

Fernaufwurfsemantiken

Fehler bei Fernaufrufen

Fehlertolerante Fernaufrufe

Übungsaufgabe 3



Reaktion des Fernaufrufsystems auf Fehler

- In der Anwendung begründete Fehler
 - Fehlersituationen treten bei lokalem Methodenaufruf ebenfalls auf
 - Beispiele
 - Falsche Eingaben [Vergleiche: `VSAuctionException` bei `VSAuctionService.registerAuction()`]
 - Programmierfehler in der Anwendung
 - Reaktion des Fernaufrufsystems
 - Aus Sicht des Fernaufrufsystems: Reguläres Verhalten
 - Keine Fehlerbehandlung im Fernaufrufsystem → Transparente Signalisierung
- Im Fernaufruf begründete Fehler
 - Fehlersituationen sind bei lokalem Methodenaufruf nicht relevant
 - Beispiele
 - Rechner: Prozess-, Programm-, Rechnerabsturz, Verzögerungen (Überlast)
 - Nachrichten: Reihenfolgeänderung, Korruption, Verlust
 - Verbindung: Verlangsamung, Abbruch
 - Reaktion des Fernaufrufsystems
 - Fehlerbehandlung im Fernaufrufsystem
 - Signalisierung nur bei Scheitern der Fehlerbehandlung



■ Rechnerfehler

■ Lokaler Methodenaufruf

- Aufrufer und Aufgerufener in gleichem Maße betroffen
- Im Fehlerfall sind beide abgestürzt bzw. langsam

■ Fernaufruf

- Aufrufer und Aufgerufener können unabhängig ausfallen
- Im Fehlerfall ist eventuell nur einer betroffen

■ Kommunikationsfehler

■ Lokaler Methodenaufruf

- Keine Netzwerkkommunikation
- Fehlerart nicht relevant

■ Fernaufruf

- Temporäre oder sogar dauerhafte Fehler möglich
- Nicht alle Fehler lassen sich im Fernaufrufsystem tolerieren

■ Konsequenz

**Das komplexere Fehlermodell macht es unmöglich,
Fernaufrufe vollständig transparent zu realisieren!**



- Fehlertolerierung
 - Einsatz von Fernaufrufsemantiken
 - Problem: Nicht alle Fehler lassen sich tolerieren
- Fehlersignalisierung
 - **Verletzung der Transparenzeigenschaften**
 - Benachrichtigung an den Benutzer des Fernaufrufsystems
 - Benutzer des Fernaufrufsystems muss darauf vorbereitet sein
 - Umsetzung in Java RMI mittels `java.rmi.RemoteException`
 - Muss von jeder Methode einer Remote-Schnittstelle geworfen werden
 - **Verletzung der Zugriffstransparenz**
 - Unterklassen von `RemoteException` (Beispiele)

Exception	Beschreibung
<code>ConnectException</code>	Verbindungsaufbau fehlgeschlagen
<code>NoSuchObjectException</code>	Remote-Objekt nicht (mehr) verfügbar
<code>ServerError</code>	Auspacken der Anfrage, Ausführung der Methode oder Einpacken der Antwort fehlgeschlagen
<code>UnknownHostException</code>	Remote-Host nicht bekannt



- Probleme
 - Keine definitive Fehlererkennung (Liegt überhaupt ein Fehler vor?)
 - Keine exakte Fehlerlokalisierung (Wo liegt der Fehler?)
- Beispielszenario: Ein Client erhält keine Antwort auf seine Anfrage
 - Mögliche Gründe
 - Anfrage ging verloren
 - Antwort ging verloren
 - Server ausgefallen
 - Server überlastet
 - Netzwerk überlastet
 - ...
 - Konsequenz: Mindestens einer der beiden Fernaufruf-Teilnehmer kann nicht erkennen, ob (und wenn ja, wo) ein Fehler vorliegt
- Erkenntnis

Eine präzise Fehlererkennung ist in verteilten Systemen im Allgemeinen nicht möglich!



- **Ansatzpunkt**
 - Tolerierung von Kommunikationsfehlern
 - Wiederanlaufen nach Rechnerausfällen erfordert zusätzliche Mechanismen
- **Semantiken**
 - Maybe
 - At-Least-Once
 - At-Most-Once
 - Last-of-Many
- **Unterschiede**
 - Mehrmaliges Senden von Anfragen
 - Aktualität der Antworten
 - Anzahl der Ausführungen
 - Idempotente Operationen?
 - Duplikaterkennung?
 - Antwortspeicherung → Wie lange wird eine Antwort aufgehoben?



- At-Least-Once
 - Funktionsweise
 - Client wiederholt Anfrage, falls Antwort ausbleibt
 - Client akzeptiert die erste Antwort, die ihn erreicht
 - Eigenschaften
 - Anfragen werden eventuell mehrfach ausgeführt
 - Client verwendet eventuell veraltete Antwort

- At-Most-Once
 - Funktionsweise
 - Client wiederholt Anfrage, falls Antwort ausbleibt
 - Server speichert Antwort
 - Server sendet bei Anfragewiederholungen gespeicherte Antwort
 - Eigenschaften
 - Anfragen werden höchstens einmal ausgeführt
 - Speichern von Antworten erforderlich



- Last-of-Many
 - Funktionsweise
 - Client wiederholt Anfrage, falls Antwort ausbleibt
 - Client akzeptiert nur Antwort auf seine aktuellste Anfrage
 - Eigenschaften
 - Keine Antwortspeicherung nötig
 - Anfragen werden eventuell mehrfach ausgeführt
- Implementierung der Semantiken
 - Allgemein: Fernaufruf muss eindeutig identifizierbar sein
 - Client
 - Remote-Objekt
 - Remote-Methode
 - Aufrufzähler
 - Zusätzlich bei LOM: Eindeutige Identifizierung jeder Fernaufrufnachricht
 - Anfragezähler
 - Zuordnung: Antwort zu Anfrage



■ Idempotente Funktionen (Mathematik)

■ Definition

$$f(x) = f(f(x))$$

■ Beispiele: Operationen auf Mengen

- Konstante Funktion $f(S) = \{c\}$
- Hinzufügen eines bestimmten Elements $f(S) = S \cup \{c\}$
- Entfernen eines bestimmten Elements $f(S) = S \setminus \{c\}$

■ Idempotente Operationen (Informatik)

■ Charakteristika mehrfacher Ausführungen

- Identische Rückgabewerte
- Identische Anwendungszustände

■ Beispiele

- Leseoperation auf unverändertem Zustand
- Zustandsmodifikation durch Setzen neuer Daten

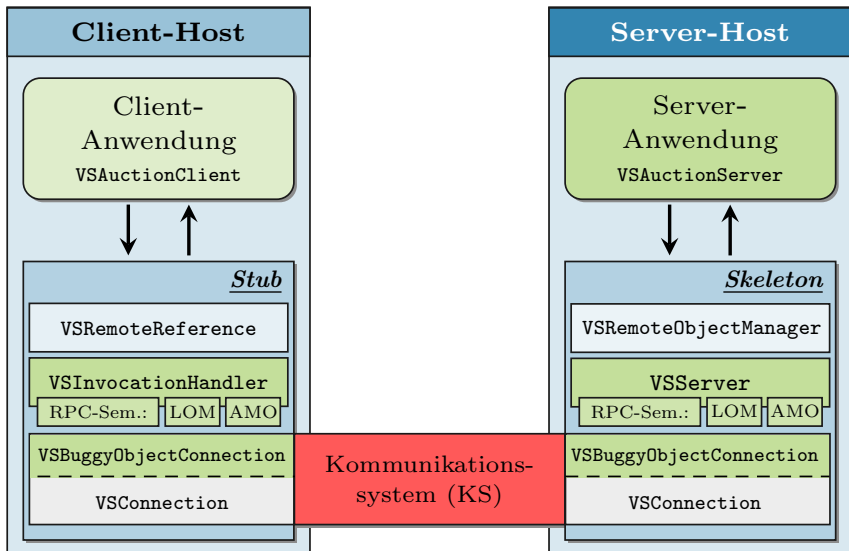
■ Triviale Kombination idempotenter Operationen nicht immer idempotent



- Problem
 - Server stellt eigene Ressourcen für Fernaufrufe bereit (→ Antwort-Cache)
 - Mit jedem neuen Fernaufruf werden zusätzliche Ressourcen belegt
 - Wann können die gespeicherten Antworten verworfen werden?
- Lösungsansätze (Kombinationen möglich bzw. nötig)
 - Explizit
 - Benachrichtigung durch Client oder Nachfrage vom Server
 - **Problem: Nicht alle Clients können oder wollen sich daran halten**
 - Implizit
 - Bei neuem Fernaufruf eines Clients wird die alte Antwort gelöscht
 - **Problem: Letzter Fernaufruf eines Clients**
 - Timeout
 - Antwortlöschung nach Ablauf eines fernaufrufspezifischen Timeout
 - **Als Rückfallposition immer nötig**
- Herausforderung: Aufrechterhaltung der Semantikgarantien



Übungsaufgabe 3



- *Last-of-Many*
 - Fernaufruf-IDs
 - Sequenznummern
 - Timeouts
- *At-Most-Once*
 - Einmalige Ausführung
 - Speicherung der Ergebnisse
 - Garbage-Collection für Ergebnisse
- Auswahl der Fernaufrufsemantik
 - Methodenspezifische Festlegung
 - Annotierung der Anwendungsschnittstelle durch den Programmierer
 - `@VSRPCSemantic(VSRPCSemanticType.LAST_OF_MANY)` bzw.
 - `@VSRPCSemantic(VSRPCSemanticType.AT_MOST_ONCE)`
 - Analyse der Annotation durch das Fernaufrufsystem zur Laufzeit



- Annotationen: Bereitstellung von Metadaten im Quelltext
- Beispiel: Kennzeichnung von schreibenden bzw. lesenden Methoden
 - Hilfs-enum zur Typunterscheidung

```
public enum VSMethodType {  
    READ_ACCESS,  
    WRITE_ACCESS  
}
```

- Definition der Annotation mittels @interface in VSAnnotation.java

```
@Retention(RetentionPolicy.RUNTIME)  
public @interface VSAnnotation {  
    VSMethodType value();  
}
```

- @Retention-Annotation: Sichtbarkeit von VSAnnotation zur Laufzeit
- Spezifizierung des Rückgabetyps der Standardmethode value()

- Einsatz der Annotation

```
@VSAnnotation(VSMethodType.WRITE_ACCESS)
```

[Hinweis: Sollte der Methodenname von „value()“ abweichen, muss beim Einsatz der Annotation der Methodenname explizit angegeben werden. Beispiel: foo() → @VSAnnotation(foo = VSMethodType.WRITE_ACCESS)]



- Beispiel: Schnittstelle eines Speichers für Schlüssel-Wert-Paare

```
public interface VSKeyValueStore {
    @VSAAnnotation(VSMethodType.WRITE_ACCESS)
    public void put(String key, String value);

    @VSAAnnotation(VSMethodType.READ_ACCESS)
    public String get(String key);
}
```

- Analyse der Schnittstelle VSKeyValueStore

- Zugriff auf Annotation mittels Method.getAnnotation()

```
for(Method method: VSKeyValueStore.class.getMethods()) {
    VSAAnnotation annotation = method.getAnnotation(VSAAnnotation.class);
    VSMethodType type = annotation.value();
    System.out.println(method.getName() + ": " + type);
}
```

- Ausgabe

```
get: READ_ACCESS
put: WRITE_ACCESS
```



- Setzen von Socket-Timeouts mittels `setSoTimeout()`
 - Konfigurierung der Maximaldauer, die ein Leseaufruf am Socket blockiert
 - Leseaufruf kehrt bei Timeout-Ablauf mit `SocketTimeoutException` zurück
- Beispiel

```
// Socket-Timeout setzen
Socket socket = [...];
try {
    socket.setSoTimeout(5000);
} catch(IOException ioe) {
    // Fehlerbehandlung
}

// Leseaufruf starten
try {
    socket.getInputStream().read();
} catch(SocketTimeoutException ste) { // -> "Timeout: Read timed out"
    System.err.println("Timeout: " + ste.getMessage());
} catch(IOException ioe) {
    System.err.println("I/O error: " + ioe);
}
```



- Simulation von Kommunikationsfehlern
 - Nachrichtenverlust durch Verbindungsabbruch
 - Verzögerung einzelner Nachrichten
 - Nicht betrachtet
 - Korruption von Nachrichten
 - Verlust von Teilnachrichten
- Tests
 - Variation der Fehlerintensität
 - Kombination verschiedener Fehlerarten
- Implementierungsvorschlag
 - Fehlerhafte `VSOBJECTConnection` → `VSBuggyObjectConnection`
 - Überschreiben von
 - `sendObject()` oder
 - `receiveObject()`
 - „Verbindungsabbruch“ durch Schließen der Verbindung per `close()`

