do programador)
- É possível capturar uma excepção e transferir o controlo de execução para um bloco de código que tratará a condição de erro

## Excepções remotas

- Uma invocação remota além das excepções ocorridas no processo receptor, pode também gerar excepções devido a:
  - . erro na transmissão dos argumentos;
  - . o processo que contém o objecto remoto: - “falhou” (crashed),
    - está tão ocupado que não consegue responder;
  - . o resultado da invocação perdeu-se.

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## Reciclagem (Garbage Collection - GC)

Meio de libertar o espaço ocupado por objectos que já não são necessários.

*Java detecta automaticamente os objectos que já não são acessíveis*

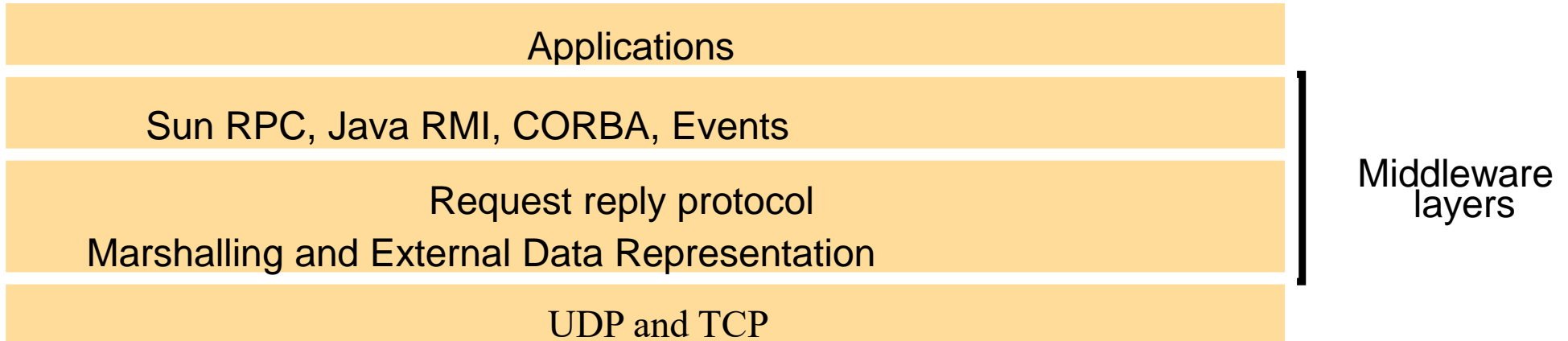
*Em C++ o programador é o responsável por libertar esse espaço de memória*

## Reciclagem de Objectos Distribuídos

- Extensão do GC tradicional
- Geralmente baseada em contagem de referências

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## 2 – Invocação remota de objectos



# Sistemas de Objectos Distribuídos

## RPC/RMI Middleware de utilização geral

### Common Object Request Broker Architecture (CORBA)

- Object Management Group (OMG)

### Distributed Component Object Model (DCOM)

- Microsoft

### Remote Procedure Call (RPC)

- Sun, DCE, ...

### Remote Method Invocation - RMI

- Java RMI (Sun)
- CORBA é um forma de RMI
- .NET Remoting

### Simple Object Access Protocol (SOAP)

- Microsoft, Sun, ...



# Sistemas de Objectos Distribuídos

## 2.1 – Semântica da invocação

| <i>Fault tolerance measures</i>   |                            |   | <i>Invocation semantics</i> |
|-----------------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|
| <i>Retransmit request message</i> | <i>Duplicate filtering</i> | <i>Re-execute procedure or retransmit reply</i> |                             |
| No                                | Not applicable             | Not applicable                                  | <i>Maybe</i>                |
| Yes                               | No                         | Re-execute procedure                            | <i>At-least-once</i>        |
| Yes                               | Yes                        | Retransmit reply                                | <i>At-most-once</i>         |

# Sistemas de Objectos Distribuídos

. Java RMI e CORBA fornecem “At-most-once” (no máximo uma vez)

O invocador ou recebe uma resposta e, nesse caso, sabe que o método foi executado uma única vez, ou recebe uma exceção o que significa que o método ou foi executado uma vez ou não foi executado.

. CORBA permite “maybe” (talvez) para métodos que não devolvem resultado

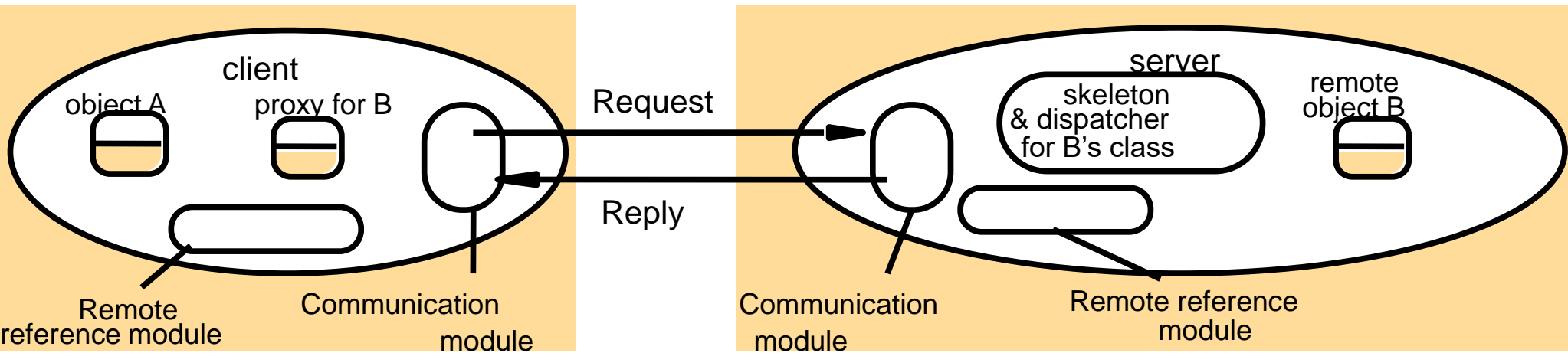
O invocador não sabe se o método foi ou não executado

. Sun RPC fornece “At-least-once” (pelo menos uma vez)

O invocador ou recebe uma resposta, nesse caso, sabe que o método foi executado pelo menos uma vez, ou recebe uma exceção informando que não foi recebido resultado, neste caso, o servidor pode ter falhado. Em qualquer dos casos, execuções repetidas podem ter originado valores errados.

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## 2.2 – Implementação do RMI



Um objecto A invoca um método no objecto remoto B

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## 2.2 – Implementação do RMI

### Módulo de Comunicação

- Implementa o protocolo pedido - resposta

### Módulo de Referência remota

- Mantém uma tabela de referências remotas, que contém a correspondência entre referências locais e remotas.
- A tabela do servidor conterà uma entrada para o objecto B
- A tabela do cliente conterà uma entrada para o proxy de B

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## 2.2 – Implementação do RMI ...

### O software RMI

- Camada de software entre a aplicação e os módulos de comunicação e referência

### Proxy

- Torna transparente a invocação do método remoto
- Recebe a invocação, serializa os argumentos e envia a invocação através do módulo de comunicação;
- Quando recebe o resultado, desserializa-o e envia-o ao objeto cliente.

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## 2.2 – Implementação do RMI ...

### Dispatcher

- Recebe o pedido do módulo de comunicação e encaminha-o para um skeleton.

### Skeleton

- desserializa os argumentos,
- invoca o método no objecto local,
- recebe o resultado,
- encaminha-o no sentido inverso.

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## 3 – Caso de estudo: Java RMI

### Construção de uma aplicação cliente-servidor em Java RMI

Suponhamos um objecto servidor que implementa uma calculadora simples

#### 1 – Definir a interface do objecto remoto

- . tem de ser definida como subinterface de **java.rmi.remote**
- . todos os métodos têm de lançar (throws) a excepção **java.rmi.remoteException**

#### 2 – Construir classe do Objeto Remoto (que implementa a interface remota)

- . o objecto remoto deve ser subclasse de **java.rmi.server.UnicastRemoteObject**
- e implementar a interface remota (definida em 1)

*Nota: qualquer classe usada como parâmetro ou resultado tem que ser serializável, i.e. implementar a interface `java.io.Serializable`*

## Sistemas de Objectos Distribuídos

3 – Caso de estudo: Java RMI ...

...

3 – Implementar o servidor

. Criar uma instância do objecto e ligá-la ao serviço de nomes - RMI Registry

4 – Desenvolver o cliente (programa ou applet) que usa a interface remota

5 – *Gerar stubs (proxies) e skeletons [java 8 – são gerados dinamicamente]*

6 – Iniciar o “RMI registry” (*se não foi criado no servidor*)

7 – Criar um ficheiro com política de segurança

8 – Executar o servidor e o cliente



# Sistemas de Objectos Distribuídos

1 – Interface do objecto remoto

```
public interface Calculator extends java.rmi.Remote {  
    public long add(long a, long b) throws java.rmi.RemoteException;  
    public long sub(long a, long b) throws java.rmi.RemoteException;  
    public long mul(long a, long b) throws java.rmi.RemoteException;  
    public long div(long a, long b) throws java.rmi.RemoteException;  
}
```

2 – Construir classe do Objeto Remoto

```
public class CalculatorImpl extends java.rmi.server.UnicastRemoteObject  
    implements Calculator {
```

```
// Implementations must have an explicit constructor in order to declare
```

```
//the RemoteException exception
```

```
    public CalculatorImpl() throws java.rmi.RemoteException {  
        super();  
}
```

# Sistemas de Objetos Distribuídos

## 2 – Implementar a interface remota

...

```
public long add(long a, long b) throws java.rmi.RemoteException {  
    return a + b;  
}  
public long sub(long a, long b) throws java.rmi.RemoteException {  
    return a - b;  
}  
public long mul(long a, long b) throws java.rmi.RemoteException {  
    return a * b;  
}  
public long div(long a, long b) throws java.rmi.RemoteException {  
    return a / b;  
}  
}
```

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## 3 – Implementar o servidor

*i) Criar um gestor de segurança e instalá-lo (!)*

*ii) Criar uma instância do objecto remoto*

*iii) Registrar o objecto remoto no serviço de nomes (!)*

```
import java.rmi.*;
```

```
public class CalculatorServer {
```

```
    public CalculatorServer() {
```

```
// i)
```

```
        System.setSecurityManager ( new SecurityManager());
```

```
        try {
```

```
// ii)
```

```
            Calculator c = new CalculatorImpl();
```

```
// iii)
```

```
            Naming.rebind("rmi://localhost:1099/CalculatorService", c);
```

```
        } catch (Exception e) {
```

```
            System.out.println("Trouble: " + e); } }
```

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## 3 – Implementar o servidor

...

```
public static void main(String args[]) {  
    new CalculatorServer();  
}  
}
```

### *Notas:*

- . Os objetos unicast são o tipo mais simples de objeto remoto.
- . Referências para ele são válidas apenas enquanto o processo que instanciou o objecto está a correr.
- . Comunicação cliente/servidor usa o protocolo TCP.

## Sistemas de Objectos Distribuídos

### 4 – Implementar o cliente

*i) Obter a referência do objecto a partir do serviço de nomes (RMI registry)*

. É necessário saber o nome da máquina e do objecto remoto

*ii) Invocar operações remotas (métodos no objecto remoto)*

. Podem gerar uma `java.rmi.RemoteException`

```
import java.rmi.Naming;
```

```
import java.rmi.RemoteException;
```

```
public class CalculatorClient {
```

```
    public static void main(String[] args) {
```

```
        try {
```

```
            Calculator c = (Calculator) Naming.lookup("rmi://remoteHost/CalculatorService");
```

# Sistemas de Objectos Distribuídos

## 4 – Implementar o cliente

...

```
System.out.println( c.sub(4, 3) );
```

```
System.out.println( c.add(4, 5) );
```

```
System.out.println( c.mul(3, 6) );
```

```
System.out.println( c.div(9, 3) );
```

```
}
```

```
catch (RemoteException re) {
```

```
System.out.println("RemoteException");
```

```
System.out.println(re.getMessage());
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

## Sistemas de Objectos Distribuídos

5 – Gerar stubs e skeletons

Java 8 – Não necessário

É necessário ainda,

- compilar o código: `javac *.java`

- gerar os stubs (proxies) e skeletons para os objectos remotos:

```
. rmic CalculatorImpl
```

Stubs e Skeltons são gerados, usando o compilador de rmi: `rmic`.

O `rmic` vai gerar dois ficheiros:

```
CalculatorImpl_Skell.class
```

```
CalculatorImpl_Stub.class
```

*Versão 8 - automático*

# Sistemas de Objectos Distribuídos

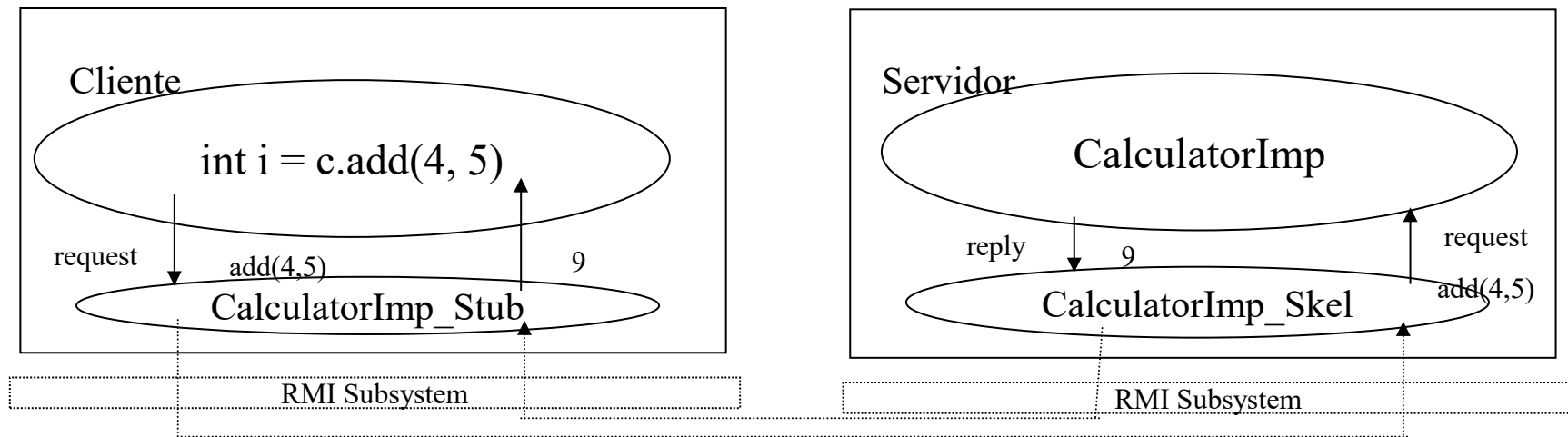
## 5 – Gerar stubs e skeletons ... **Java 8 – Não necessário**

Se o stub do cliente é gerado na máquina do servidor, o cliente pode obtê-lo através da rede:

```
. java -Djava.rmi.server.codebase=file://...
```

```
. java -Djava.rmi.server.codebase=http://...
```

```
. rmic -v1.2 ...
```





## Sistemas de Objectos Distribuídos

### 6 – Iniciar o “RMI registry”

Um cliente precisa de um meio para obter a referência do objecto remoto.

- Um serviço de nomes (“binder”) mantém uma tabela com a correspondência entre a referência remota do objecto e um nome textual (URL-style).
- O serviço de nomes é usado pelo servidor para registar os seus objectos remotos por um nome e pelo cliente para obter a referência remota para o objeto.

# Sistemas de Objectos Distribuídos

6 – Iniciar o “RMI registry” ...

O serviço de nomes do Java RMI é o RMI registry, baseado na interface `java.rmi.registry.Registry` que define as operações:

```
. void rebind (String nomeObjecto, Remote objecto);
```

```
// substitui a ligação para o nome especificado
```

```
. void unbind (String nomeObjecto)
```

```
// remove a referência do registo
```

```
. Remote lookup (String nomeObjecto)
```

```
// devolve a referência ligada ao nome especificado
```

```
. ...
```

## Sistemas de Objectos Distribuídos

### 6 – Iniciar o “RMI registry” ...

Para aceder ao endereço de um objecto no serviço de nomes precisamos:

- . O endereço da máquina que executa o RMIregistry, no qual o objecto remoto está registado
- . O porto onde o RMIregistry está à escuta (valor por omissão: 1099)
- . O nome que o objecto remoto tem no RMIregistry

[rmi:] [//] [nomeMaquina] [:port] [/nomeObjecto]

## Sistemas de Objectos Distribuídos

### 6 – Iniciar o “RMI registry” ...

Para podermos executar o servidor é necessário iniciar o RMIregistry:

- . rmiregistry & (unix)

- . start rmiregistry (windows)

`java.rmi.registry.LocateRegistry.createRegistry(1099);` (no código)

Acesso a um registry:

A classe `java.rmi.Naming` permite efectuar operações sobre um registry remoto (ac. 34)

## Sistemas de Objectos Distribuídos

7 – Criar um ficheiro com a politica de segurança

Em Java, através de um gestor de segurança (security manager) é possível controlar os privilégios do código a executar.

Um servidor só necessita de um security manager se houver transferência de objectos de uma máquina para outra

As permissões de um programa Java são especificadas num ficheiro de policy, por exemplo com:

```
java -Djava.security.policy = file:d:\My_work\RMICalculator\Calculator.policy
```

# Sistemas de Objectos Distribuídos

7 – Criar um ficheiro com a politica de segurança ...

Exemplo de um ficheiro de policy:

```
grant {  
// allows anyone to listen on un-privileged port  
permission java.net.SocketPermission "*:1024-65535", "listen,accept,connect";  
};
```

Clientes necessitam de permissão de connect

```
permission java.net.SocketPermission "localhost:1024-65535", "connect";
```

Servidores necessitam de permissão de accept e de connect para contactar o serviço de nomes

```
permission java.net.SocketPermission "remoteHost:1099", "accept,connect";
```

Perigoso:

```
permission java.security.AllPermission;
```

# Sistemas de Objectos Distribuídos

8 – Executar o servidor e o cliente

*.java CalculatorServer*

*.java CalculatorClient*

## Modelo de threading

A especificação do Java RMI não faz garantias sobre o modelo de threading ao servir invocações remotas:

- Uma única Thread pode ser usada para servir sucessivas invocações
- Pode ser usada uma Thread por invocação
- Na prática, invocações remotas que cheguem concorrentemente a um dado objecto são despachadas para Threads diferentes
- Implementações de objectos remotos **devem** fazer o controlo de concorrência