Verteilte Systeme – Übung

Java Remote Method Invocation

Sommersemester 2023

Laura Lawniczak, Harald Böhm, Tobias Distler

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Informatik 4 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)
Lehrstuhl Informatik 16 (Systemsoftware)

https://sys.cs.fau.de

Lehrstuhl für Verteilte Systeme
und Betriebssysteme

FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG

TECHNISCHE FAKULTÄT

Überblick

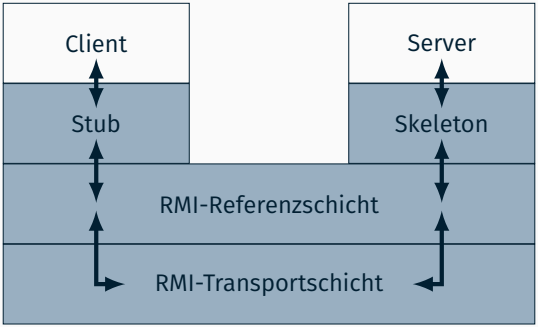
Java Remote Method Invocation

Methodenfernaufruf

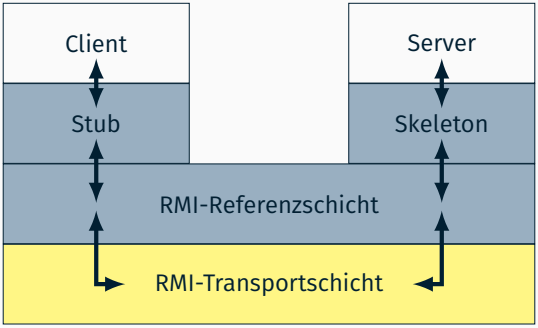
- Remote Method Invocation (RMI)
  - Aufrufe von Methoden an Objekten auf anderen Rechnern
  - *Remote-Referenz*: Transparente Objektreferenz zu entferntem Objekt

```
// Lokaler Aufruf
localReference.method();
// Fernaufruf
remoteReference.method();
```

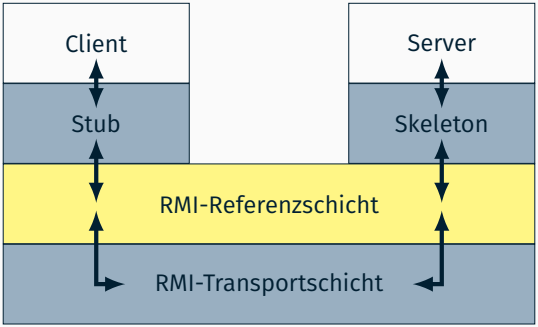
- Beispiel: Java RMI



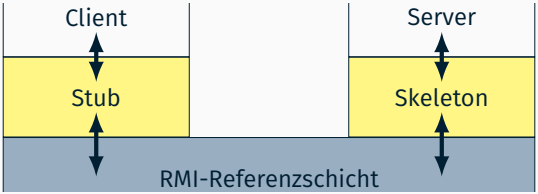
- Datenübertragung zwischen Rechnern
- Implementierung
  - Aktueller Standard: Verwendung von TCP/IP-Sockets
  - Generell: Verschiedene Transportmechanismen denkbar



- Verwaltung von Remote-Referenzen
- Implementierung der Aufrufsemantik (Beispiele)
  - Unicast, Punkt-zu-Punkt
  - Strategien zum Wiederaufbau der Verbindung nach einer Unterbrechung



- Stub
  1. erhält einen Objekt-Ausgabe-Strom von der RMI-Referenzschicht
  2. schreibt die Parameter in diesen Strom
  3. weist die RMI-Referenzschicht an, die Methode aufzurufen
  4. holt einen Objekt-Eingabe-Strom von der RMI-Referenzschicht
  5. liest das Rückgabe-Objekt aus diesem Strom
  6. liefert das Rückgabe-Objekt an den Aufrufer
- Skeleton
  1. erhält einen Objekt-Eingabe-Strom von der RMI-Referenzschicht
  2. liest die Parameter aus diesem Strom
  3. ruft die Methode am implementierten Objekt auf
  4. holt einen Objekt-Ausgabe-Strom von der RMI-Referenzschicht
  5. schreibt das Rückgabe-Objekt in diesen Strom

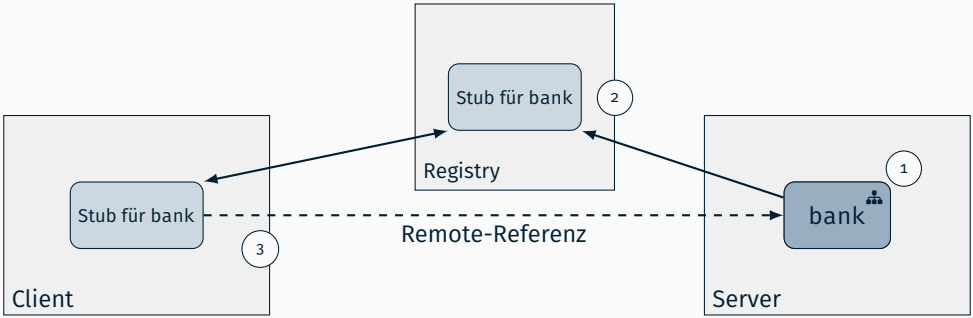


- *Remote-Objekt* (entferntes Objekt)
  - Kann aus einer anderen Java Virtual Machine heraus genutzt werden
  - Erst von außerhalb erreichbar, nachdem es **exportiert** wurde
- *Remote-Schnittstelle*
  - Beschreibt die per Fernaufruf erreichbaren Methoden des Objekts
  - Abgeleitet von `java.rmi.Remote` (Marker-Schnittstelle)
  - Einzige Möglichkeit mit Java RMI auf ein entferntes Objekt zuzugreifen
- *Remote-Exception* (`java.rmi.RemoteException`)
  - Muss im `throws`-Clause jeder Remote-Methode angegeben sein
  - Beim Auftreten einer Remote-Exception weiß der Aufrufer nicht, ob die Methode komplett, teilweise oder gar nicht ausgeführt wurde

Java Remote Method Invocation

Beispiel

1. Exportieren
   - Lokales Objekt als Remote-Objekt exportieren
2. Bekannt machen
   - Remote-Objekt über eine Registry bekannt machen
   - (**oder**) Remote-Objekt direkt verschicken
3. Ausführen
   - Fernaufruf auf Remote-Referenz ausführen



- Geldbetrag `VSMoney`

```
public class VSMoney implements Serializable {
    private float amount;

    public VSMoney(float amount) {
        this.amount = amount;
    }

    public float getAmount() {  return amount;  }
}
```

- Konto `VSAccount` (Remote-Schnittstelle)

```
public interface VSAccount extends Remote {
    public void deposit(VSMoney money) throws RemoteException;
}
```

- Bank `VSBank` (Remote-Schnittstelle)

```
public interface VSBank extends Remote {
    public void deposit(VSMoney money, VSAccount account) throws RemoteException;
}
```

- `VSBankImpl`: Implementierung der Remote-Schnittstelle `VSBank`
- Exportieren des Remote-Objekts
  - Implizit: Unterklasse von `java.rmi.server.UnicastRemoteObject`

```
public class VSBankImpl extends UnicastRemoteObject implements VSBank {
   // Konstruktor
   public VSBankImpl() throws RemoteException { super(); }

   // Implementierung der Remote-Methode
   public void deposit(VSMoney money, VSAccount account) throws RemoteException {
       account.deposit(money);
   }
}
```

```
VSBank bank = new VSBankImpl();
```

  - Explizit: Aufruf von `UnicastRemoteObject.export()`

```
public class VSBankImpl implements VSBank { [...] }
```

```
VSBank b = new VSBankImpl();
VSBank bank = (VSBank) UnicastRemoteObject.exportObject(b, 0);
```

- Konto-Implementierung `VSAccountImpl`
  - Implementierung der Remote-Schnittstelle `VSAccount`
  - Exportieren analog zu `VSBankImpl`
  - Synchronisation paralleler `deposit()`-Aufrufe
  - [Auf welchem Rechner erscheint die Bildschirmausgabe?]

```
public class VSAccountImpl implements VSAccount {
    private float amount;

    public VSAccountImpl(float amount) {
        this.amount = amount;
    }

    public synchronized void deposit(VSMoney money) {
        amount += money.getAmount();
        System.out.println("New amount: " + amount);
    }
}
```

- Namensdienst
  - Bekanntmachen von Remote-Objekten
  - Abbildung von Objektnamen auf Objektreferenzen
- Registry-Schnittstelle

```
public interface Registry extends Remote {
    public void bind(String name, Remote obj);
    public Remote lookup(String name);
    [...]
}
```

  - `bind()` Zuordnung eines Objekts zu einem eindeutigen Namen
  - `lookup()` Rückgabe der Remote-Referenz zu einem Namen
- Erzeugung und Verbindung zur Registry

```
public class LocateRegistry {
    public static Registry createRegistry(int port);
    public static Registry getRegistry(String host, int port);
    [...]
}
```

  - `createRegistry()` Erzeugung einer Registry auf dem lokalen Rechner
  - `getRegistry()` Holen einer Remote-Referenz auf eine Registry

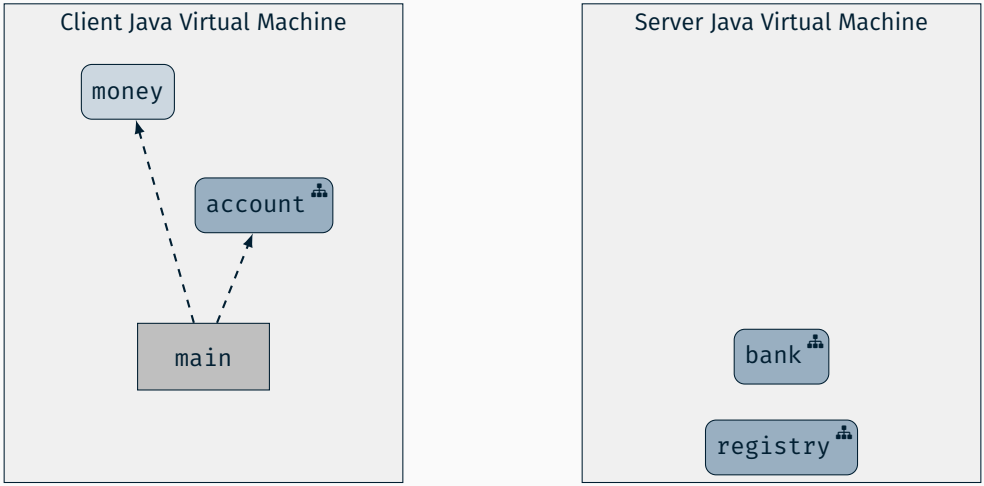
- Server-Implementierung `VSBankServer`
  - Erzeugen des Remote-Objekts
  - Exportieren des Remote-Objekts
  - Remote-Objekt mittels Registry bekannt machen

```
public class VSBankServer {
    public static void main(String[] args) throws Exception {
        // Remote-Objekt erzeugen
        VSBank bankImpl = new VSBankImpl();

        // Remote-Objekt auf Port 12678 exportieren
        VSBank bank = (VSBank) UnicastRemoteObject.exportObject(bankImpl, 12678);

        // Remote-Objekt bekannt machen
        Registry registry = LocateRegistry.createRegistry(12345);
        registry.bind("bank", bank);

        // Prozess weiterlaufen lassen
        Thread.sleep(Long.MAX_VALUE);
    }
}
```

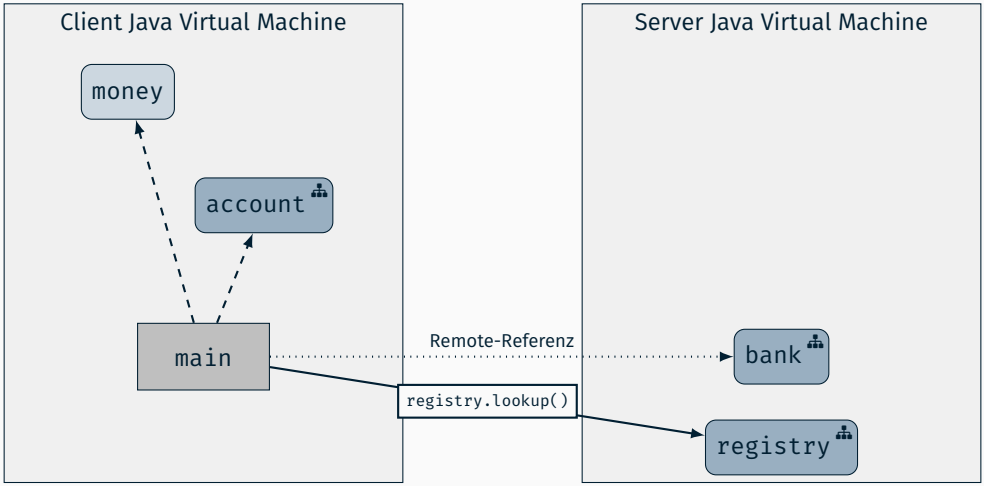
- Client-Implementierung `VSBankClient`

```java
public class VSBankClient {
    public static void main(String[] args) throws Exception {
        // Geldbetrag-Objekt anlegen
        VSMoney money = new VSMoney(10.0f);

        // Account anlegen und exportieren
        VSAccount accountImpl = new VSAccountImpl(100.0f);
        UnicastRemoteObject.exportObject(accountImpl, 0);

        // Remote-Referenz holen (Annahme: Server auf faui05a)
        Registry registry = LocateRegistry.getRegistry("faui05a", 12345);
        VSBank bank = (VSBank) registry.lookup("bank");

        // Geld einzahlen
        bank.deposit(money, accountImpl);

        // Account freigeben
        UnicastRemoteObject.unexportObject(accountImpl, true);
    }
}
```

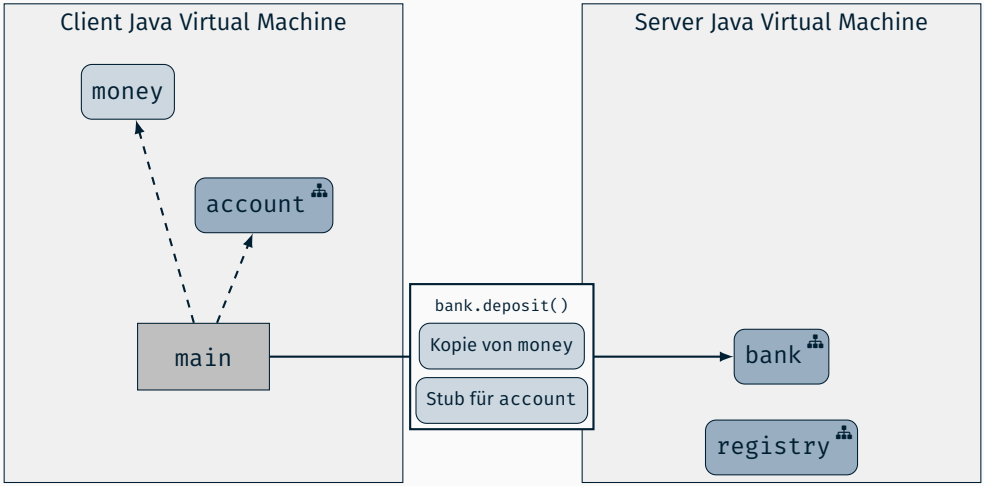
- Ausgangssituation vor Registry-Zugriff des Client



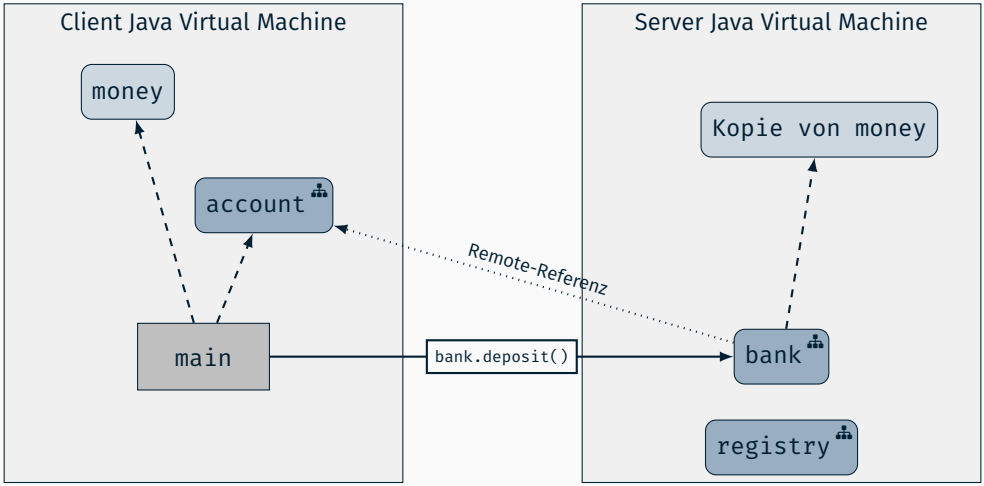
- Remote-Referenz auf `bank` von Registry holen



- Methodenaufruf von `bank.deposit()`



- Nach dem Auspacken der Parameter



- Methodenaufruf von `account.deposit()`