

Verteilte Systeme - Übung

Tobias Distler, Michael Gernoth, Reinhard Tartler

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Informatik 4 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)

www4.informatik.uni-erlangen.de

Sommersemester 2008

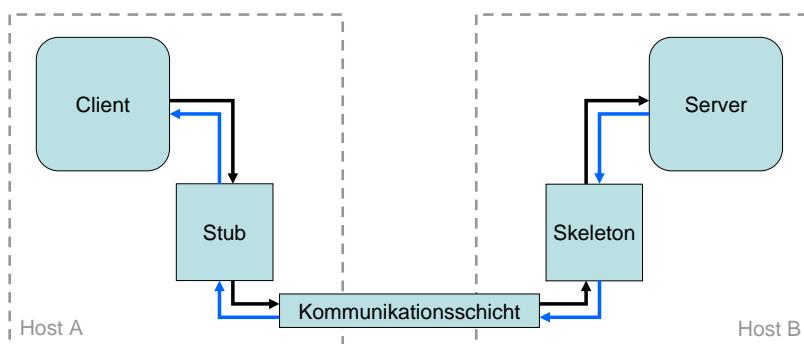
Tobias Distler, Michael Gernoth, Reinhard Tartler

VS-Übung

Stubs revisited
Callback
JUnit
Übungsaufgabe 4

VS-Übung

- ▶ Entwicklung eines eigenen Fernaufrufsystems
- ▶ Orientierung an Java RMI



Tobias Distler, Michael Gernoth, Reinhard Tartler

VS-Übung

Stubs revisited
Callback
JUnit
Übungsaufgabe 4

Überblick

Callback

Stubs revisited
Callback
JUnit
Übungsaufgabe 4

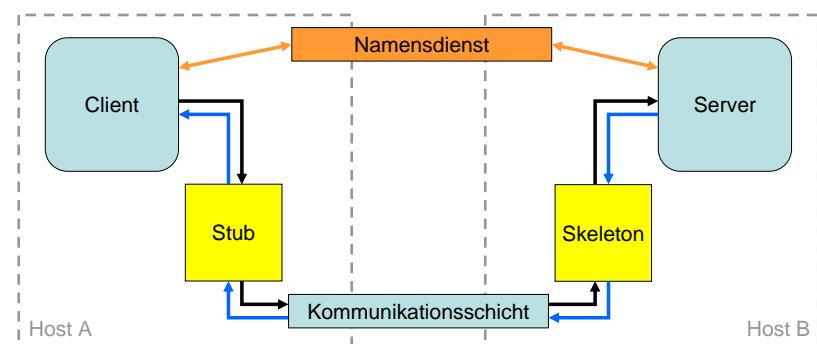
Tobias Distler, Michael Gernoth, Reinhard Tartler

VS-Übung

Stubs revisited
Callback
JUnit
Übungsaufgabe 4

Übungsaufgabe 4

- ▶ Integration von Rückrufen
- ▶ Bereitstellung eines Namensdienstes
- ▶ Ausführliche Tests



Tobias Distler, Michael Gernoth, Reinhard Tartler

VS-Übung

Callback

Stubs revisited

Callback

JUnit

Übungsaufgabe 4

Designentscheidung

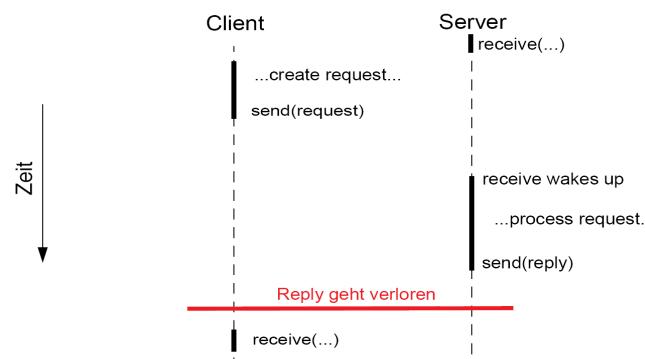
Wo soll die {S,Des}erialisierung der Parameter stattfinden?

- ▶ Im Kommunikationssystem
 - ▶ Nachrichtenformat: beliebige Objekte
 - ▶ **Stub & Skeleton einfach**
 - ▶ **Abhängigkeit von jeweiliger Kommunikationssystem-Implementierung → Probleme bei heterogenen Kommunikationssystemen**

- ▶ In Stub & Skeleton
 - ▶ Nachrichtenformat: Byte-Array
 - ▶ **Stub & Skeleton komplexer**
 - ▶ **Unabhängigkeit von Kommunikationssystem-Implementierungen**

Problemszenario

Ein Feraufruf aus Sicht von Stub & Skeleton (Skizze)

→ **Timing-Problem**

Timing-Problem

Lösungsmöglichkeiten

- ▶ Problemlösung auslagern
 - ▶ Pufferung ankommender Daten in unteren Schichten
 - ▶ z.B. im Empfangs-Socket
- ▶ Optimistische Lösung bei echter Verteilung
 - ▶ Ausnutzung der Netzwerklatenz
 - ▶ Mit hoher Wahrscheinlichkeit tritt das Problem nicht auf
- ▶ Sichere Lösung
 - ▶ Mehrere Threads auf Client-Seite
 - ▶ `receive()` wird vor `send()` aufgerufen

Callback

Stubs revisited

Callback

JUnit

Übungsaufgabe 4

Probleme mit Referenzen in Fernaufrufen

Primitive Referenzen

- ▶ Lokaler Methodenaufruf
 - ▶ Identischer Adressraum
 - ▶ Referenz auch in aufgerufener Methode gültig
 - Callback erfordert keine spezielle Betrachtung
 - ▶ Fernaufruf
 - ▶ Unterschiedliche Adressräume
 - ▶ Referenz normalerweise nicht in aufgerufener Methode gültig
 - Ausnahme: z.B. "Distributed Shared Memory (DSM)"-Systeme
 - Einfache Übertragung einer Referenz (meist) nicht sinnvoll
 - Spezielle Semantiken für Fernaufrufe notwendig

Callback

Beispielszenario (vgl. Übungsaufgabe 1)

- ## ► Server-Seite

```
public interface Messageboard extends Remote {  
    public void post(Message msg);  
    public Message[] get(int n);  
    public void addListener(MessageboardListener listener);  
}
```

- ## ► Client-Seite

```
public interface MessageboardListener extends Remote {  
    public void newMessagePosted(Message msg);  
}
```

- Der Server muss den Client (per Fernaufruf) zurückrufen können
 - Dem Server muss eine Referenz auf den Client vorliegen

Umsetzungsmöglichkeiten in verteilten Systemen

Call-by-Value-Result

- ▶ **Funktionsweise**
 - ▶ Auf Server-Seite wird eine Kopie des Originalobjekts erzeugt
 - ▶ Aufgerufene Methode kann Kopie modifizieren
 - ▶ Kopie wird an Client zurückgesendet
 - ▶ Originalobjekt wird durch Kopie ersetzt
 - ▶ **Nachteile**
 - ▶ Gültigkeit der Referenz ist beschränkt auf Methodenausführung
 - ▶ Bei Beendigung der Methode wird Kopie für Server wertlos
 - ▶ Referenz kann nicht dauerhaft gespeichert werden
 - ▶ Komplettes Objekt wird doppelt übertragen
 - ▶ Betrifft auch Daten, die auf Server-Seite nicht benötigt werden
 - ▶ Problematisch für große Objekte

Umsetzungsmöglichkeiten in verteilten Systemen

Call-by-Reference

- ▶ Funktionsweise
 - ▶ Objekt wird auf Client-Seite für Fernaufrufe verfügbar gemacht
 - ▶ Dem Server wird als Parameter eine Objektreferenz übergeben
 - ▶ Jeder serverseitige Zugriff auf das Objekt erfolgt per Fernaufruf
 - ▶ Aufgerufene Prozedur kann Daten des Aufrufers direkt verändern
- ▶ Vorteile gegenüber Call-by-Value-Result
 - ▶ Speicherung der Referenz für spätere Verwendung möglich
 - ▶ Geringere zu übertragende Datenmenge
- ▶ Nachteil
 - ▶ Im allgemeinen Fall meist nur mit spezieller Betriebssystem-Unterstützung möglich

Verwaltung von Callback-{Stubs,Skeletons}

- ▶ Naiver Ansatz
 - ▶ Bei jedem Marshalling einer Objekt-Referenz wird ein neuer Stub, sowie ein neuer Skeleton erzeugt
 - Unnötig, falls die selbe Objektreferenz mehrfach übertragen wird!
- ▶ Übliches Verfahren in vielen Fernaufrufsystemen:
 - Verwaltung mittels Hashtabellen
 - ▶ Client-Seite: Abbildung lokaler Objektreferenzen auf Skeletons
 - ▶ Server-Seite: Abbildung von Remote-Referenzen auf Stubs
 - Wie lange sollen diese Informationen verfügbar gehalten werden?

Umsetzungsmöglichkeiten in verteilten Systemen

Call-by-Reference in Objekt-orientierten Programmiersprachen

- ▶ Funktionsweise
 - ▶ Objekt kapselt Daten
 - ▶ Zugriff (Idealfall) nur über Methodenaufrufe
 - ▶ Übertragung einer Remote-Referenz führt auf Server-Seite automatisch zur Erzeugung eines Objekt-Stubs
 - ▶ Server kann transparent auf das Original-Objekt zugreifen
- ▶ Einschränkung
 - ▶ Kein direkter Zugriff auf Objektdaten (keine "public"-Variablen)
- Problem ohne spezielle Betriebssystem-Unterstützung lösbar

Verwaltung von Callback-{Stubs,Skeletons}

Freigabe von Stubs und Skeletons

- ▶ Allgemein
 - ▶ Wo?
 - ▶ In der Server-Methode
 - ▶ Im Skeleton des Original-Fernauftrags (auf Server-Seite)
 - ▶ Wie?
 - ▶ Explizit: z.B. konkrete Anweisung
 - ▶ Implizit: z.B. Methodenende
 - ▶ Automatisiert: z.B. Garbage-Collection
- ▶ Java-RMI
 - ▶ Stub wird gelöscht, sobald keine Referenz mehr auf ihn verweist (reguläre Garbage Collection)
 - ▶ Zusätzlich: Distributed Garbage Collection

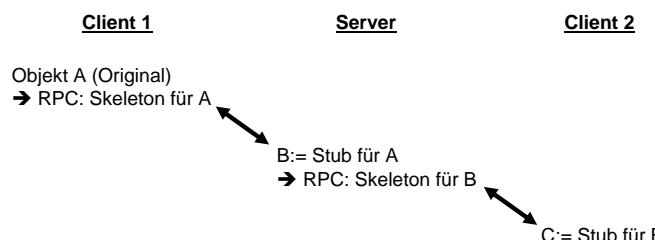
Verwaltung von Stubs & Skeletons in Java-RMI

Distributed Garbage Collection

- ▶ Jeder Server unterhält jeweils einen Remote-Referenzen-Zähler auf von ihm bereitgestellte Remote-Objekte
 - ▶ `dirty()`
 - ▶ Inkrementiert Zähler
 - ▶ Aufgerufen vom Client bei Stub-Erzeugung (per Fernaufruf)
 - ▶ `clean()`
 - ▶ Dekrementiert Zähler
 - ▶ Aufgerufen vom Client bei Stub-Freigabe (per Fernaufruf)
- ▶ Lokal bereitgestelltes Remote-Objekt wird vom Server der Garbage Collection überlassen, sobald
 - ▶ keine lokalen Referenzen mehr auf das Objekt existieren **und**
 - ▶ der Remote-Referenzen-Zähler auf Null steht.

Aufrufketten

- ▶ Naive Umsetzung



- ▶ Optimierung

- ▶ Kein zusätzlicher Skeleton für B beim Server
- ▶ Weitergabe der Remote-Referenz auf A an Client 2

Verwaltung von Stubs & Skeletons in Java-RMI

Distributed Garbage Collection: Leases

- ▶ Garantie des Servers an den Client, dass ein bestimmtes Remote-Objekt für eine gewisse Zeit (Default-Wert: 10 Minuten) verfügbar ist
- ▶ Wird beim Aufruf von `dirty()` zurückgegeben
- ▶ Kann durch erneuten Aufruf von `dirty()` verlängert werden (erfolgt üblicherweise nach Ablauf der Hälfte der Lease-Dauer)
- ▶ Wird ein Lease vom Client nicht verlängert, dekrementiert der Server den entsprechenden Remote-Referenzen-Zähler
- ▶ Leases stellen eine Absicherung des Servers gegen Verbindungs- bzw. Client-Ausfälle dar

Unit-Testing

- ▶ “Unit”
 - ▶ Kleinste testbare Einheit einer Applikation
 - ▶ Beispiele
 - ▶ Funktion
 - ▶ Programm
- ▶ Motivation
 - ▶ Inkrementelle Entwicklung
 - ▶ Weniger Debugging am kompletten System
 - ▶ Kleinerer Programmcode
 - ▶ Reduzierung des Wartungsaufwands

Übersicht

- ▶ Allgemeine Testklasse (`junit.framework.TestCase`)
 - ▶ Dient als Oberklasse für alle JUnit-Tests
 - ▶ Verwaltet Einzeltests
 - ▶ Erzeugt Testumgebung
- ▶ Einzeltest
 - ▶ Implementierung in Methode einer Unterklasse von `TestCase`
 - ▶ Methodename des Einzeltests beginnt mit „test“
- ▶ Skizze

```
public class MyTest extends TestCase {
    public void testMyObjectFirstTest() { [...] }
    public void testMyObjectSecondTest() { [...] }
    [...]
}
```

Suites

`junit.framework.TestSuite`

- ▶ Aufbau
 - ▶ Zusammenfassung einzelner Testfälle
 - ▶ Schachtelung von Test-Suites möglich
- ▶ Umsetzung
 - ▶ Bereitstellung mittels statischer Methode `suite()`

```
public static Test suite()
```

Skizze

```
public class TestSuiteExample extends TestCase {
    public static Test suite() {
        TestSuite suite = new TestSuite();
        suite.addTest(new TestSuite(MyTest.class));
        suite.addTest(new TestSuite(AnotherTest.class));
        return suite;
    }
}
```

Fixtures

`junit.framework.TestCase`

- ▶ Vordefinierte Methoden
 - ▶ `protected void setUp()`
 - ▶ Einrichtung von Rahmenbedingungen
 - ▶ z.B. Erzeugung von Objekten, Aufbau von Verbindungen
 - ▶ `protected void tearDown()`
 - ▶ Aufräumen der Testumgebung
 - ▶ z.B. Objekte freigeben, Sockets schließen
- ▶ Ablauf für jeden Einzeltest
 1. `setUp()`
 2. `testMyObject()` (eigentlicher Test)
 3. `tearDown()`
- ▶ Verwendung optional

Zusicherungen

- ▶ **assert*-Methoden (alle statisch)**
 - ▶ `assertTrue()` stellt fest, ob eine Bedingung wahr ist
 - ▶ `assertEquals()` verifiziert, ob zwei Objekte gleich sind
 - ▶ `assertNull()` prüft, ob Ausdruck `null`
 - ▶ `assertSame()` verifiziert, ob zwei übergebene Referenzen auf das gleiche Objekt verweisen
 - ▶ ...
- ▶ **fail()-Methode**
 - ▶ Signalisiert, dass eine Stelle im Testfall erreicht wurde, die bei korrekter Ausführung nicht hätte erreicht werden dürfen
 - ▶ Beispiel

```
try {
    int[] array = new int[4];
    array[4] = 47;
    fail("ArrayIndexOutOfBoundsException expected");
} catch(ArrayIndexOutOfBoundsException e) {}
```

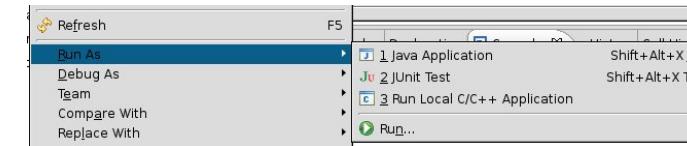
Testlauf starten

- ▶ Kommandozeile
 - ▶ Allgemein: per `junit`-Skript

```
junit <Klassenname>
```
 - ▶ Beispiel

```
junit vsue.tests.VSCallbackTest
```

▶ Eclipse



Beispiel

Beispielklasse Money

```
public class Money {
    private double amount;

    public Money(double amount) {
        this.amount = amount;
    }

    public double getAmount() {
        return this.amount;
    }

    public double addAmount(double amount) {
        this.amount += amount;
        return getAmount();
    }
}
```

Beispiel

Testklasse MoneyTest

```
import junit.framework.TestCase;

public class MoneyTest extends TestCase {
    public MoneyTest(String name) {
        super(name);
    }

    public void testGetAmount() {
        Money money = new Money(2.0);
        assertTrue(2.0 == money.getAmount());
    }

    public void testAddAmount() {
        Money money = new Money(1.0);
        assertTrue(2.0 == money.addAmount(1.0));
    }
}
```

Callback

Stubs revisited

Callback

JUnit

Übungsaufgabe 4

Übersicht

Teilaufgaben

- ▶ Integration von Rückrufen
- ▶ Bereitstellung eines Namensdienstes
- ▶ Ausführliche Tests

Integration von Rückrufen

▶ Kombination von Funktionalitäten

- ▶ Client muss auch Remote-Objekte bereitstellen können
- ▶ Server muss auch Fernaufruf starten können
- Verschmelzung von VSClient und VSServer zu VSRemoteEntity

```
public class VSRemoteEntity {
    public void init(int serverPort);
    public void exportObject(Object object);
    public Object lookup(String host, int port,
                        Class interfaceClass);
}
```

▶ Integration von Call-by-Reference

Neues Interface für Remote-Dienste: VSRemote

- ▶ Parameter implementiert VSRemote → by-Reference
- ▶ Parameter implementiert **nicht** VSRemote → by-Value (wie bisher)

Bereitstellung eines Namensdienstes

▶ Funktionalität

- ▶ Verwaltung von Remote-Referenzen
- ▶ Gezielter Zugriff auf einzelne Remote-Objekte über „Namen“

▶ Schnittstelle (vgl. java.rmi.Naming)

```
public interface VSNameService {
    public void bind(String name, VSRemote object);
    public String[] list(String name);
    public VSRemote lookup(String name);
    public void rebind(String name, VSRemote object);
    public void unbind(String name);
}
```

▶ Umsetzung

Integrierte Lösung (→ keine externe Registry)

Bereitstellung eines Namensdienstes

Namensdienst als Remote-Objekt

- ▶ Problemstellungen
 - ▶ Dienst kann auch lokal aufgerufen werden
entscheidendes Kriterium: Adresse im Parameter `name`
 - ▶ Die Registrierung eines Remote-Objekts (`bind()`) erfolgt nicht notwendigerweise beim Namensdienst des selben Hosts, auf dem es zuvor exportiert wurde
 - ▶ Mögliche Umsetzung
 - ▶ Remote-Komponente
 - ▶ Verwaltung lokal registrierter Remote-Objekt
 - ▶ Bereitstellung von Objekt-Referenzen (im Zuge von `lookup`)
 - ▶ Lokale Komponente
 - ▶ Erzeugung von Stubs aus Remote-Referenzen (`lookup`)
- Jeder Host muss beide Komponenten aufweisen!

Ausführliche Tests

Testen mit JUnit

- ▶ Ziele
 - ▶ Alle Fehler der aktuellen Implementierung des Fernaufrufsystems sollen gefunden werden!
 - ▶ Komplettierung der Systemfunktionalität
- ▶ Vorgehensweise
 - ▶ Überprüfung des Systemverhaltens im fehlerfreien Fall
 - ▶ Überprüfung des Systemverhaltens in absichtlich herbeigeführten Fehlersituationen
- ▶ Mögliche Szenarien
 - ▶ Portierung (und Erweiterung) der Messageboard-Implementierung aus Aufgabe 1
 - ▶ Implementierung eines eigenen Testfalls

Ausführliche Tests

Mögliche Fehlerquellen

- ▶ Applikation
 - ▶ Identische Fehlersituation entsteht auch bei lokalem Aufruf
 - ▶ Beispiele:
 - ▶ Unerlaubte Eingaben
 - ▶ Programmierfehler

→ Fernaufrufsystem muss Fehlermeldung nur propagieren

- ▶ Fernaufrufsystem
 - ▶ Fehler sind im Fernaufruf bedingt
 - ▶ Beispiele:
 - ▶ Unerreichbarer Server
 - ▶ Verbindungsabbruch
 - ▶ ...
 - ▶ Näheres in der Tafelübung zu Aufgabe 5...

→ Fernaufrufsystem muss Fehler behandeln

Ausführliche Tests

Exceptions bei Fernaufrufen in Java

- ▶ Applikation
 - ▶ Allgemeine Laufzeitfehler (`RuntimeException`)
 - ▶ `NullPointerException`
 - ▶ `BufferOverflowException`
 - ▶ `ClassCastException`
 - ▶ ...
 - ▶ Methodenspezifische Fehler
 - ▶ `IOException`
 - ▶ `InstantiationException`
 - ▶ `NoSuchMethodException`
 - ▶ ...

→ Exception muss zum Aufrufer durchgereicht werden

- ▶ Fernaufrufsystem
 - ▶ Kommunikation: `RemoteException`
 - ▶ (Allgemeine Laufzeitfehler: siehe oben)

Ausführliche Tests

Variationsmöglichkeiten

- ▶ Methodensignaturen (Parameter & Rückgabewert)
 - ▶ Ausschließlich primitive Datentypen bzw. Objekte
 - ▶ Mischung aus beidem
 - ▶ Keine Parameter
- ▶ Parameterwerte
 - ▶ Sinnvolle Eingaben
 - ▶ Falsche Eingaben (z.B. null) → Ausnahmebehandlung!
- ▶ Remote-Objekte
 - ▶ Zustandsbehaftet
 - ▶ Zustandslos
- ▶ Clients
 - ▶ Sequenzieller Zugriff
 - ▶ Paralleler Zugriff
- ▶ ...