Il modello Java RMI

SCD

Anno accademico 2010/11
Sistemi Concorrenti e Distribuiti

Tullio Vardanega, tullio.vardanega@math.unipd.it

Architettura del modello – 1

- **Oggetto remoto come sola unità di distribuzione**
  - **L'interfaccia può essere resa accessibile a processi remoti**
  - **Lo stato risiede sempre su un singolo nodo**
- **Oggetto remoto ≠ oggetto locale**
  1) **Rispetto alla clonazione**
     - Solo il suo *servant* (servente di oggetto) può clonare un oggetto remoto
       - L'oggetto viene creato nello spazio di indirizzamento del *servant*
     - Ma i *proxy* dell'oggetto remoto originale **non** vengono clonati
     - Il cliente che volesse utilizzare il clone deve localizzarlo come tale e connettersi esplicitamente

Architettura del modello – 2

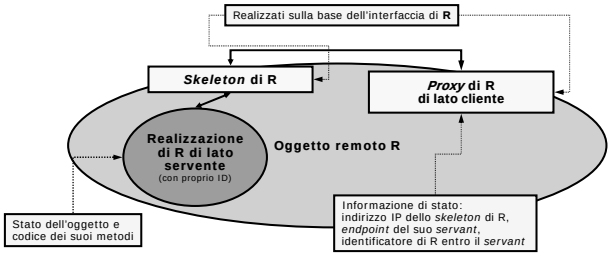
- **Oggetto remoto ≠ oggetto locale (cont.)**
  2) **Rispetto alla mutua esclusione**
     - La presenza di metodi **`synchronized`** su un oggetto remoto **non** garantisce mutua esclusione tra processi clienti che risiedano su nodi **distinti**
     - Ogni *proxy* di oggetto remoto garantisce infatti mutua esclusione **solo** ai processi che risiedano sullo stesso nodo del *proxy*
  3) **Rispetto ai parametri passati ai metodi**
     - Il tipo dell'oggetto passato come parametro a RMI deve permettere *marshalling* e *unmarshalling* → deve essere di tipo **`serializable`**
       - Tutti tranne i tipi che dipendono dall' istanza di JVM (p.es. Thread, descrittori di *file, socket*) o che sono inerentemente "insicuri" (p.es. FileInputStream)
  4) **Rispetto al passaggio dell'oggetto come parametro**
     - Oggetto locale → per valore (con la modalità ***deep copy*** di Java)
     - Oggetto remoto → per riferimento

Architettura del modello – 3

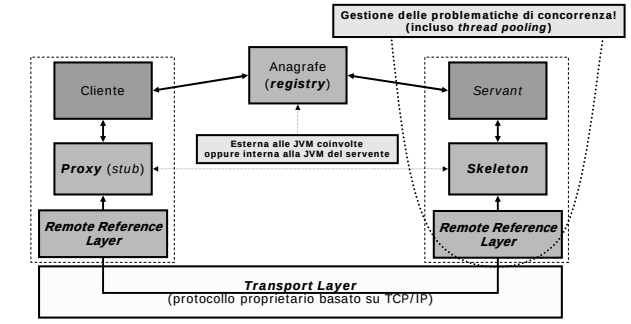
- **Oggetto remoto e locale sono indistinguibili a meno delle 4 differenze citate**
- **Riferimento all'oggetto remoto**
  - **Indirizzo IP del nodo di residenza dello *skeleton*, *endpoint* del servente, modalità di comunicazione (*protocol stack*)**
    - Usato dal *proxy* (chiamato *stub* dallo standard Java)
  - **Identificatore locale dell'oggetto nello spazio del servente**
    - Usato esclusivamente dal lato servente

Architettura del modello – 4

Il *proxy* converte ogni invocazione di metodo di R in un messaggio di livello *socket* inviato attraverso una connessione TCP temporanea verso il nodo destinatario (oppure utilizzandone una esistente) identificando l'oggetto remoto con un identificatore unico assegnato dal ***Remote Reference Layer***



Architettura del modello – 5



Architettura del modello – 6

- ***Proxy*** **e** ***skeleton*** **si fanno carico trasparentemente del** ***marshalling*** **e dell'** ***unmarshalling*** **tramite meccanismi nativi di "serializzazione"**
  - **writeObject() → metodo di ObjectOutputStream**
  - **readObject() → metodo di ObjectInputStream**
- **Solo per istanze di oggetti "serializzabili"**
  - **Non viene trasferito l'oggetto ma solo le informazioni che ne caratterizzano l'istanza così da poterla riprodurre a destinazione**
    - Né stato (`static`, `transient`) né costanti né metodi
    - Serve poter accedere al `.class` originario!
  - **Oggetti parametro e tipi primitivi sono passati per** ***deep copy***
    - Tranne quelli strettamente legati al nodo di residenza (p.es. il *servant*) che sono passati esclusivamente per riferimento

Architettura del modello – 7

- **Il** ***proxy*** **stesso è serializzabile**
  - **Può essere passato come parametro (per valore) e usato dal ricevente come riferimento all'oggetto remoto**
  - **Poiché tutto esegue su JVM standard non occorre copiare il codice del** ***proxy*** **presso il cliente → basta indicare le classi che occorrono per rigenerarlo a destinazione**
    - Mobilità **forte** rispetto allo stato
    - Legame **debole** rispetto al codice come risorsa (*binding by value*)
- **L'uso di RMI consente migrazione di copia del** ***proxy*** **verso il chiamante**

Architettura del modello – 8

- **Il** ***proxy*** **riceve la chiamata del cliente**
  - **La "reifica" (serializzandola)**
  - **E poi la invia al suo RRL tramite il metodo `invoke()` di `java.rmi.server.RemoteRef`**
- **Lo** ***skeleton*** **riceve la chiamata remota come parametro del metodo `dispatch()` invocato dal suo RRL**
  - **La deserializza**
  - **E poi la effettua localmente al (riferimento del)** ***servant***

A look under the hood – 1

1. **The servant creates an instance of the remote object which extends UnicastRemoteObject**
2. **The constructor for UnicastRemoteObject makes the remote object able and available to service incoming RMI calls**
   - **A TCP socket bound to an arbitrary port number is created**
   - **A thread is also created to listen for connections on that socket**
3. **The servant registers the remote object with the RMI registry handing it the corresponding stub (proxy)**
   - **The stub contains the information needed to "call back" to the servant when it is invoked**

A look under the hood – 2

4. **A client obtains the stub by calling the RMI registry**
   - **If the server specified a "codebase" for clients to obtain the classfile for the stub that information will also be passed to the client via the registry**
   - **The client can then use the codebase to resolve the stub class to load the stub classfile**
   - **All the RMIRegistry does is to hold onto remote object stubs to hand them off to clients when requested**

A look under the hood – 3

5. **When the client issues an RMI to the servant the stub class creates a "RemoteCall"**
   - **This opens a socket to the servant on the port specified in the stub and sends the RMI header information to it**
6. **The stub class marshals the arguments over the connection by using RemoteCall methods which serializes them into a Java object**
7. **The stub class calls RemoteCall.executeCall to cause the RMI to happen**

A look under the hood – 4

8. **When a client connects to the servant's socket a new thread is forked on the servant's side to service the incoming call**
   - **The original thread can continue listening to the original socket so that new calls from other clients can be made**
9. **The servant reads the RMI header information and creates a RemoteCall to unmarshal the incoming RMI arguments**
10. **The servant calls the "dispatch" method of the skeleton class which calls the target method on the object and pushes the result back to the socket**
11. **On the client side the return value of the RMI is unmarshaled and returned from the proxy back to the client code**

Utilizzo del modello – 1

- **L'oggetto remoto deriva da una interfaccia pubblica che estende `java.rmi.Remote`**

```
import java.rmi.*;
public interface Echo extends Remote {
  String call (String message) throws RemoteException;}
```

- **Ogni suo metodo può emettere eccezione `java.rmi.RemoteException`**
  - **Semantica *at-most-once***
- **Ogni uso dell'oggetto come argomento o valore di ritorno ha il tipo dell'interfaccia e non della sua realizzazione concreta**

Utilizzo del modello – 2

- **Il *servant* dell'oggetto remoto deve**
  - **Estendere `java.rmi.UnicastRemoteObject`**
  - **Fornire implementazione dei metodi dell'oggetto**
  - **Definire esplicitamente un costruttore che possa emettere eccezione `java.rmi.RemoteException`**

Invocabile **solo** localmente al nodo di residenza del *registry*!

```
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.*
public class EchoServer extends UnicastRemoteObject implements Echo{
  public EchoServer( String name ) throws RemoteException {
   Naming.rebind (name, this); }
  public String call (String message) throws RemoteException {
   return "From EchoServer:- message: [" + message + "]"; }
  public static void main (String args[]) {
   // il main è nel servente, che può anche essere distinto dalla
   // classe che realizza l'oggetto remoto }
```


Utilizzo del modello – 3

- **La logica del servente è specificata nel suo `main` che crea istanze dell'oggetto remoto**
- **Ogni istanza deve essere registrata presso l'anagrafe degli oggetti remoti del nodo che viene mantenuto da un processo dedicato (`rmiregistry`)**
  - `Naming.bind` **lega un nome (stringa URL) all'oggetto remoto (al suo riferimento) in una associazione unica e non modificabile**
  - `Naming.rebind` **crea una nuova associazione (nome, riferimento) anche sovrascrivendo quella precedente**
- **Il gestore del registro (*name server* locale) ascolta su una porta assegnata (*default*: 1099)**

Utilizzo del modello – 4

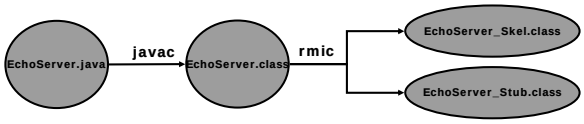
- **Il *name server* può essere attivato a parte**
  - `start rmiregistry [`*`portnumber`*`]` ← **Win32**
  - `rmiregistry [`*`portnumber`*`] &` ← **GNU/Linux**
- **Una singola istanza di *NS* opera per conto di tutti i serventi di oggetti remoti del nodo**
- **Le varie componenti (interfaccia, oggetto remoto, servente, cliente) vengono compilate in 2 fasi distinte → `javac` e `rmic`**

Utilizzo del modello – 5

- **Il cliente dell'oggetto remoto**
  - **Fa *look-up* presso il NS locale tramite**
    - `Naming.lookup (String name)`
      - ***name*** **è l'URL della specifica dell'oggetto remoto** (la sua interfaccia pubblica) presso il nodo e **la porta** dove è in ascolto il NS
  - **Ottenendo un riferimento con il tipo dell'interfaccia e non della classe che lo realizza!**
- **Da ora in avanti l'oggetto remoto è indistinguibile da uno locale**

Utilizzo del modello – 6

- `rmic` (compilatore Java RMI) 1/2
  - Genera *stub* e *skeleton* per oggetti remoti a partire dalle classi compilate che ne contengono la realizzazione
  - Le classi compilate di partenza devono essere identificate rispetto ai *package* che le contengono



Utilizzo del modello – 7

- `rmic` (compilatore Java RMI) 2/2
  - Lo *skeleton* è una entità di lato servente che contiene un metodo che recepisce le chiamate remote all'oggetto e le indirizza verso la sua istanza concreta
    - Il protocollo utilizzato è specifico di Java RMI (**JRMP**)
  - Lo *stub* è il *proxy* dell'oggetto remoto che indirizza le chiamate a esso verso il servente corrispondente
    - Il riferimento all'oggetto remoto in possesso del cliente riferisce in realtà lo *stub* dell'oggetto ossia il *proxy* locale al cliente
    - Lo *stub* di lato servente riproduce le chiamate remote in ingresso e le gira localmente allo *skeleton* corrispondente

Applicazione del modello – 1

- La JVM consente di caricare dinamicamente codice Java (in forma di *bytecode*) da qualsiasi URL
  - Capacità utilizzabile da RMI
- Le classi locali vengono normalmente caricate a partire dalla locazione `CLASSPATH`
- Le classi remote possono essere caricate a partire dall'URL codebase
  - Locazione configurata come proprietà
    `java -Djava.rmi.server.codebase=file://<path>/`

Applicazione del modello – 2

- L'accesso a classi sconosciute può essere regolato da un gestore della sicurezza
  - Lato servente → consentire la copia di proprie classi
  - Lato cliente → impedire l'accesso a siti non affidabili
- Accesso regolato da politica configurata in un *file* passato come proprietà
  - `java -Djava.security.policy = <policy_file>`

```
grant {
 permission java.io.FilePermission "<<ALL FILES>>", "read";
 permission java.net.SocketPermission "*:1234", "accept, connect, listen, resolve";
 permission java.lang.RuntimePermission "accessClassInPackage.sun.jdbc.odbc";
 permission java.util.PropertyPermission "file.encoding", "read"; };
```

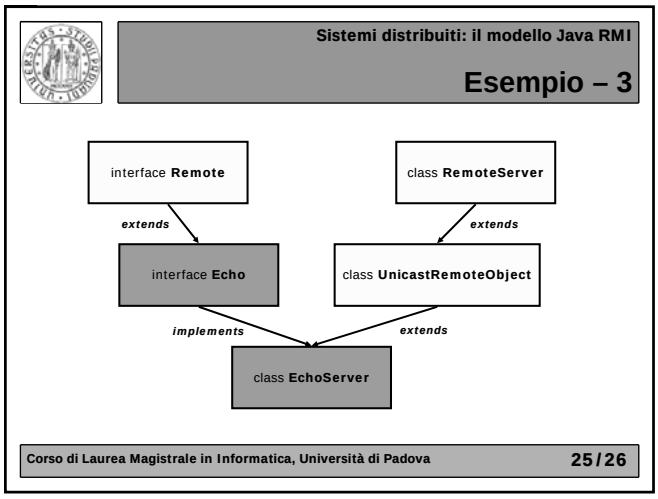

Esempio: *servant*

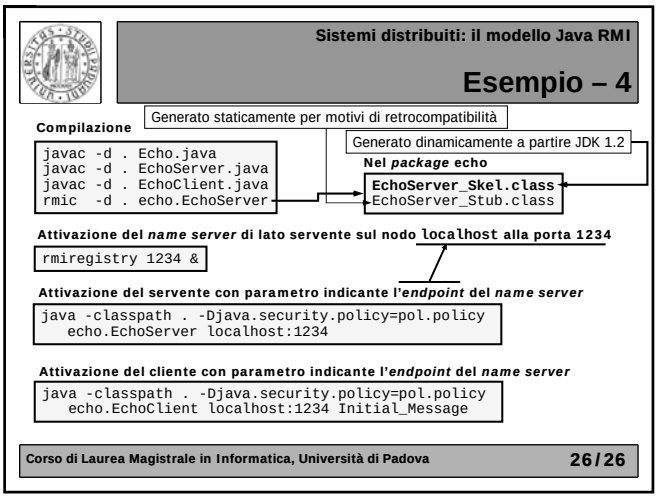
```
package echo;
public interface Echo extends java.rmi.Remote {
  String call (String message) throws java.rmi.RemoteException;
}
```

```
package echo; import java.rmi.*; import java.rmi.server.*;
public class EchoServer extends UnicastRemoteObject implements Echo {
   public EchoServer( String name ) throws RemoteException {
      try { Naming.rebind (name,this); } catch (Exception e) {
         System.out.println ("Exception in EchoServer: " + e.getMessage());
         e.printStackTrace();} }
   public String call (String message) throws RemoteException {
      System.out.println("Echo's method call invoked: [" + message + "]");
      return "From EchoServer:- Thanks for your message: [" + message + "]"; }
   public static void main (String args[]) throws Exception {
      if (System.getSecurityManager() == null)
         System.setSecurityManager ( new RMISecurityManager() );
      String url = "rmi://" + args[0] + "/Echo";
      EchoServer echo = new EchoServer (url);
      System.out.println("EchoServer ready!"); }
}
```


Esempio: cliente

```
package echo; import java.rmi.*; import java.rmi.server.*;
public class EchoClient {
   public static void main (String args[]) {
      int i;
      if (System.getSecurityManager() == null)
         System.setSecurityManager ( new RMISecurityManager() );
      try {
         System.out.println ("EchoClient ready!");
         String url = "rmi://" + args[0] + "/Echo";
         System.out.println ("Looking up remote object " + url + " ...");
         Echo echo = (Echo) Naming.lookup (url);
         String toMsg = (String) args[1];
         for (i = 1; i<6; i++) {
            toMsg = toMsg + "-" + i;
            System.out.println ("Message " + i + " to Echo: [" + toMsg + "]");
            String fromMsg = echo.call (toMsg);
            Thread.sleep (2000);
            System.out.println ("Message from Echo: \n\t" + fromMsg + "\n"); }
      } catch (Exception e) {
         System.out.println ("Exception in EchoClient: " + e.getMessage());
         e.printStackTrace(); } }
}
```


Sistemi distribuiti: il modello Java RMI
Esempio – 3
interface Remote
class RemoteServer
extends
extends
interface Echo
class UnicastRemoteObject
implements
extends
class EchoServer
Corso di Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova
25/26


Sistemi distribuiti: il modello Java RMI
Esempio – 4
Generato staticamente per motivi di retrocompatibilità
Generato dinamicamente a partire JDK 1.2
Compilazione
javac -d . Echo.java
javac -d . EchoServer.java
javac -d . EchoClient.java
rmic -d . echo.EchoServer
Nel package echo
EchoServer_Skel.class
EchoServer_Stub.class
Attivazione del name server di lato servente sul nodo localhost alla porta 1234
rmiregistry 1234 &
Attivazione del servente con parametro indicante l'endpoint del name server
java -classpath . -Djava.security.policy=pol.policy
echo.EchoServer localhost:1234
Attivazione del cliente con parametro indicante l'endpoint del name server
java -classpath . -Djava.security.policy=pol.policy
echo.EchoClient localhost:1234 Initial_Message
Corso di Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova
26/26