Übungen zu Verteilte Systeme : Aufgabe zu Java-RMI (1)

- **Aufgabenstellung :**

  Es ist ein über RMI aktivierbarer **generischer Problemlösungs-Server** in Java zu entwickeln.
  Kern des Servers ist ein mittels RMI ansprechbares entferntes Objekt, das prinzipiell beliebige Aufgaben (= zu lösende Probleme) von Clients entgegennimmt, diese bearbeitet und das erzeugte Ergebnis zurückliefert.

  Die jeweils zu bearbeitende Aufgabe wird durch ein Objekt beschrieben (Aufgabenobjekt) , das der Problemlösungsfunktion des Server-Objekts vom Client als Parameter übergeben werden muss.
  Die Problemlösungsfunktion des Server-Objekts ruft ihrerseits die im Aufgabenobjekt implementierte eigentliche Bearbeitungsfunktion auf.
  Da bei RMI bei Bedarf auch der Code von (Parameter- und Rückgabe-) Objekten übertragen wird, muss die eigentliche Bearbeitungsfunktion dem Server a priori nicht bekannt sein.
  Der Server ist somit in der Lage beliebige Aufgaben zu bearbeiten, die zum Zeitpunkt seines Starts (und erst recht zum Zeitpunkt seiner Erstellung) noch nicht einmal definiert sein müssen.
  Einzige Voraussetzung ist, daß die Aufgabenobjekte ein Interface implementieren, über das ihre eigentliche Bearbeitungsfunktion aufgerufen werden kann.

  Clients können somit die Bearbeitung von Aufgaben, die ihre eigenen Fähigkeiten übersteigen (Zeitbedarf, Ressourcen), auf den Problemlösungs-Server auslagern.

  Der Problemlösungs-Server soll beispielhaft zur Ermittlung der Zahl `PI` mit einer angebbaren Genauigkeit eingesetzt werden. Hierfür ist ein geeigneter Client zu entwickeln.

- **Hinweise zur Lösung (Interfaces und Server-Seite) :**

  ◇ Die Schnittstelle zum Aufruf der Server-Funktionalität wird durch das Remote-Interface **ProblemSolver** beschrieben.
  Es deklariert– als einzige Komponente – die vom Client aufrufbare Problemlösungsfunktion

  ```
  Object solveProblem(ProblemTask t);
  ```

  Da in Java alle Klassen von der Klasse `Object` – direkt oder indirekt – abgeleitet sind, kann eine konkrete Implementierung dieser Funktion ein beliebiges Ergebnis durch ein Objekt beliebigen Typs zurückgeben.

  ◇ Der Problemlösungsfunktion `solveProblem()` wird vom Client das Aufgabenobjekt als Parameter vom Typ **`ProblemTask`** übergeben.
  `ProblemTask` ist ein – non-remote – Interface, das – als einzige Komponente – die Bearbeitungsfunktion

  ```
  Object executeTask();
  ```

  deklariert.
  Das tatsächliche Aufgabenobjekt s Instanz einer Klasse sein, die dieses Interface `ProblemTask` implementiert.
  Jede derartige Klasse repräsentiert eine zu bearbeitende konkrete Aufgabe. Die Bearbeitung der Aufgabe wird von der von der Klasse definierten Funktion `executeTask()` realisiert.
  Da das Aufgabenobjekt – als Kopie – vom Client zum Server übertragen wird, muss das Interface `ProblemTask` vom Interface `Serializable` abgeleitet sein.

  ◇ Beide Interfaces – `ProblemSolver` und `ProblemTask` – werden sowohl auf der Client- als auch auf der Server-Seite benötigt.

  ◇ Auf der Server-Seite wird das Interface `ProblemSolver` durch die Klasse **`ProblemSolverImpl`** implementiert.
  Diese Klasse definiert die Problemlösungsfunktion `solveProblem()`, die – als einzige wesentliche Aktivität – die Funktion `executeTask()` für das ihr als Parameter übergebene Aufgabenobjekt aufruft.
  Sie gibt deren Rückgabewert (Objekt beliebigen Typs) als eigenen Rückgabewert zurück

  Die Klasse `ProblemSolverImpl` definiert auch – in ihrer statischen `main()`–Methode – die Start-Funktionalität des Servers. Diese umfasst :
  - Installation eines RMISecurityManagers, falls noch kein SecurityManager in der JVM installiert ist.
    Hinweis: Er wird benötigt, sobald sich Client und Server auf unterschiedlichen Rechnern befinden und er interpretiert eine Richtliniendatei (`.java.policy`), die sich im Heimatverzeichnis des Benutzers befindet.
  - Erzeugung eines Objekts der – eigenen – Klasse `ProblemSolverImpl.`

Übungen zu Verteilte Systeme : Aufgabe zu Java-RMI (2)

- Registrierung dieses Objekts bei der RMI-Registry unter dem Dienstnamen "`ProblemSolver`".
- Ausgabe des Textes "`ProblemSolver bound in registry`" an der Konsole (= Standardausgabe).

- **Hinweise zur Lösung (Client-Seite) :**

◇ Die zu bearbeitende Aufgabe – Ermittlung der Zahl `PI` mit einer angebbaren Genauigkeit – wird durch die Klasse **`PiTask`** definiert. Diese Klasse implementiert das Interface `ProblemTask`.
Sie besitzt die folgenden Komponenten :

▻ Eine **Datenkomponente** vom Typ **`double`**, die die gewünschte Genauigkeit aufnimmt.

▻ Einen **Konstruktor** mit einem Parameter vom Typ `double`.
Der Konstruktor initialisiert die Genauigkeits-Datenkomponente mit diesem Parameter.

▻ Die die Bearbeitungsfunktionalität realisierende Memberfunktion

```
Object executeTask();
```

◇ Ein – auf der Potenzreihenentwicklung für den `arctan` beruhender – Algorithmus zur iterativen Ermittlung der Zahl `PI` mit der Genauigkeit `genauigkeit` kann wie folgt beschrieben werden :

```
pi_viertel = 1.0;
inc = 1.0;
inv_inc = 1/inc;
fak = 1;
while (4*inc > genauigkeit)
{  inv_inc += 2;
   inc = 1/inv_inc;
   fak = -fak;
   pi_viertel += fak*inc;
}
pi = 4*pi_viertel;
```

◇ Der Rückgabewert von `executeTask()` muss ein Objekt (und kein Wert eines elementaren Datentyps) sein. Der ermittelte Wert für `PI (double-Wert pi)` muss daher in einem Objekt der Wrapper-Klasse `Double` gekapselt werden. Dies kann erfolgen mit : `new Double(pi);`

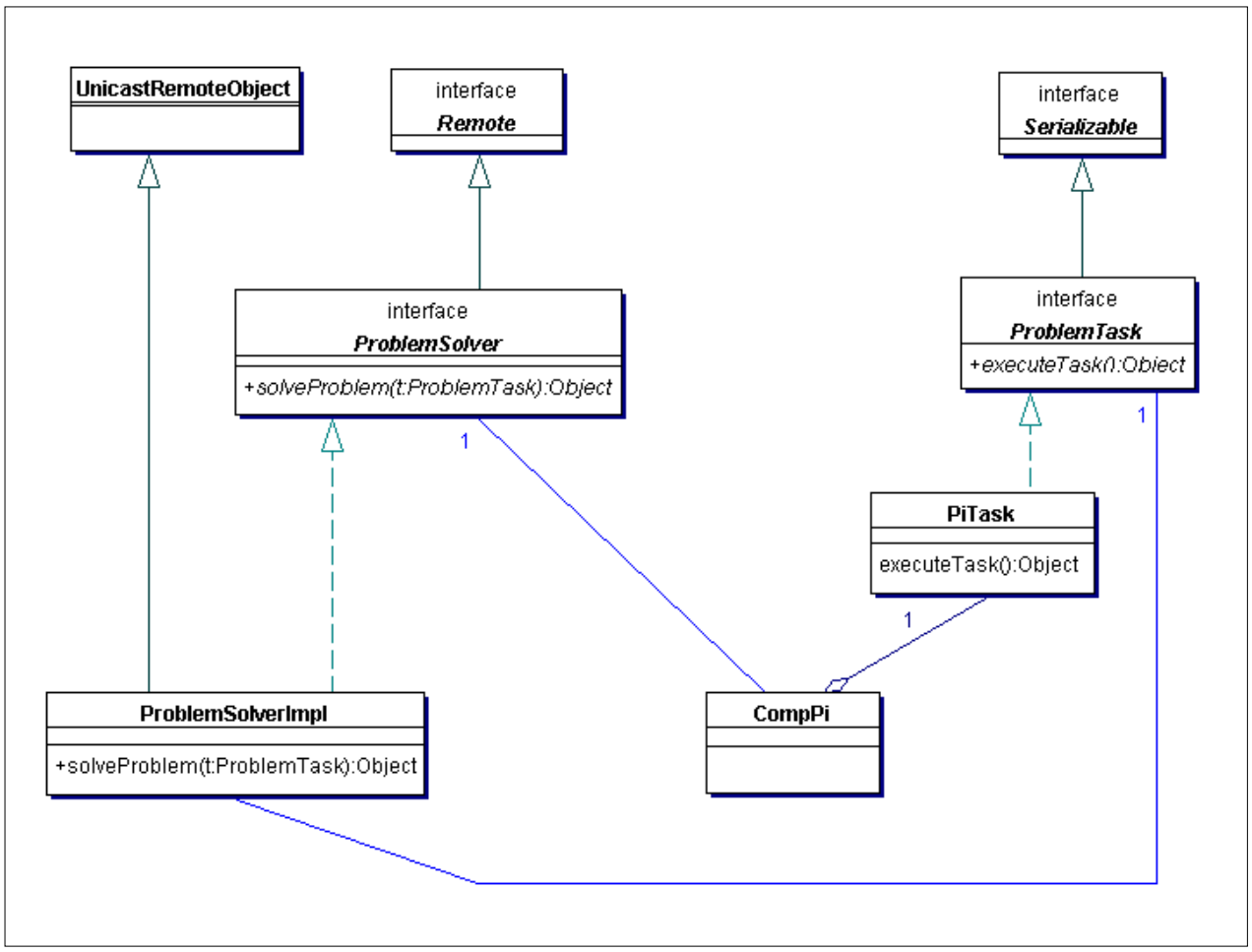
◇ Der Client wird durch die Klasse `CompPi` implementiert.
Diese Klasse besitzt nur eine statische `main()`-Methode, in der die gesamte Client-Funktionalität zusammengefaßt ist. Diese Funktionalität besteht aus :

- Installation eines RMISecurityManagers, falls noch kein SecurityManager in der JVM installiert ist.
- Überprüfung auf die richtige Anzahl von Kommandozeilenparametern.
  Das Client-Programm muss mit zwei Kommandozeilenparametern aufgerufen werden :
  Server (Name oder IP-Adresse) und gewünschte Genauigkeit.
  Bei einer falschen Anzahl von Kommandozeilenparametern ist ein Hinweis auf das richtige Aufrufformat an der Konsole (=Standardfehlerausgabe) auszugeben und das Programm zu beenden.
  Bei einer richtigen Anzahl von Kommandozeilenparametern sind die folgenden weiteren Aktivitäten auszuführen :
- Erfragen einer lokalen Referenz auf das entfernte RMI-Server-Objekt bei der RMI-Registry
- Ermittlung der internen Darstellung des Zahlenwerts der Genauigkeit (Typ `double`) aus dem entsprechenden Kommandozeilenparameter :
  ```
  double prec = Double.parseDouble(args[1]);
  ```
- Erzeugung eines Objekts der Klasse `PiTask` (Aufgabenobjekt).
- Aufruf der Methode `solveProblem()` für die erhaltene Referenz auf das RMI-Server-Objekt unter Übergabe des erzeugten Aufgabenobjekts als Parameter.
  Der Rückgabewert dieses Methodenaufrufs ist ein Objekt der Wrapper-Klasse `Double`, das den ermittelten Wert für `PI` (Typ `double`) kapselt.
- Entkapselung des ermittelten Werts `res` für `PI` aus dem Rückgabeobjekt `resObj` (der Klasse `Double`) :
  ```
  double res = resObj.doubleValue();
  ```
- Ausgabe des Ergebnisses an der Konsole (= Standardausgabe), begrenzt auf die genaue Stellenanzahl `digits`.
  Diese läßt sich aus der Genauigkeit `prec` wie folgt ermitteln :
  ```
  int digits = -(int)Math.round(Math.log(prec)/Math.log(10.0))-1;
  ```
- Die Ergebnisausgabe kann dann erfolgen mittels :
  ```
  System.out.println((new BigDecimal(res)).setScale(digits,
       BigDecimal.ROUND_HALF_UP));
  ```

Übungen zu Verteilte Systeme : Aufgabe zu Java-RMI (3)

- **Klassendiagramm zur Lösung :**

  Die statischen Beziehungen der für die Lösung benötigten Klassen (Server- und Client-Seite) können durch das folgende Klassendiagramm beschrieben werden :



- **Anmerkungen zur Entwicklungsumgebung.:**

  ◇ Die Entwicklung findet unter **WINDOWS XP** statt.
  Als Entwicklungswerkzeuge stehen der Editor **`SciTe`** und die Tools des Java Development Kits (**JDK**) 1.x zur Verfügung.

  ◇ Der Editor `SciTe` ist als Windows-Applikation zu starten (Icon auf Desktop)

  ◇ Die Tools des JDK müssen über Kommandozeilenaufrufe aus einem Konsolen-Fenster (DOS-Box) gestartet werden.

  ◇ Kontrollieren Sie, ob
  - die Environment-Variable **`PATH`** u.a. den Pfad zum Aufruf der JDK-Tools enthält (**`C:\Programme\jdk1.x.y_zz\bin`**)
  - die Environment-Variable **`CLASSPATH`** auf das aktuelle Directory (**`.`**) gesetzt ist

  ◇ Legen Sie im – vorhandenen – Directory **`L:\Projects`** die Verzeichnisse **`Server`** und **`Client`** an.
  Das Directory **`L:\Projects\Server`** ist das **Arbeits-Directory** für die Entwicklung und Start des **Servers**.
  Das Directory **`L:\Projects\Client`** ist das **Arbeits-Directory** für die Entwicklung und Start des **Clients**.

  Legen Sie in beiden Arbeits-Directories jeweils die Directory-Struktur **`vs\rmiprobsolv`** an.
  Alle vom Editor und den JDK-Tools erzeugten Dateien für den Server bzw den Client sind in dem jeweiligen Directory **`rmiprobsolv`** abzulegen.

Übungen zu Verteilte Systeme : Aufgabe zu Java-RMI (4)

- **Anmerkungen zur Realisierung :**
  - ◇ **Allgemeines** :
    - ▻ **Jedes** Interface und jede Klasse muss in einer **eigenen Datei** definiert werden.
      Jede Quell-Datei muss den jeweiligen Klassennamen als Hauptnamen und die Extension **`.java`** tragen.
    - ▻ Alle Interfaces und Klassen sollen zum Package **`vs.rmiprobsolv`** gehören.
      → jede Java-Quelldatei muss die folgende Package-Deklaration enthalten :
      `package vs.rmiprobsolv;`
    - ▻ Jede Java-Quellcode-Datei ist getrennt mit dem Java-Compiler **`javac`** zu übersetzen
      → Erzeugung von Java-Bytecode-Dateien, Extension **`.class`**.
      Ausgehend vom jeweiligen Arbeitsdirectory (`L:\Projects\Server` bzw `L:\Projects\Client`) ist die zu übersetzende Quelldatei durch eine relative Pfadangabe zu referieren,
      z.B. **`javac vs\rmiprobsolv\ProblemSolverImpl.java`**
  - ◇ **Erzeugung der Interfaces**
    - ▻ Die beiden Interfaces **`ProblemTask`** und **`ProblemSolver`** werden sowohl vom Client als auch vom Server benötigt.
    - ▻ Erzeugen Sie die Quellcode-Dateien für die Interfaces und legen Sie sie im Server-Dateien-Directory **`L:\Projects\Server\vs\rmiprobsolv`** ab.
    - ▻ Öffnen Sie ein Konsolen-Fenster und gehen Sie in das Arbeits-Directory des Servers **`L:\Projects\Server`**
    - ▻ Übersetzen Sie die Quellcode-Dateien (s. oben, Allgemeines)
    - ▻ Nach erfolgreicher Übersetzung sind die erzeugten Java-Bytecode-Dateien in das Client-Dateien-Directory **`L:\Projects\Client\vs\rmiprobsolv`** zu kopieren..
  - ◇ **Erzeugung und Start des Servers**
    - ▻ Erzeugen Sie die Quellcode-Datei für die Server-Klasse **`ProblemSolverImpl`** und legen Sie sie im Server-Dateien-Verzeichnis `L:\Projects\Server\vs\rmiprobsolv` ab.
    - ▻ Bleiben Sie im Konsolenfenster in dem Arbeits-Directory des Servers **`L:\Projects\Server`**
    - ▻ Übersetzen Sie die Quellcode-Datei (s. oben, Allgemeines)
    - ▻ Erzeugen Sie Stub-Klasse für die Server-Implementierung mit dem RMI-Compiler **`rmic`**.
      Die – als Java-Bytecode-Datei vorliegende – Server-Klasse muss mit ihrem vollqualifizierten Package-Namen angegeben werden.
      `rmic vs.rmiprobsolv.ProblemSolverImpl`
    - ▻ Kopieren Sie die erzeugte Datei **`ProblemSolverImpl_stub.class`** zusammen mit den Java-Bytecode-Dateien für die Interfaces **`ProblemSolver.class`** und **`ProblemTask.class`** in das – vorhandene – Directory **`L:\public_html\ServerWebspace`**.
      (Es ist eine dem Package-Namen entsprechende Directory-Struktur anzulegen)
      Damit liegen sie tatsächlich auf dem Server **`ti1`** und können von dort (durch den Client) heruntergeladen werden.

Übungen zu Verteilte Systeme : Aufgabe zu Java-RMI (5)

- **Anmerkungen zur Realisierung, Forts. :**
  - ▻ Starten Sie die RMI-Registry auf dem Standardport (`1099`). in einem Konsolen-Fenster, in dem die Environment-Variable **`CLASSPATH` nicht** gesetzt ist :

```
set CLASSPATH=

rmiregistry -J-Djava.rmi.server.useCodebaseOnly=false
```

  - ▻ Starten Sie in einem anderen Konsolenfenster (`CLASSPATH` muss wie oben gesetzt sein) aus dem Server-Arbeits-Directory `L:\Projects\Server` den Server.
    Geben sie beim Aufruf der JVM die von der RMI-Registry zu verwendende Codebase (= Server und Directory), die die Stub-Klasse enthält, an:

```
java -Djava.rmi.server.codebase=http://ti1/~<user>/ServerWebspace/
     -Djava.rmi.server.useCodebaseOnly=false
      vs.rmiprobsolv.ProblemSolverImpl
```

    Hinweis: `<user>` entspricht Ihrer Praktikumskennung (z. B. `vs53`).

  - ◇ **Erzeugung und Start des Clients** :
    - ▻ Erzeugen Sie die Quellcode-Dateien für die Client-Klassen **`PiTask`** und **`CompPi`** und legen Sie sie im Client-Dateien-Verzeichnis **`L:\Projects\Client\vs\rmiprobsolv`** ab.
    - ▻ Öffnen Sie ein neues Konsolen-Fenster und wechseln Sie in das Arbeits-Directory des Clients **`L:\Projects\Client`**
    - ▻ Übersetzen Sie die Quellcode-Dateien (s. oben, Allgemeines)
    - ▻ Kopieren Sie die Java-Byte-Code-Datei für die Klasse des Aufgabenobjekts **`PiTask.class`** in und die Java-Bytecode-Dateien der Interfaceklassen in das Package-Verzeichnis unterhalb von **`L:\public_html\ClientWebspace`**.
      (Es ist auch hier eine dem Package-Namen entsprechende Directory-Struktur anzulegen)
      Damit liegt die Datei tatsächlich auf dem Server `ti1` und kann von dort (vom Server) heruntergeladen werden.
    - ▻ Öffnen Sie ein weiteres Konsolen-Fenster und gehen Sie in das Arbeitsverzeichnis des Clients **`L:\Projects\Client`**
    - ▻ Starten Sie in dem Konsolen-Fenster den Client.
      Geben Sie beim Aufruf der JVM die Codebase, in der sich die Bytecode-Datei **`PiTask.class`** befindet, an:

```
java -Djava.rmi.server.codebase=http://ti1/~<user>/ClientWebspace/
 -Djava.rmi.server.useCodebaseOnly=false
  vs.rmiprobsolv.CompPi localhost <genauigkeit>
```

    - ▻ Nun soll ihr Client mit dem Server Ihres Betreuers interagieren.
      Die für den Client-Aufruf benötigte **IP-Adresse des Servers** (1. Kommandozeilenparameter**)**
      wird Ihnen vom Betreuer zu Beginn des Praktikums mitgeteilt.
  - ◇ **Ergänzungen (ab Sommersemester 2014)** :
    - ▻ Erstellen Sie eine weitere Klasse **`PiTask2`** die ebenfalls **`ProblemTask`** implementiert und die Zahl `PI` mithilfe eines Monte-Carlo-Algorithmus ermittelt.
      (s. **`http://pigen.de.pn/`** bzw. **`http://www.zum.de/Faecher/Inf/RP/Java/java_1.htm`**).
    - ▻ Ändern Sie **`CompPi`** nun so ab, dass der implementierte Algorithmus der Klasse **`PiTask2`** verwendet wird. Wiederholen Sie nun die Punkte in **Erzeugung und Start des Clients** mit der neuen Client-Klasse **`PiTask2`**.