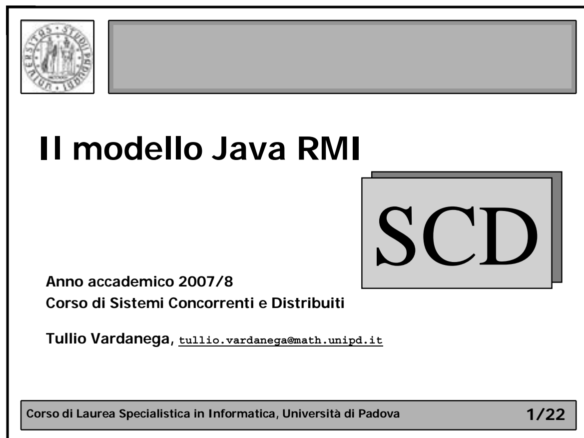
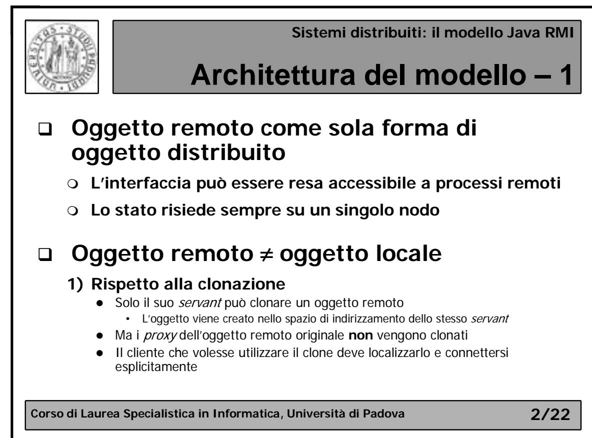
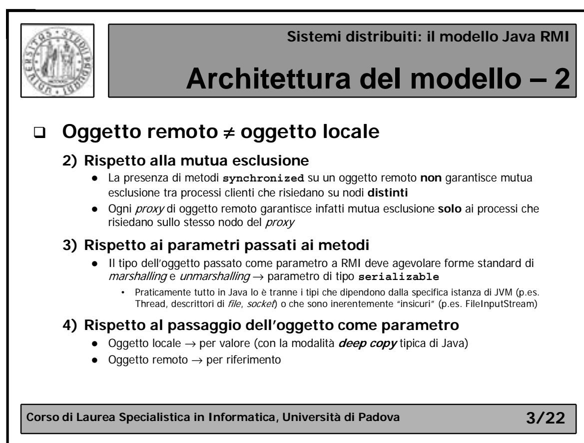
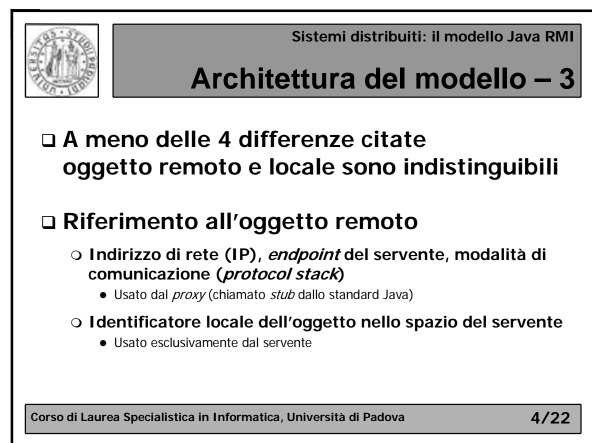
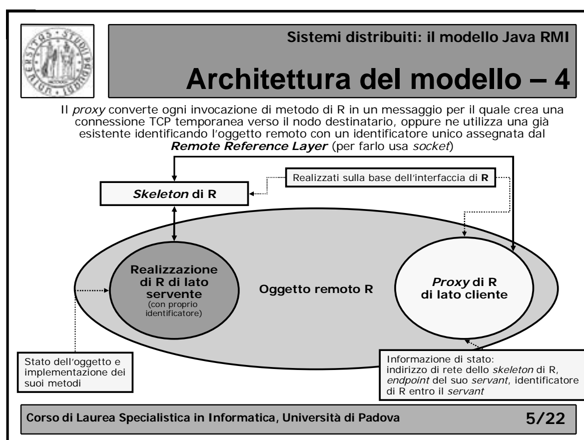
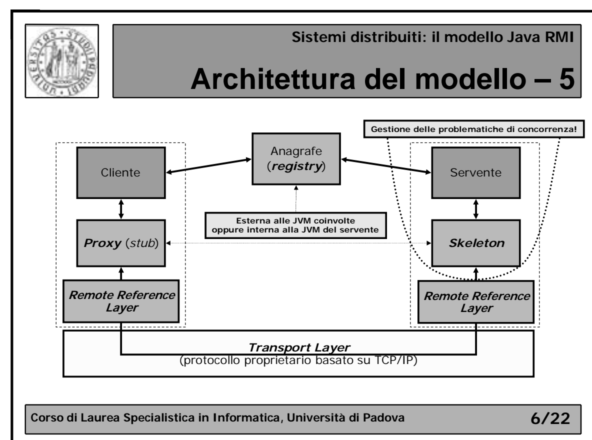

Il modello Java RMI
SCD
Anno accademico 2007/8
Corso di Sistemi Concorrenti e Distribuiti
Tullio Vardanega, tullio.vardanega@math.unipd.it
Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova
1/22


Sistemi distribuiti: il modello Java RMI
Architettura del modello – 1
Oggetto remoto come sola forma di oggetto distribuito
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 può clonare un oggetto remoto
L'oggetto viene creato nello spazio di indirizzamento dello stesso servant
Ma i proxy dell'oggetto remoto originale non vengono clonati
Il cliente che volesse utilizzare il clone deve localizzarlo e connettersi esplicitamente
Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova
2/22


Sistemi distribuiti: il modello Java RMI
Architettura del modello – 2
Oggetto remoto ≠ oggetto locale
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 agevolare forme standard di marshalling e unmarshalling → parametro di tipo serializable
Praticamente tutto in Java lo è tranne i tipi che dipendono dalla specifica 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 tipica di Java)
Oggetto remoto → per riferimento
Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova
3/22


Sistemi distribuiti: il modello Java RMI
Architettura del modello – 3
A meno delle 4 differenze citate oggetto remoto e locale sono indistinguibili
Riferimento all'oggetto remoto
Indirizzo di rete (IP), 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 servente
Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova
4/22


Sistemi distribuiti: il modello Java RMI
Architettura del modello – 4
Il proxy converte ogni invocazione di metodo di R in un messaggio per il quale crea una connessione TCP temporanea verso il nodo destinatario, oppure ne utilizza una già esistente identificando l'oggetto remoto con un identificatore unico assegnata dal Remote Reference Layer (per farlo usa socket)
Skeleton di R
Realizzati sulla base dell'interfaccia di R
Realizzazione di R di lato servente
(con proprio identificatore)
Oggetto remoto R
Proxy di R di lato cliente
Stato dell'oggetto e implementazione dei suoi metodi
Informazione di stato: indirizzo di rete dello skeleton di R, endpoint del suo servant, identificatore di R entro il servant
Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova
5/22


Sistemi distribuiti: il modello Java RMI
Architettura del modello – 5
Gestione delle problematiche di concorrenza!
Cliente
Anagrafe (registry)
Servente
Esterna alle JVM coinvolte oppure interna alla JVM del servente
Proxy (stub)
Skeleton
Remote Reference Layer
Remote Reference Layer
Transport Layer
(protocollo proprietario basato su TCP/IP)
Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova
6/22

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
- Ma solo limitatamente a 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 servente) 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 pertanto 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*

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`
  - Realizzare i metodi dell'oggetto remoto
  - Definire esplicitamente un costruttore dell'oggetto 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 *name server* 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 deve
  - Localizzarne (tramite *look-up*) il riferimento presso il registro dei nomi
    - `Naming.lookup (String name)`
      - Dove *name* è l'**URL della specifica dell'oggetto remoto** (la sua interfaccia pubblica) presso il nodo e **la porta** dove è in ascolto il corrispondente gestore dei nomi
  - Il riferimento così ottenuto ha il tipo dell'interfaccia e non della classe che lo realizza!
- Da questo punto in poi l'oggetto remoto è indistinguibile da un oggetto 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

EchoServer.java → javac → EchoServer.class → rmic → EchoServer_Skel.class, EchoServer_Stub.class

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 (in forma di *bytecode*) Java 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 regolamentato da specifica 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"; };
```

Sistemi distribuiti: il modello Java RMI

Esempio – 1

```
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!"); }
}
```

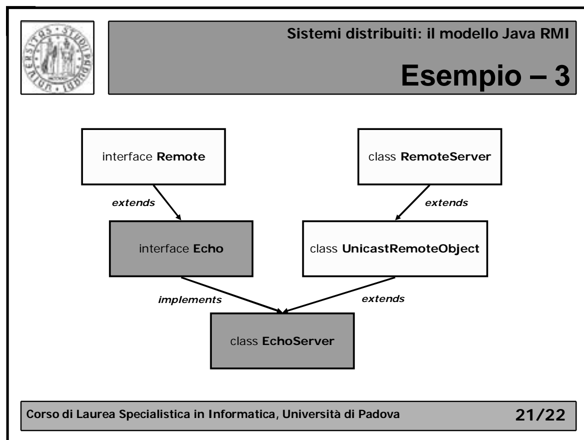
Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 19/22

Sistemi distribuiti: il modello Java RMI

Esempio – 2

```
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(); } }
}
```

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 20/22



Sistemi distribuiti: il modello Java RMI

Esempio – 4

Compilazione

```
javac -d . Echo.java
javac -d . EchoServer.java
javac -d . EchoClient.java
rmic  -d . echo.EchoServer
```

Generato staticamente per motivi di retrocompatibilità

Generato dinamicamente a partire JDK 1.2

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 Specialistica in Informatica, Università di Padova 22/22