

Fernaufrufe

Motivation


Stubs und Skeletons

Marshalling und Unmarshalling

Automatisierung

XML-RPC



- „Fernaufruf“ als Oberbegriff
 - Prozedurfernaufruf (*Remote Procedure Call*)
 - Methodenfernaufruf an einem entfernten Objekt
- Ziel: Bereitstellung derselben Semantik wie bei einem lokalen Aufruf
 - Dienstleistung im Normalfall
 - Verhalten im Fehlerfall [Nähere Details hierzu in der Vorlesung zum Thema „Fehlertoleranz“.]
- Herausforderungen
 - Wie lässt sich ein Fernaufruf transparent gestalten?
 - Wie kann ein Aufruf auf Nachrichtenaustausch abgebildet werden?
 - Lassen sich für Aufrufe benötigte Komponenten automatisch erzeugen?
- Literatur
 -  Andrew D. Birrell and Bruce Jay Nelson
Implementing remote procedure calls
ACM Transactions on Computer Systems, 2(1):39–59, 1984.



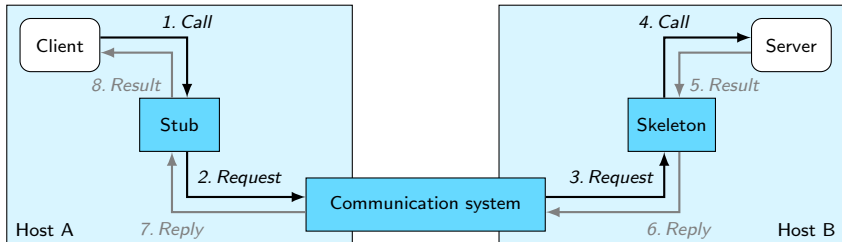
Stub und Skeleton

■ *Stub (Client Stub)*

- Stellvertreter des Servers auf Client-Seite
- Umsetzung des Aufrufs in einen Nachrichtenaustausch
- Verpacken der Aufrufparameter und Entpacken des Rückgabewerts

■ *Skeleton (Server Stub)*

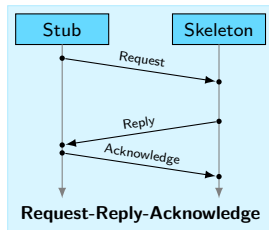
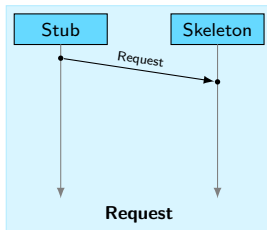
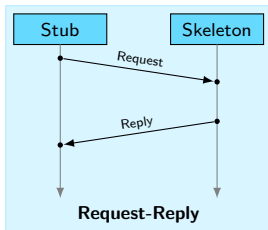
- Stellvertreter des Clients auf Server-Seite
- Umsetzung der Aufrufrückkehr in einen Nachrichtenaustausch
- Entpacken der Aufrufparameter und Verpacken des Rückgabewerts



- Abbildung auf Kommunikationsprimitiven
 - *No-wait Send*
 - Explizite Zuordnung der Antwort zur Anfrage erforderlich
 - Im Normalfall keine zusätzlichen Nachrichten im Kommunikationssystem
 - *Synchronization Send*
 - Explizite Zuordnung der Antwort zur Anfrage erforderlich
 - Versand zusätzlicher Bestätigungsnachrichten im Kommunikationssystem
 - *Remote-invocation Send*
 - Implizite Kopplung zwischen Anfrage und Antwort
 - Im Normalfall keine zusätzlichen Nachrichten im Kommunikationssystem
- Alternative Implementierungen für *No-wait Send*
 - Umsetzung mittels UDP
 - Ein Paket pro Nachricht
 - Unzuverlässige Nachrichtenzustellung
 - Umsetzung mittels TCP
 - Nachrichtengrenzen müssen im Datenstrom kenntlich gemacht werden
 - Zuverlässige Nachrichtenzustellung, solange die Verbindung existiert



- *Request-Reply*
 - Übliches Verfahren zwischen Stub und Skeleton
 - Antwort liefert Ergebnis und dient als Ausführungsbestätigung
- *Request*
 - Weglassen der Antwort
 - Optimierung, falls Client kein Ergebnis / keine Bestätigung braucht
- *Request-Reply-Acknowledge*
 - Zusätzlichen Bestätigung vom Stub nach Erhalt der Antwort
 - Hinweis an den Skeleton, dass die komplette Interaktion erfolgreich war



- Basis für eine Interaktion per Nachrichtenaustausch
 - *Marshalling*: Serialisierung aller zu sendender Daten in eine Nachricht
 - *Unmarshalling*: Deserialisierung einer Nachricht nach Empfang
- Nachrichteninhalte bei Fernaufrufen
 - Anfrage
 - Bei Methodenfernaufruf: Bezeichner des entfernten Objekts
 - Bezeichner der aufzurufenden Prozedur / Methode
 - Parameter
 - Antwort
 - Normalfall: Rückgabewert
 - Fehlerfall: Informationen zur Fehlersituation (z. B. Exception)
- Häufiges Ziel: Minimierung der Nachrichtengrößen
 - Grundprinzip: Beschränkung auf Informationen, die der jeweils andere noch nicht hat, aber für die Erfüllung seiner Aufgabe braucht
 - Beispiel: Keine Übermittlung von Prozedur- / Methodensignaturen



- Potenzial zur Reduzierung der zu übermittelnden Datenmenge
 - Eingabeparameter
 - Informationsfluss: Client \rightarrow Server
 - Bestandteil der Anfrage (*Call-by-Value*)
 - Ausgabeparameter
 - Informationsfluss: Client \leftarrow Server
 - Bestandteil der Antwort (*Call-by-Result*)
 - Ein-/Ausgabeparameter
 - Informationsfluss: Client \leftrightarrow Server
 - Bestandteil beider Nachrichten (*Call-by-Value-Result*)
 - Ersetzen des Werts auf Client-Seite durch den Wert in der Antwort
- Problem
 - Die Art eines Parameters ist nicht in allen Programmiersprachen eindeutig
 - Beispiele für Problemfälle aus C/C++
 - Zeiger: `char*`, `struct Foo*`
 - Referenz: `struct Foo&`



- Problem: Umsetzung von *Call-by-Reference*
 - Client und Server haben im Regelfall keinen gemeinsamen Speicher
 - Konsequenzen
 - Speicheradressen sind nicht systemweit eindeutig
 - Versand von Zeigern in Anfragen / Antworten nicht praktikabel
- Variante 1: Dereferenzierung und Abbildung auf andere Semantiken
 - Übermittlung von Kopien
 - Je nach Parameterart: Einsatz von *Call-by- $\{Value, Result, Value-Result\}$*
- Variante 2: Realisierung mittels *Remote-Referenz*
 - Übermittlung eines systemweit eindeutigen Zeigers anstatt des lokalen
 - Zugriff auf Parameter erfolgt per Fernaufruf
- Mögliche Vergleichskriterien für Effizienzabschätzung
 - Aufwand für Parameter, die Referenzen auf andere Objekte enthalten
 - Anteil der vom Empfänger tatsächlich benötigten Daten
 - Häufigkeit des Zugriffs auf den Parameter durch den Empfänger



- Integrierte Ansätze (Beispiel: Argus)
 - Internes Wissen über Datentyp- und Laufzeitmodell
 - Compiler agiert gleichzeitig als Stub-Generator
- Partiiell integrierte Ansätze (Beispiel: Java RMI)
 - Compiler kennt Konzept eines Fernaufrufs nicht
 - Unterstützung von Fernaufrufen ist Teil der Laufzeitumgebung
 - Einsatz von *Reflection*
- Separierte Ansätze (Beispiel: CORBA)
 - Fehlendes / unvollständiges Wissen über Datentyp- und Laufzeitmodell
 - Schnittstellenverhalten wird mittels *IDL* explizit beschrieben

■ Literatur



Barbara Liskov

Distributed programming in Argus

Communications of the ACM, 31(3):300–312, 1988.



- Konzepte
 - Analyse von Systemeigenschaften zur Laufzeit (*Introspection*)
 - Dynamische Modifikation von Strukturen oder Verhalten (*Intercession*)
- Einsatzgebiete im Kontext von Fernaufrufen
 - Dynamische Erzeugung von Proxies aus Schnittstelleninformationen
 - Abfangen von lokalen Methodenaufrufen
 - Ermöglicht die erforderliche Abbildung auf Nachrichtenaustausch
 - Dynamischer Aufruf von Methoden
 - Ermöglicht die Rückabbildung von Anfragenachricht auf Methodenaufruf
 - Beispiel: `invoke`-Methode der Klasse `Method` in Java

```
Method m = PrintStream.class.getMethod("println", String.class);  
m.invoke(System.out, "Hallo Welt!");
```


- Beispiel: Java RMI [Näheres in der Tafelübung.]
 - Dynamische Proxies als Basis für Fernaufruf-Stubs
 - Generischer Skeleton auf Server-Seite



- Sprache zur Beschreibung von Objektschnittstellen
 - Entwickelt für CORBA
 - Angelehnt an C++
 - Spezifikation eigener Datentypen
- Sprachabbildungen (*Language Mappings*)
 - Sprachenspezifische Übersetzung von IDL-Konstrukten
 - Festlegung für diverse Sprachen (z. B. Ada, C, C++, Java, Lisp, Python)
- Beispiel: Festlegung von Parameterarten (*in*, *out* oder *inout*)

```
module vs {  
    interface VSFileMetadataService {  
        void getFileInfo(  
            in string name,    // Eingabeparameter  
            out long size,     // Ausgabeparameter  
            out string owner  // Ausgabeparameter  
        );  
    };  
};
```



- Plattformunabhängiges Fernaufrufprotokoll
 - XML: Nachrichtenformat
 - HTTP: Transportprotokoll
- Umfang
 - Spezifikation
 - Festlegung der verfügbaren Datentypen
 - Aufbau von Anfrage- und Antwortnachrichten
 - Implementierungen für verschiedene Programmiersprachen
 - Java
 - C++
 - Python
 - ...
- Literatur
 -  XML-RPC Specification
<http://xmlrpc.scripting.com/spec.html>



■ Primitive Datentypen (<value>)

XML-Tag	Wert
i4 bzw. int	32-Bit-Integer
double	Fließkommazahl mit doppelter Genauigkeit
boolean	0 (false), 1 (true)
string	Zeichenkette
base64	Base64-codierte Binärdaten
dateTime.iso8601	Datum und Uhrzeit

■ Komplexe Datentypen

■ Liste primitiver und/oder komplexer Datentypen (<array>)

```
<array><data>  
  <value>[Wert]</value>  
  [Weitere <value>-Elemente]  
</data></array>
```

■ Ungeordnete Menge aus Schlüssel-Wert-Paaren (<struct>)

```
<struct>  
  <member><name>[Schlüssel]</name><value>[Wert]</value></member>  
  [Weitere <member>-Elemente]  
</struct>
```



■ HTTP-Header (Ausschnitt)

```
POST [URI: Beliebiger Pfad, potentiell leer] HTTP/1.1
Content-Type: text/xml
User-Agent: [Nutzeranwendung]
Content-Length: [Nachrichtenlänge]
Host: [Zielrechneradresse: z. B. Hostname und Port]
```

■ HTTP-Body

```
<?xml version="1.0"?>
<methodCall>
  <methodName>[Methodenname]</methodName>
  <params>
    <param>[Aufrufparameter]</param>[...]
  </params>
</methodCall>
```

- Kapselung der Aufrufinformationen in einzelner `<methodCall>`-Element
- Methodenname: Beliebige Zeichenkette
- Aufrufparameter: Primitive oder komplexe Datentypen



■ HTTP-Header

```
HTTP/1.1 200 OK
Server: [Server-Anwendung]
Content-Type: text/xml
Content-Length: [Nachrichtenlänge]
[...]
```

- Identisch für beide Antworttypen
- Status-Code bezieht sich auf HTTP, nicht auf den Methodenaufruf

■ Reguläre Antwort: HTTP-Body

```
<?xml version="1.0"?>
<methodResponse>
  <params><param>[Rückgabewert]</param></params>
</methodResponse>
```

- Kapselung des Rückgabewerts in einzeltem `<methodResponse>`-Element
- Rückgabewert: Primitiver oder komplexer Datentyp in `<param>`-Element



- Fehlermeldung: HTTP-Body

```
<?xml version="1.0"?>
<methodResponse>
  <fault>
    <value><struct>
      <member>
        <name>faultCode</name>
        <value><i4>[Fehler-Code]</i4></value>
      </member>
      <member>
        <name>faultString</name>
        <value><string>[Fehlerbeschreibung]</string></value>
      </member>
    </struct></value>
  </fault>
</methodResponse>
```

- Kapselung der Fehlermeldung in einzelнем <fault>-Element
- Semantik des Fehler-Codes von der Anwendung frei wählbar

