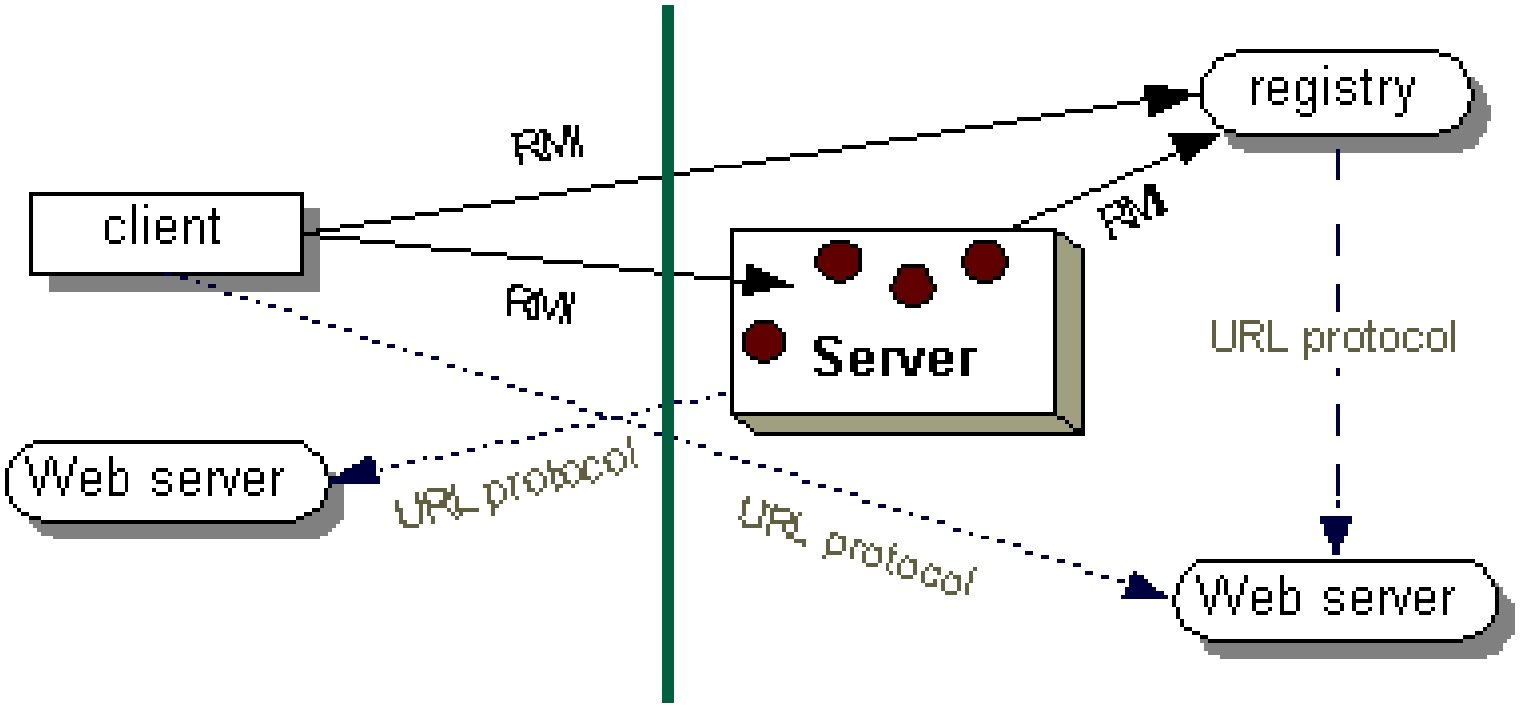
7 Remote Method Invocation (RMI)

- Verteilte Java Anwendungen; Client/Server Architektur



 © 2005 Peter Thiemann

Aufgaben

- Server:
  - erstellt *remote objects*
    Objekte, deren Methoden von einer anderen JVM aufgerufen werden können
    Beschreibung durch *remote interfaces*
  - publiziert Referenzen darauf
- Client:
  - verschafft sich Referenzen auf *remote objects*
  - ruft dort Methoden auf
  - versendet lokale Objekte inklusive Kode

© 2005 Peter Thiemann

Anforderungen

- *remote objects* lokalisieren: Nameserver `rmiregistry` muss vor Server auf gleichem Rechner gestartet werden
- Kommunikation mit *remote objects*: abgebildet auf Methodenaufruf
- Dynamisches Laden des Kodes für Argumente und Ergebnisse
  - Typen bleiben erhalten
  - neue Typen auf der Client-Maschine
  - Versand via Webserver

© 2005 Peter Thiemann

Überblick

- Packages `java.rmi`, `java.rmi.server`
- Definition des "remote interface"
  in Klasse `hellointerface.HelloInterface`
- Implementierung der Serverklassen
  in Klasse `helloimplement.Hello`
- Implementierung der Clientklassen
  in Klasse `helloclient.HelloClient`
- Objekt Serialisierung

© 2005 Peter Thiemann

7.1 Remote Interface

```
package hellointerface;
public interface HelloInterface
                    extends java.rmi.Remote {
    String sayHello(String what)
        throws java.rmi.RemoteException;
}
```

- Protokoll = Methoden des Interface
- Muss auf Client und Server bekannt sein
- Nur Methoden der Remote Interfaces eine Objekts sind auf dem Client aufrufbar
- Nur Server enthält Implementierung der Remote Interfaces
- Typen im Remote Interface auf Client und Server bekannt

© 2005 Peter Thiemann

Argument und Ergebnisse im Remote Interface

- Primitive Typen
- Remote Object
  - Muss als (remote) Interfacetyp deklariert werden, *nicht* als Klassentyp.
  - Für ein Remote Object wird nur ein Stub übergeben.
  - Referenz: Stub agiert als Proxy
- Lokales Objekt
  - Muss serialisierbar sein (`java.io.Serializable`)
  - Wird als Kopie übergeben, Überlappung (sharing) bleibt erhalten

© 2005 Peter Thiemann

Wohin mit dem Remote Interface

- Muss bei Übersetzung von Server und Client verfügbar sein:
- Kompilierten Kode für remote Interface archivieren
  `jar cvf hellointerface.jar hellointerface/*.class`
- Verzeichnis für `hellointerface.jar` wählen
  sollte netzweit per HTTP-URL zugreifbar sein, z.B.
  `/home/server/public_html/classes/`
- Kompilieren von Client- und Serverkode mit
  `-classpath .:/home/user/public_html/classes/hellointerface.jar`

© 2005 Peter Thiemann

7.2 Implementierung des Servers

```
package helloimplement;

import java.rmi.*;
import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;

public class Hello
  extends UnicastRemoteObject
  implements hellointerface.HelloInterface {
```

- erweitert den Server `UnicastRemoteObject`
  - einfaches Remote Object mit TCP-Kommunikation
  - ständig laufender Server
- implementiert gewünschtes Remote Interface

 © 2005 Peter Thiemann

Konstruktor des Remote Object

```
private String name;

public Hello(String s) throws RemoteException {
  super();
  name = s;
}
```

- **muss** Konstruktor von `UnicastRemoteObject` aufrufen:
  - "exportiert" das Objekt
  - erzeugt einen Server, der an einem anonymen Port auf Methodenaufrufe für `Hello` wartet
- `java.rmi.RemoteException`: ausgelöst, falls Export des Objekts nicht möglich oder keine Netzwerkressourcen vorhanden

© 2005 Peter Thiemann

Implementierung des Remote Interface

```
public String sayHello(String what) throws RemoteException {
  System.out.println ("I got " + what);
  return (name + " says: " + what);
}
```

- Methode aus `HelloInterface`
- Überlappung (sharing) von nicht-remote Objekten bleibt erhalten
- Methode muss thread-safe sein
  abhängig von der Implementierung von `UnicastRemoteObject`

© 2005 Peter Thiemann

Startmethode des Servers

```
public static void main(String args[]) {
    System.setSecurityManager(new RMISecurityManager());
```

- `SecurityManager` wacht darüber, daß keine illegalen Operationen ausgeführt werden
- auch selbstdefinierter Security Manager möglich
- ohne Security Manager: keine RMI Klassen möglich
- muss durch Datei und Properties konfiguriert werden

© 2005 Peter Thiemann

. . . Erzeugen des Remote Objects

```
try {
  Hello obj = new Hello("HelloServer");
```

- mehrere Objekte möglich
- Objekt "hört", sobald es konstruiert ist
- . . . aber keiner weiß es

© 2005 Peter Thiemann

Publikation des Remote Objects

```
Naming.rebind("//host/HelloServer", obj);
System.out.println("HelloServer bound in registry");
```

- *host*: Hostname oder IP-Adresse des Serverrechners
- Verzeichnisdienst für remote objects:
  //host[:*port*]/*string*
- "URL ohne Schema"
- Standardport des Verzeichnisdienstes: 1099
- Remote Objects verlassen niemals ihren eigenen Adressraum
- Registration nur direkt auf Serverrechner (Sicherheit!)
- Anfrage an Verzeichnisdienst $\Rightarrow$ Referenz auf das Remote Object

© 2005 Peter Thiemann

7.3 Starten des Servers

Der Server startet nur unter folgenden Bedingungen korrekt:

1. Der Verzeichnisdienst muss bereits gestartet sein
2. Die Server-JVM muss die Erlaubnis haben, Sockets, ServerSockets und HTTP-Verbindungen herzustellen
3. Die Stub- und Skeletonklassen müssen erzeugt und per bekannter URL verfügbar sein

 © 2005 Peter Thiemann

7.3.1 Starten des Verzeichnisdienstes

```
> cd /tmp
> unsetenv CLASSPATH
> rmiregistry &
```

- Achtung! Der Verzeichnisdienst darf die Implementierungsklassen der Remote Objects nicht über seinen CLASSPATH finden
- Daher:
  - Dienst in neutralem Directory starten
  - CLASSPATH löschen
- caches interfaces

© 2005 Peter Thiemann

- restart on change

© 2005 Peter Thiemann

7.3.2 Konfiguration des Netzzugriffs

- Konfigurationsdatei (in Datei `java.policy`)

```
grant {
    permission java.net.SocketPermission
        "*:1024-65535", "connect,accept";
    permission java.net.SocketPermission
        "*:80", "connect";
};
```

- Definition der security policy beim Start des Servers

```
> java -Djava.security.policy=java.policy ...
```


© 2005 Peter Thiemann

7.3.3 Erzeugung der Stubklassen

- `rmic` erzeugt (client) stubs und (server) skeletons aus class files (Bsp: `helloimplement.Hello`)
  - Client Stub-Klasse
    - implementiert alle Remote Interfaces der Klasse
    - serialisiert Argumente
    - implementiert RMI Protokoll
  - Server skeleton
    - führt Deserialisierung durch
    - ruft Methode auf
- Ausgabe: class files

© 2005 Peter Thiemann

Anwendung von `rmic`

- Erzeugen von Serverstubs (und ggf. Skeletons)

  ```
  rmic -d /home/server/public_html/classes/ helloimplement.Hello
  ```

- Stubs sind per HTTP-URL verfügbar

  ```
  http://myhost/~server/classes/...
  ```

  Diese URL muss als `java.rmi.server.codebase` Property beim Starten des Servers angegeben werden

- Publizieren des restlichen Kodes der Implementierung

  ```
  cd /home/server/public_html/classes/
  jar xvf hellointerface.jar
  ```


© 2005 Peter Thiemann

7.3.4 Aufruf des Servers

```
java -Djava.rmi.server.codebase=http://localhost/~server/classes/ \
     -Djava.rmi.server.hostname=localhost \
     -Djava.security.policy=java.policy \
     helloimplement.Hello FlashGordon
```

- Achtung! Der "/" am Ende der codebase Property ist unbedingt erforderlich.

 © 2005 Peter Thiemann

7.4 Client für das Remote Object

```
package helloclient;
import java.rmi.*;

public class HelloClient {
    public static void main (String args[]) {
        String message = "";
        System.setSecurityManager (new RMISecurityManager ());
        try {
            hellointerface.HelloInterface hello =
                (hellointerface.HelloInterface)
                Naming.lookup ("//localhost/HelloServer");
            for (int i=0; i<args.length; i++) {
                message = hello.sayHello (arg[i]);
                System.out.println (message);
            }
        } catch (Exception e) { e.printStackTrace (); }
        return;
    }
}
```


© 2005 Peter Thiemann

Verwendung

1. `Naming.lookup ("//`*`host`*`/`*`service`*`")`
   - kontaktiert den Verzeichnisdienst auf *`host`* und fragt dort nach *`service`*
   - falls er existiert, so liefert `lookup` ein Stub-Objekt, das mit dem *`service`* Objekt verbunden ist
   - die entsprechende Klasse wird ggf. noch geladen
2. `hello.sayHello ()` aktiviert das Stub-Objekt
   - serialisiert die Parameter und verschickt sie
   - empfängt die Antwort (warten)
   - deserialisiert sie in ein Objekt entsprechend des Ergebnistyps `String`
3. Anzeige durch `println ()`

© 2005 Peter Thiemann

Aufruf des Clients

```
java -Djava.security.policy=java.policy \
     helloclient.HelloClient \
     localhost Ich wünsch mir ne kleine Miezekatze
```

```
FlashGordon says: Ich
FlashGordon says: wünsch
FlashGordon says: mir
FlashGordon says: ne
FlashGordon says: kleine
FlashGordon says: Miezekatze
```


© 2005 Peter Thiemann

7.5 Einbettung in Applet

```
<applet codebase="http://myhost/~server/classes/"
        code="helloclient.HelloApplet"
        width=500 height=120>
</applet>
```

- webserver muss = RMI Objektserver
- Clientkode auch über Codebase zugreifbar
- `codebase` muss mit "/" enden!
- `code` Attribut muss voll qualifiziert sein (Pfadname):
  - HTML Seite in `http://myhost/ server/`
  - Class files in `http://myhost/ server/classes/helloclient/`

© 2005 Peter Thiemann

Vorspann und Nachspann

```
package helloclient;
import java.applet.Applet;
import java.awt.Graphics;
import java.rmi.Naming;
import java.rmi.RemoteException;

public class HelloApplet extends Applet {
    String message = "blank";

    public void paint(Graphics g) {
        g.drawString(message, 25, 50);
    }
    // init()
}
```


© 2005 Peter Thiemann

RMI Aufruf aus Applet

```
public void init() {
    String srv = "//" + getCodeBase().getHost() + "/HelloServer";
    try {
        hellointerface.HelloInterface hello =
        (hellointerface.HelloInterface) Naming.lookup(srv);
        message = hello.sayHello("It's me!");
    } catch (Exception e) {
        System.out.println("HelloApplet exception: " +
                           e.getMessage());
        e.printStackTrace();
    }
}
```


© 2005 Peter Thiemann

7.6 Weitere RMI Features

- Firewall verhindert direkte Socketkommunikation
  - RMI kann Nachrichten in HTTP POST-Requests verpacken
  - geschieht transparent für Anwendung und Server
- Aktivierbare Objekte
  - Remote Objects, die auf Anforderung (bei Methodenaufruf) erzeugt werden
  - können sich selbst wieder deaktivieren
  - Standardzustand: passiv
  - Benötigt activation daemon (`rmid`)

© 2005 Peter Thiemann