Lezione n.9
LPR- Informatica Applicata
RMI

24/4/2006

Laura Ricci

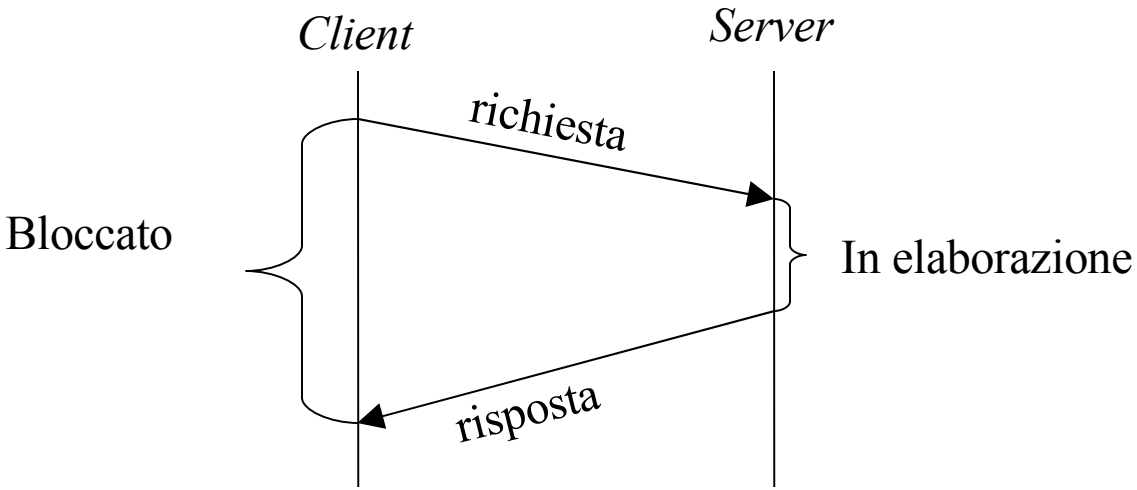
RIASSUNTO DELLA LEZIONE

- paradigma di interazione domanda/risposta
- remote procedure call
- RMI (Remote Method Invocation): API JAVA
- esercizio

PARADIGMA DI INTERAZIONE A DOMANDA/RISPOSTA

Paradigma di interazione basato su richiesta/risposta

- il client invia ad un server un *messaggio di richiesta*
- il server risponde con un *messaggio di risposta*
- il client rimane bloccato (sospende la propria esecuzione) finchè non riceve la risposta dal server



PARADIGMA DI INTERAZIONE DI TIPO DOMANDA/RISPOSTA

Esempio interazione domanda/risposta:

un client richiede ad un server la stampa di un messaggio. Il server restituisce al client un codice che indica l'esito della operazione. Il client attende l'esito dell'operazione

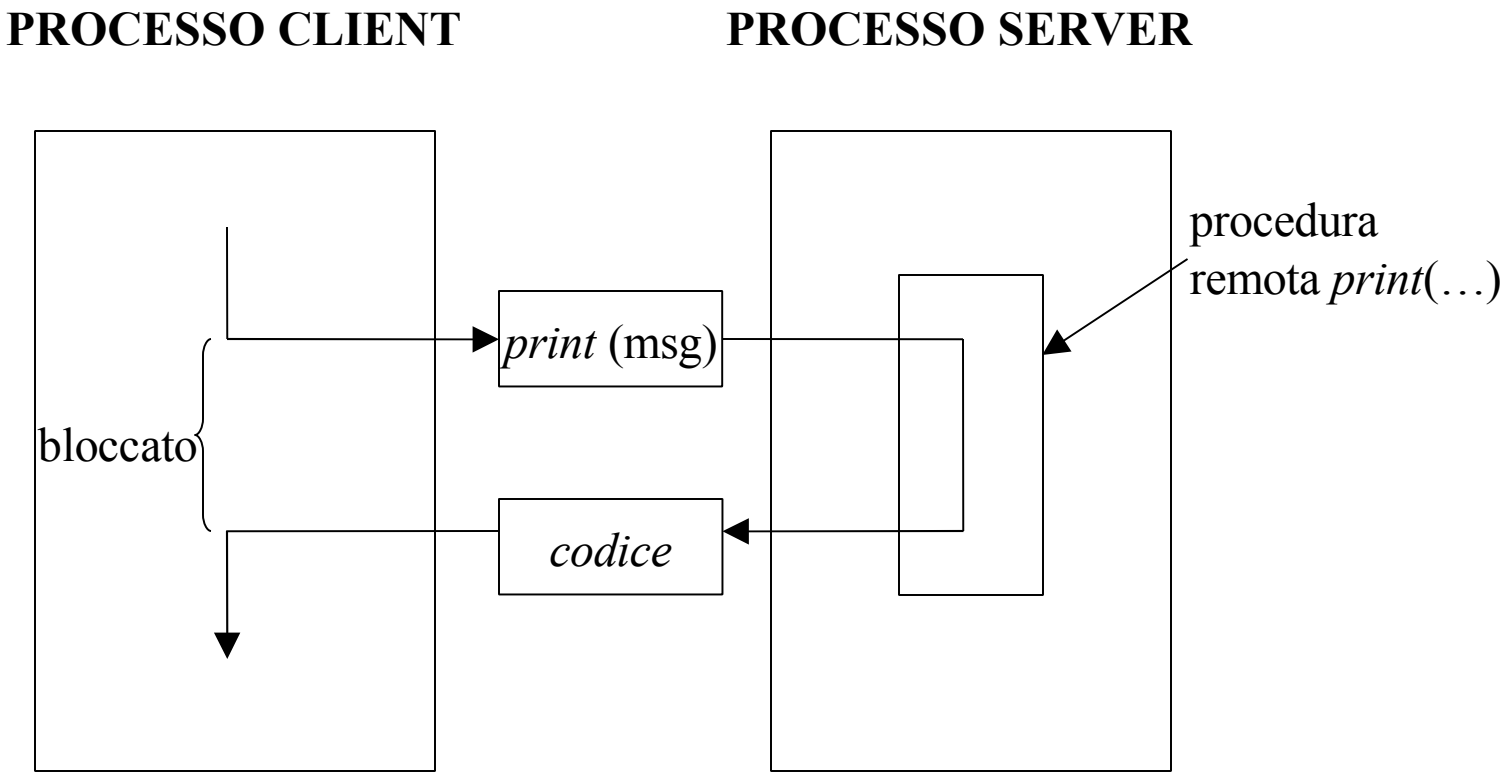
Implementazioni possibili:

- invio messaggi di *richiesta/risposta* su una connessione TCP. Soluzione costosa perché richiede l'apertura di una connessione per l'invio di pochi dati
- utilizzo di connessioni UDP. E' necessario definire un protocollo per la garantire l'affidabilità
- utilizzare un meccanismo di *remote procedure call*

REMOTE PROCEDURE CALL

- Richiesta del client al server = *invocazione di una procedura* definita sul server
- Il client invoca una *procedura remota RPC (Remote Procedure Call)*
- I meccanismi utilizzati dal client sono gli stessi utilizzati per una normale invocazione di procedura, ma …
  - l'invocazione di procedura avviene sull'host su cui è in esecuzione il client
  - la procedura viene eseguita sull'host su cui è in esecuzione il server
  - i parametri della procedura vengono automaticamente sulla rete dal supporto all'RPC

REMOTE PROCEDURE CALL



Esempio: richiesta stampa di messaggio e restituzione esito operazione

REMOTE METHOD INVOCATION

implementazioni RPC

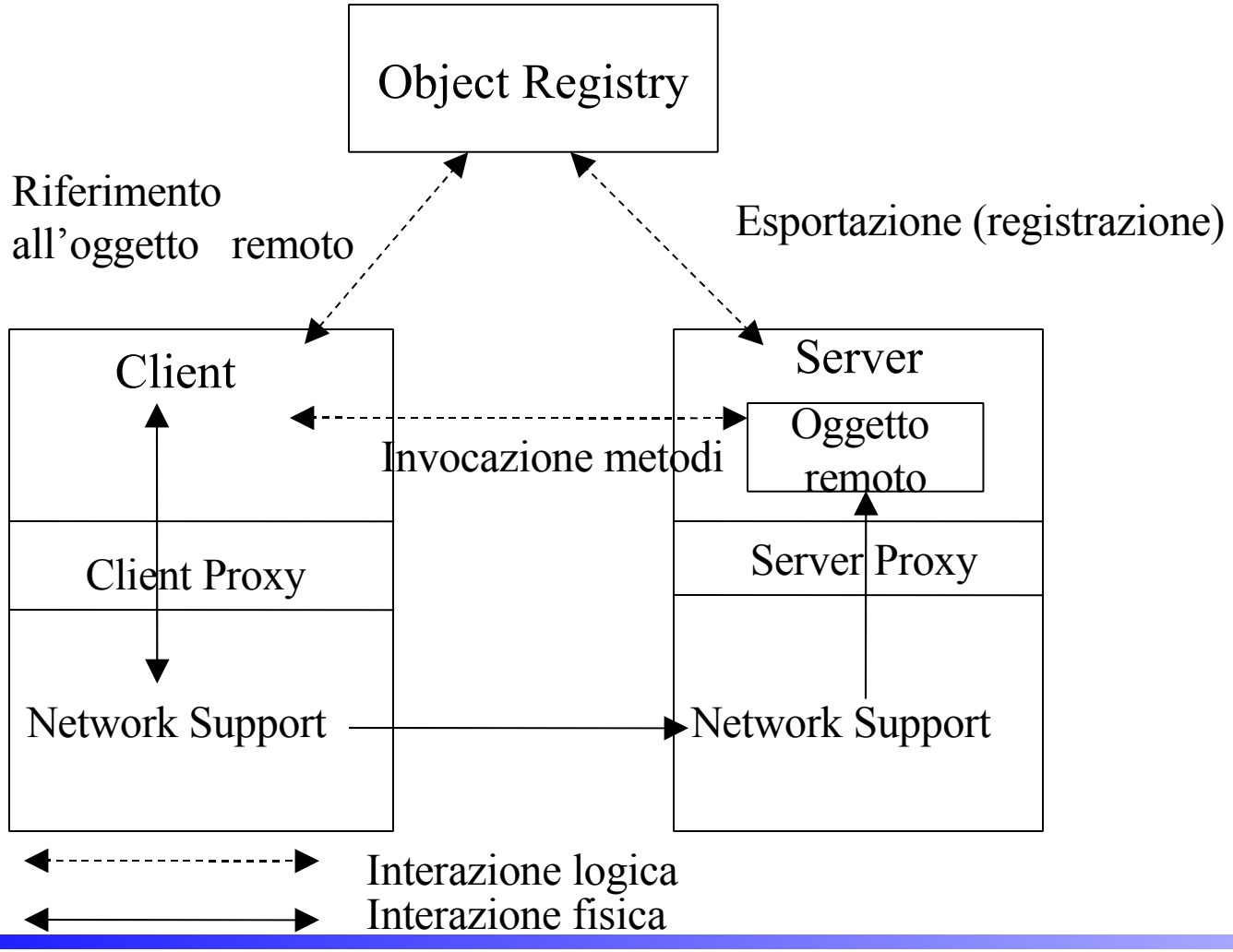
- Open Network Computing Remote Procedure Call (Sun)
- Open Group Distributed Computing Environment (DCE)
- …

Evoluzione di RPC = paradigma di interazione basato su *oggetti distribuiti*

remote method invocation (RMI): evoluzione del meccanismo di invocazione di procedura remota al caso di oggetti remoti

JAVA RMI: JAVA API per la programmazione ad oggetti distribuita

OGGETTI DISTRIBUITI: ARCHITETTURA GENERALE



OGGETTI DISTRIBUITI: ARCHITETTURA GENERALE

Il server che definisce *l'oggetto remoto*:

- definisce un *oggetto distribuito = un oggetto i* cui metodi possono essere invocati da parte di processi in esecuzione su hosts remoti)

- *esporta (pubblica)* l'oggetto ⇒
  crea un mapping

  nome simbolico oggetto/ riferimento all'oggetto

  e lo *pubblica* mediante un servizio *di tipo registry (simile ad un DNS per oggetti distribuiti*

OGGETTI DISTRIBUITI: ARCHITETTURA GENERALE

Quando il client che vuole accedere all'oggetto remoto

- ricerca *un riferimento* all'oggetto remoto mediante i servizi offerti *dal registry*
- invoca i metodi definiti dall'oggeto remoto (*remore method invocation*).
- invocazione dei metodi di un oggetto remoto
  - *a livello logico:* identica all'invocazione di un metodo locale
  - a livello di supporto: è gestita da un *client proxy* che provvede a trasformare i parametri della chiamata remota in dati da spedire sulla rete.

    Il network support provvede quindi all'invio vero e proprio dei dati sulla rete

OGGETTI DISTRIBUITI: ARCHITETTURA GENERALE

Quando il server che gestisce l'oggetto remoto riceve un'invocazione per quell'oggetto

- il network support passa i dati ricevuti al *server proxy*
- il *server proxy* trasforma i dati ricevuti dal network support in una invocazione ad un metodo locale
- il *server proxy* trasforma i dati ricevuti dal network support nei parametri del metodo invocato

RMI: API JAVA

I metodi definiti dall'oggetto remoto ed i rispettivi parametri (le segnature dei metodi) devono essere noti:

- al client, che richiede un insieme di servizi mediante l'invocazione di tali metodi
- al server, che deve fornire *una implementazione* di tali metodi

Il client non è interessato *alla implementazione* di tali metodi

In JAVA:

- definizione di una *interfaccia* contiene le segnature di un insieme di metodi, ma non il loro codice

- definizione di una classe che *implementa l'interfaccia:* contiene il codice dei metodi elencati nella interfaccia

JAVA INTERFACE

```
public interface solido {
        public abstract Double  area ( );
        public abstract Double  volume( );
        public abstract String   getName( );
        }
```

non posso istanziare oggetti dell'interfaccia, posso definire una classe che *implementa* l'interfaccia e poi istanziare oggetti di quella classe

```
public class cilindro implements solido
            {public Double area ( )
             {return .....}
```

Le interfacce possono essere utilizzate per definire una forma di eredità multipla

JAVA: REMOTE INTERFACE

L'interfaccia di un oggetto remoto deve essere definita come *un'interfaccia remota*

- estende l'interfaccia *Remote*
- i metodi definiti possono sollevare *eccezioni remote*. Una eccezione remota indica un generico fallimento nella comunicazione remota dei parametri e dei risultati al/da il metodo remoto

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

Remote è una interfaccia che *non definisce alcun metodo*. Il solo scopo è quello di *identificare* gli oggetti che possono essere utilizzati in remoto

JAVA: REMOTE INTERFACE

Esempio: un Host è connesso ad una stazione metereologica che rileva temperatura, umidità,….mediante diversi strumenti di rilevazione. Sull'host è in esecuzione un server che fornisce queste informazioni agli utenti interessati.

```
import java.rmi.*;
public interface weather extends Remote{

  public double getTemperature( ) throws RemoteExceptions;
  public double getHumidity( )    throws RemoteExceptions;
  public double getWindSpeed ( )  throws RemoteExceptions;
  …….
}
```

JAVA: IMPLEMENTAZIONE DELL' INTERFACCIA

- definizione di una classe che *implementa* l'interfaccia remota
- la classe deve *estendere* la classe *UnicastRemoteObject*
- la classe può definire *ulteriori metodi pubblici*, ma solamente quelli definiti nella interfaccia remota possono essere invocati da un altro host

```
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.*;
public class EchoRMIImpl extends UnicastRemoteObject
                                 implements EchoInterface
        { public EchoRMIImpl( ) throws RemoteException
            { super ( );}
          public String getEcho (String echo) throws RemoteException
            { return echo;}
        }
```

JAVA: IMPLEMENTAZIONE DELL' INTERFACCIA

public class UnicastRemoteObject *extends* RemoteServer

la classe UnicatRemoteObject definisce un insieme di metodi che consentono il corretto funzionamento di RMI, in particolare metodi per

- il *marshalling* dei peramentri , cioè la trasformazione dei parametri in uno stream di bytes
- l'*unmarshalling* dei risultati cioè la trasformazione di uno stream di bytes nei valori restituiti

Se la classe estende un'altra classe, si può creare l'oggetto ed esportarlo passandolo al metodo *UnicastRemoteObject.exportObject( )*

JAVA: IMPLEMENTAZIONE DELL' INTERFACCIA

```
public class EchoRMIImpl extends UnicastRemoteObject
                                 implements EchoInterface
        { public EchoRMIImpl ( ) throws RemoteException
            { super ( );}
          public String getEcho (String echo) throws RemoteException
            { return echo}
        }
```

- il costruttore EchoRMIServer invoca il costruttore della super classe UnicastRemoteObject
- il costruttore della superclasse *esporta* l'oggetto = crea l'oggetto e si mette in attesa di richieste di invocazioni di metodi su una porta
- il costruttore può sollevare *RemoteException*, perché il costruttore della super classe *UnicastRemoteObject* può sollevare queste eccezioni

JAVA : GENERAZIONE DEI PROXY

- le applicazioni RMI richiedono la generazione di proxy, che consentano la trasformazione dei parametri in streams di bytes e viceversa.

- *Generazione dei proxy:* utilizzo dell'RMI compiler (*rmic*), ditribuito con il JDK.

  rmic EchoRMIImpl

- *rmic*
  - legge il file .class di una classe che implementa una interfaccia *remote*
  - produce *il proxy* in un file *EchoRMIImpl_Stub.class*

- lo stub va passato al client che deve invocare i metodi remoti

JAVA : DEFINIZIONE DEL SERVER

L'oggetto remoto deve essere *istanziato* ed *esportato* da un server

```
import java.net.*;
import java.rmi.*;
public class EchoRMIServer{
        public static void main(String args [])
        { try
          { EchoRMIImpl server= new EchoRMIImpl();
          Naming.rebind ("echo", server);
          System.out.println("l'Echo Server è pronto!!");
          }catch (RemoteException ex)
                {System.out.println("Eccezione nell'EchoServer"+ex)}
          catch (MalformedURLException ex)
                {System.out.println("URL  mal formata"+ex)}
      }}
```

JAVA : DEFINIZIONE DEL SERVER

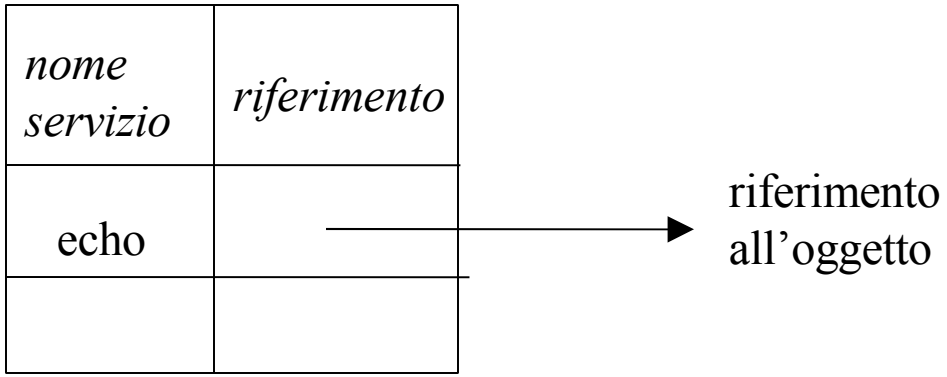
EchoServer

- crea *un'istanza* dell'oggetto remoto (*new*)

- inserisce un riferimento ad all'oggetto creato nel *registry locale* (che deve essere attivo su local host sulla porta di *default 1099*)

  Naming.rebind ("echo", server);

- *Registry* = simile ad un DNS per oggetti remoti, contiene legami tra il nome simbolico dell'oggetto remoto ed il riferimento all'oggetto



JAVA : DEFINIZIONE DEL SERVER

- la classe *Naming* contiene metodi per la gestione dei registry
- nel caso più semplice l'oggetto viene inserito in un registry locale, attivato sullo stesso host su cui è in esecuzione il server
- *Naming.rebind* (….) crea un collegamento tra un nome simbolico (qualsiasi) ed un riferimento all'oggetto. Se esiste già un collegamento per lo stesso oggetto all'interno dello stesso registry, tale collegamento *viene sovrascritto*
- è possibile inserire più istanze dello stesso oggetto remoto nel registry, con nomi simbolici diversi
- in generale un registry può essere individuato mediante *una URL completa*

rmi: //localhost:2048/echo

JAVA: ATTIVAZIONE DEL SERVER

Per rendere disponibile i metodi dell'oggetto remoto, è necessario attivare due tipi di servizi

- il server che fornisce il servizio di registrazione di oggetti remoti (*registry*)
- EchoServer: fornisce accesso ai metodi remoti

Attivazione del registry in background:

$ rmiregistry &

- viene attivato un registry associato per default alla porta 1099

- Se la porta è già utilizzata, viene sollevata un'eccezione. Si può anche scegliere esplicitamente una porta

$ rmiregistry 2048 &

JAVA: INDIVIDUAZIONE DEL SERVIZIO DI NAMING

In generale il servizio di naming si individua con:

Naming.bind ("rmi://fujih3.cli.di.unipi.it:2048/echo",echo);

La URL specifica:

- nome del protocollo a cui si fa rifermiento: *rmi://*
- l'host e la porta su cui è in esecuzione il registry (può essere localhost)
- Il nome dell'oggetto remoto che voglio registrare

Per default:

host = Local host

porta =1099

JAVA: ATTIVAZIONE DEL SERVER

- se la porta è già utilizzata, viene sollevata un'eccezione. Si può anche scegliere esplicitamente una porta

  $ rmiregistry 2048 &

- ATTEZIONE: in questo caso nella rebind occorre specificare la URL completa

  rmi: //localhost:2048/echo

- in generale la URL specificata nella rebind deve individuare host e porta su cui è attivo il servizio di naming

JAVA: L'RMI CLIENT

Il client:

- ricerca un riferimento all'oggetto remoto
- invoca i metodi dell'oggetto remoto come fossero metodi locali (unica differenza: occorre intercettare RemoteException)

Per ricercare il riferimento all'oggetto remoto, il client

- deve accedere al registry attivato sul server.
- il registry viene individuato mediante la sua URL (simile ad URL HTTP)
- Il riferimento restituito dal registry è un riferimento ad un oggetto di tipo *Object* ⇒ è necessario effettuare il *casting dell'oggetto* restituito al tipo definito nell'interfaccia remota

JAVA: L'RMI CLIENT

```
import java.rmi.*;
import java.net.*;
public class EchoRMIClient
    {public static void main (String Args[])
     Scanner in= new Scanner (System.in);
     try
      {EchoInterface serverRMI =
          (EchoInterface) Naming.lookup ("rmi://fujih3.cli.di.unipi.it:2048/echo");
       String message;
       message=in.next( );
       String echo = serverRMI.getEcho(message);
       System.out.println(echo)}
       catch (Exception e)
     }
}
```

JAVA: L'RMI CLIENT

L'esecuzione del client richiede

- la classe EchoRMIClient.class, risultante della compilazione del client
- La classe EchoInterface.class
- Il proxy *EchoRMIImpl_Stub.class,* risultante dalla compilazione della classe che implementa l'oggetto remoto , mediante rmic

METODI DELLA CLASSE NAMING

- *bind* ( )
- *rebind*( )
- *unbind* ()
- *lookup* ( )
- *list* ()

ESERCIZIO

Sviluppare una applicazione RMI per la gestione di una elezione. Il server esporta un iniseme di metodi

- *public void* vota (*String* nome). Accetta come parametro il nome del candidato. Non restituisce alcun valore. Registra il voto di un candidato in una struttura dati opportunamente scelta

- *public int* risultato (*String* nome). Accetta come parametro il nome di un candidato e restituisce i voti accumulati da tale candidato fino a quel momento.

- un metodo che consenta di ottenere i nomi di tutti i candidati, con i rispettivi voti, ordinati rispetto ai voti ottenuti