



Motivierende Fragen

- Welche Dienste soll eine Middleware bereitstellen?
- Wie funktioniert ein entfernter Prozeduraufruf?
- Was ist beim Aufruf entfernter Methoden zu beachten?
- Welche Fehler können beim entfernten Prozeduraufruf auftreten, und wie kann mit diesen Fehlern umgegangen werden?
- Was ist beim Aufruf entfernter Methoden zu beachten?



Übersicht

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung und Motivation <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bedeutung, Beispiele 2. Begriffswelt und Standards <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dienst, Protokoll, Standardisierung 3. Direktverbindungsnetze <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehlererkennung, Protokolle ▪ Ethernet 4. Vermittlung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vermittlungsprinzipien ▪ Wegwahlverfahren 5. Internet-Protokolle <ul style="list-style-type: none"> ▪ IP, ARP, DHCP, ICMP ▪ Routing-Protokolle 6. Transportprotokolle <ul style="list-style-type: none"> ▪ UDP, TCP 7. Verkehrssteuerung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kriterien, Mechanismen ▪ Verkehrssteuerung im Internet | <ol style="list-style-type: none"> 8. Anwendungsorientierte Protokolle und Mechanismen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Netzmanagement ▪ DNS, SMTP, HTTP 9. Verteilte Systeme <ul style="list-style-type: none"> ▪ Middleware ▪ RPC, RMI ▪ Web Services 10. Netzsicherheit <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kryptographische Mechanismen und Dienste ▪ Protokolle mit sicheren Diensten: IPSec etc. ▪ Firewalls, Intrusion Detection 11. Nachrichtentechnik <ul style="list-style-type: none"> ▪ Daten, Signal, Medien, Physik 12. Bitübertragungsschicht <ul style="list-style-type: none"> ▪ Codierung ▪ Modems |
|--|---|



Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste
Institut für Informatik – Technische Universität München
Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme

Kapitel 9: Verteilte Systeme

Prof. Dr.-Ing. Georg Carle
Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste
Technische Universität München
carle@net.in.tum.de
http://www.net.in.tum.de

Acknowledgements: Prof. Dr. Wolfgang Küchlin, Tübingen



Gliederung - Kapitel 9: Verteilte Systeme

- Kapitel 9 - Teil 1
- 9.1 Grundlagen
- 9.2 Middleware
- 9.3 RPC
- 9.4 RMI
- Kapitel 9 - Teil 2
- 9.5 Service Oriented Architectures
- 9.6 Corba
- 9.7 Web-Anwendungen
- 9.8 HTML und XML
- 9.9 Web Services



9.1 Definition eines Verteilten Systems

- Ein verteiltes System ist eine Menge voneinander unabhängiger Computer, die dem Benutzer wie ein einzelnes, kohärentes System erscheinen.

[Tanenbaum, van Steen: Verteilte Systeme, Pearson Studium, 2003]



Ziele für Verteilte Systeme

- Benutzer und Ressourcen verbinden
 - Den Benutzern ermöglichen, auf entfernte Ressourcen zuzugreifen
 - Unterstützung für kontrollierte gemeinsame Benutzung
- Transparenz
 - Zugriff – verbirgt Unterschiede in der Datendarstellung
 - Position – verbirgt Ort der Ressource
 - Migration – verbirgt Möglichkeit, Ressource an anderen Ort zu verschieben
 - Relokation – verbirgt Verschiebung von Ressource während Nutzung
 - Replikation – verbirgt, dass eine Ressource repliziert ist
 - Nebenläufigkeit – verbirgt gleichzeitige Nutzung konkurrierender Benutzer
 - Fehler – verbirgt Ausfall und Wiederherstellung einer Ressource
 - Persistenz – verbirgt Speicherart (Hauptspeicher oder Festplatte)
- Offenheit
 - Vollständige Schnittstellenspezifikation (⇒ Schnittstellendefinitionssprache IDL – Interface Description Language)
- Skalierbarkeit



Verteilte Systeme

Eigenschaften Verteilter Systeme

- Unterschiede zwischen den verschiedenen Computern werden verborgen.
- Benutzer und Applikationen können auf konsistente und einheitliche Weise mit dem verteilten System zusammenarbeiten.
- Verteilte Systeme sollen erweiterbar und skalierbar sein.

Beispiele

- Netzwerk aus Workstations mit gemeinsamen Dateidiensten und gemeinsamer Benutzerverwaltung
- Informationssystem für Arbeitsabläufe
- World Wide Web

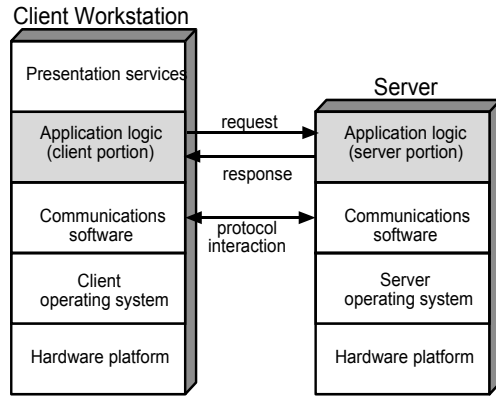


9.2 Middleware

- Ziele einer Middleware
 - Einführung einer zusätzlichen Schicht zwischen Betriebssystem und Anwendung, um höhere Abstraktionsebene zur Unterstützung verteilter Anwendungen zu erhalten.
 - Lokale Ressourcen einzelner Knoten sollen weiterhin vom (lokalen) Betriebssystem verwaltet werden.
- Mögliche Modelle (Paradigmen) für Middleware
 - Modell „Datei“: Behandlung aller lokaler und entfernter Ressourcen als Datei (Beispiele: Unix, Plan9)
 - Modell „Prozeduraufruf“: lokaler und entfernter Prozeduraufruf (Beispiel: RPC)
 - Modell „verteilte Objekte“: Objekte können lokal oder auf transparente Weise entfernt aufgerufen werden (Beispiel: RMI)
 - Modell „verteilte Dokumente“: Dokumente mit verweisen, wobei Ort des Dokuments transparent ist (Beispiel: WWW)

Die Rolle von Middleware

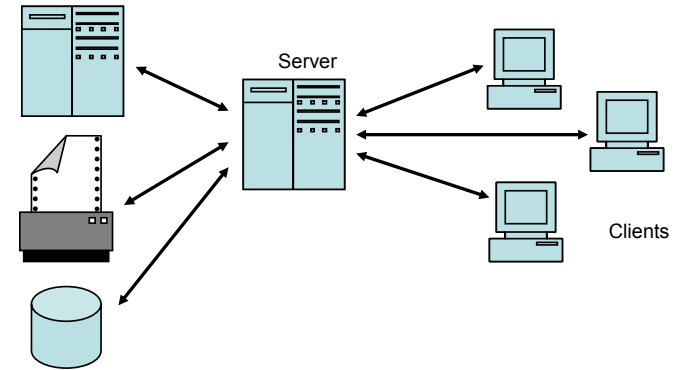
- Client/Server-Kommunikation **ohne** Middleware



Quelle: „Operating Systems“, Stallings, Abb.13-7

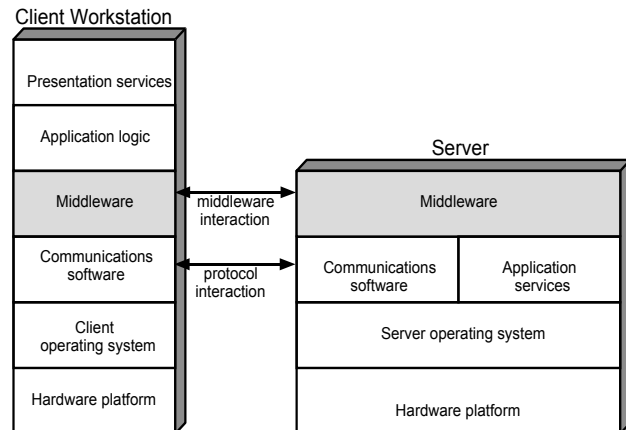
Three-Tier-Modell

- Server selbst ist auch Client



Die Rolle von Middleware

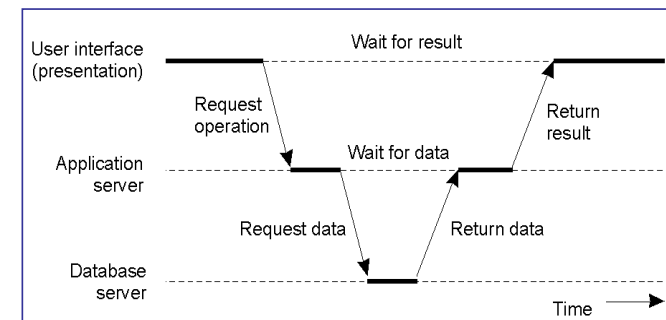
- Client/Server-Kommunikation **mit** Middleware



Quelle: „Operating Systems“, Stallings, Abb.13-12

Three-Tier-Modell

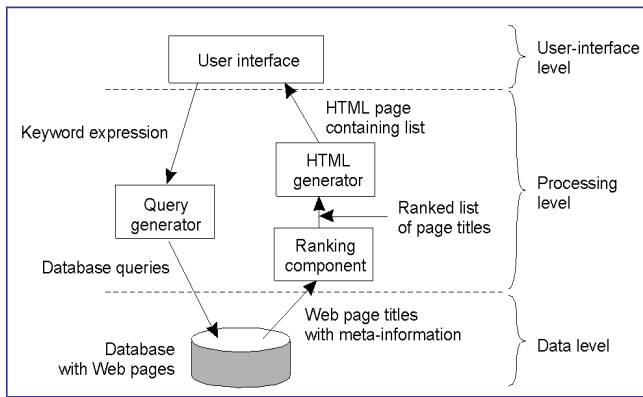
- Erweitertes request-reply Verhalten



Quelle: „Distributed Systems“, Tanenbaum, van Steen, Abb.1-30

3+ -Schichten Client/Server-Modell

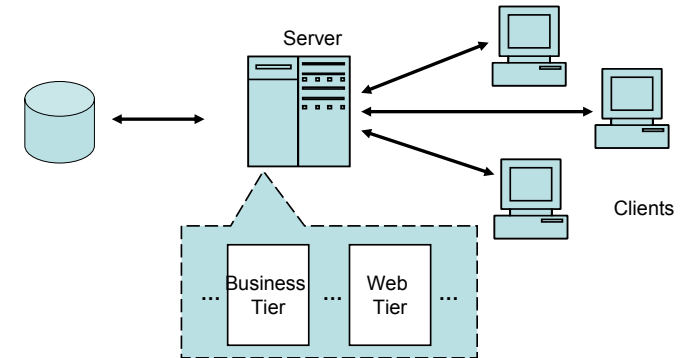
- Zwischenschichten in der Mitte, z.B. Web-Schicht



Quelle: „Distributed Systems“, Tanenbaum, van Steen, Abb.1-28

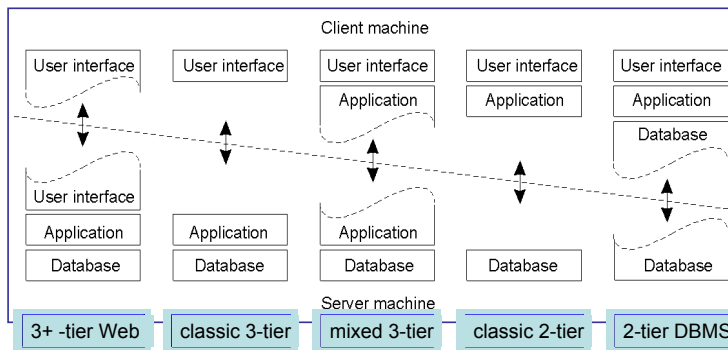
Multitier-Modell

- Einteilung in Komponenten gemäss der Anwendungslogik.



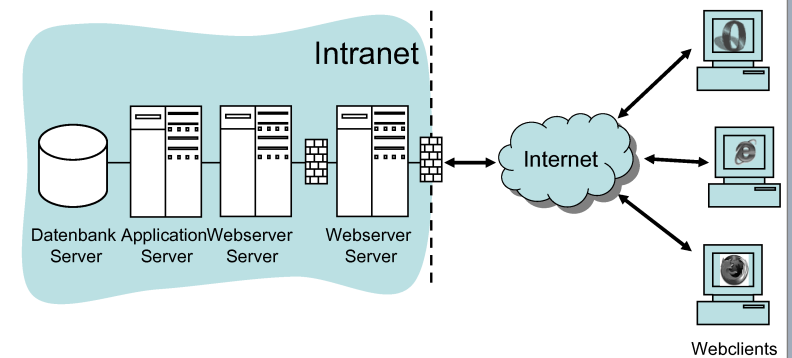
Client/Server-Modell: Aufgabenverteilung

- Wie wird die Anwendung zwischen Server und Client verteilt?
 - Thin Client → Fat Client



Quelle: „Distributed Systems“, Tanenbaum, van Steen, Abb.1-29

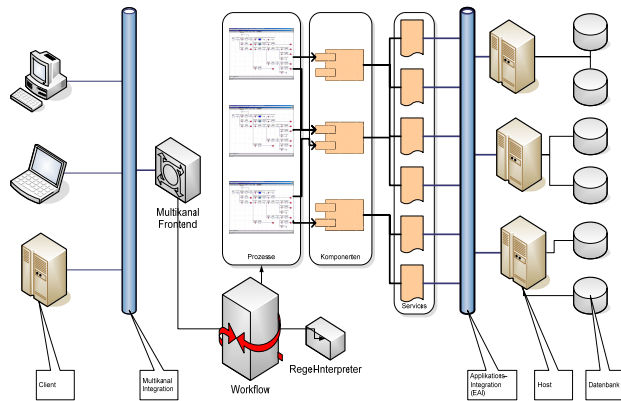
Beispiel: Multi-Tier-Internetanwendung



nach „Verteilte Systeme und Anwendungen“, Hammerschall, Abb.13-7



Die IBM Referenzarchitektur



9.3 Remote Procedure Call (RPC)

- Entfernter Funktionsaufruf
 - Client kann Funktion des Servers direkt aufrufen
 - ohne *explizites* Verschicken von Nachrichten auf Programmiererebene
 - Implizit durch Verarbeitung im (automatisch generierten) Stummel (Stub):
 - Beim Aufruf: Prozedurname und Parameter werden in Nachricht verpackt (*marshalling*)
 - Nachricht wird an Server geschickt
 - Beim Server: Nachricht wird ausgepackt (*de-marshalling*) und der entsprechende Aufruf wird ausgeführt
 - Ergebnis wird wieder in Nachricht verpackt und zurückgeschickt



Die IBM Referenzarchitektur

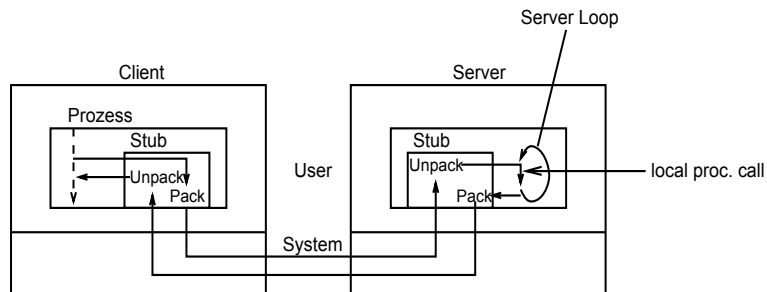
- Client Tier: Vielzahl unterschiedlicher Clients
- Multichannel Integration
 - verschiedene Zugänge: WAP-Handy, Geldautomat, Palmtop, Laptop, 3270
 - Umsetzung der Client-Protokolle und Erzeugung der Client Views
- Application Tier
 - Workflow System implementiert Geschäftsprozesse
 - basierend auf Geschäfts-Komponenten
 - WAS Process Server implementiert WS-BPEL, interpretiert Regeln
 - Geschäftskomponenten integrieren einzelne Dienste zu Business Funktionen (z.B. Authentifizierungs-Dienst benötigt für Auszahlung)
 - Einzeldienste konventionell oder als Web-Services
- EAI (Enterprise Application Integration) Schicht
 - bindet konventionelle Systeme ein
 - verbindet (klassische) Anwendungen (high volume application mediation)
- Host / Datenbanken
 - wie bisher



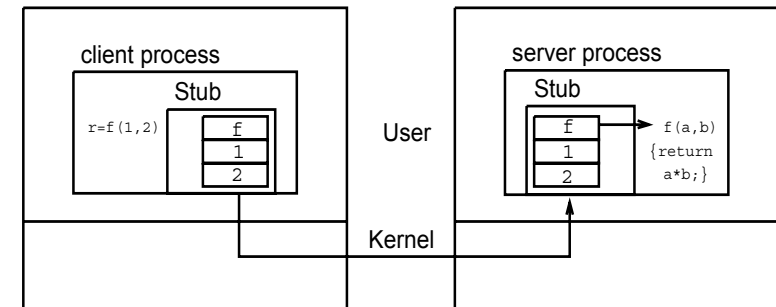
Remote Procedure Call (RPC)

- Bei bekannten Datentypen automatische Erzeugung von Code
 - Erzeugung von zwei Stummel (*stub*) Prozeduren für Ein-/ Auspacken, Versenden und Empfangen
- Ablauf:
 - Client ruft Client-stub auf, der den Namen der fernen Prozedur trägt
 - Client-stub benachrichtigt Server-stub (und blockiert)
 - Server-stub ruft eigentliche Prozedur auf und schickt Ergebnis zurück
 - Client-stub wird deblockiert, Ergebnis wird ausgepackt und der Client-stub terminiert mit fernem Ergebnis als Ergebnis seines Aufrufs
- Daten müssen in einer Standardrepräsentation verschickt werden
 - Client und Server können auf verschiedenen Architekturen laufen

Schema des RPC



Schema des Parameter Marshalling



Remote Procedure Call (RPC)

- *parameter marshalling* (aufreihen, zusammenstellen)
 - Verpacken von Parametern nebst Konversion
- *unmarshalling* (oder demarshalling)
 - Auspacken
- Server-Loop kann ebenfalls automatisch generiert werden.
 - Server ruft in Schleife den Server-stub immer wieder auf und bearbeitet so einen Auftrag nach dem anderen

Remote Procedure Call (RPC)

- Grund-Annahme: Heterogenität
 - Client und Server können grundverschieden sein
 - verschiedene Prozessoren
 - verschiedene Betriebssysteme
 - verschiedene Programmiersprachen
 - Keine Codeübertragung
 - keine Übertragung von Objekten als Parameter
 - Daten müssen in einer Standardrepräsentation verschickt werden
 - XDR - eXternal Data Representation
 - Schnittstellendefiniton
 - ⇒ Sprach-unabhängige Datendefinitionssprache (IDL)
 - Für jede Sprache erzeugt ein IDL-Compiler Sprach-spezifische Stubs



RPC – Dynamisches Binden

- Durch die RPC-Methode sind Aufrufer und gerufene Prozedur entkoppelt:
 - nicht in einem gemeinsamen Programm vereinigt
 - können zu verschiedenen Zeiten gestartet werden
- ⇒ **dynamisches Binden (dynamic binding)**
 - Beispiel: statisch: `mobject.add(int)`
dynamisch: `invoke(mobject, "add", int)`
 - Programmbeginn: Client-stub kennt Partner-Adresse noch nicht
 - Bei Aufruf von Client-stub: Anfrage an zentralen *Binder* nach Server, der die Prozedur in der benötigten Version zur Verfügung stellt.
 - Server melden sich beim Binder betriebsbereit unter Angabe von Name, Versions-Nr. und Adresse + evtl. id, falls Name nicht eindeutig.
 - Zur Laufzeit: Binder reicht dem Client die Server-Information weiter, und der Client-stub wendet sich danach direkt an den Server.

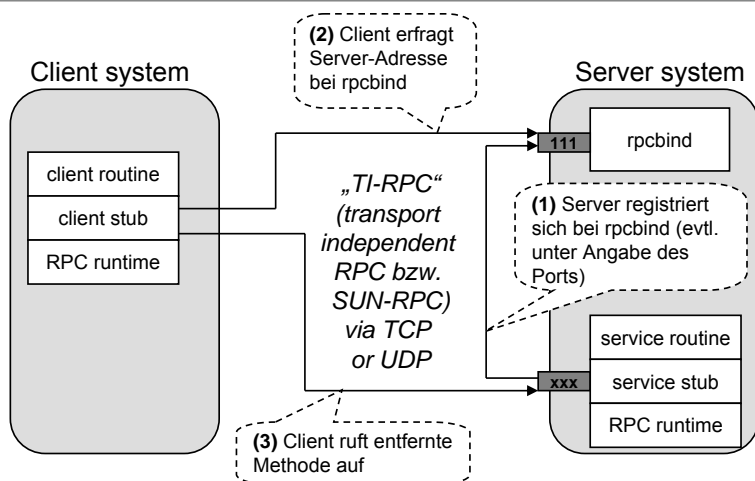


Fehlerbehandlung in RPC-Systemen

- Durch die Entkopplung zwischen Klient und Server kann es zu folgenden Fehlern kommen:
 1. Der Klient findet den Server nicht.
 2. Die Auftragsnachricht Klient/Server geht verloren.
 3. Die Antwortnachricht Server/Klient geht verloren.
 4. Der Server stürzt nach Auftragserhalt ab.
 5. Der Klient stürzt nach Auftragsvergabe ab.



Transport-Independent RPC)



Fehlerbehandlung in RPC-Systemen

Behandlungsmöglichkeiten sind u.a.:

Zu 1: **No Server**. Stub-Prozedur gibt eine Fehlermeldung zurück.

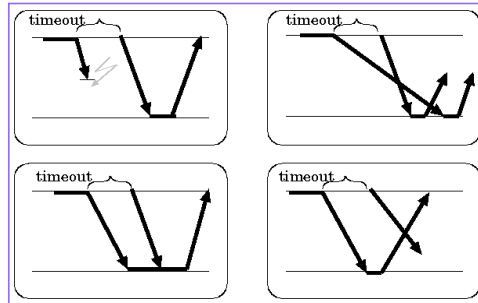
- Fehlerwert, z.B. -1, genügt nicht, da er auch ein legales Resultat sein könnte.
- *Exceptions*
- In C: Simulation durch signal handlers, z.B. mit einem neuen Signal `SIGNOSEVER`



Fehlerbehandlung in RPC-Systemen

Zu 2: **Lost Request.** Sender startet einen Timer und verschickt den Auftrag nach timeout neu.

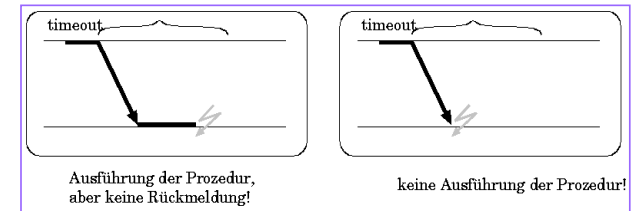
- Kennzeichnung der Aufträge als Original oder Kopie kann verhindern, dass derselbe Auftrag (z.B. Buchung) mehrmals bearbeitet wird.



Fehlerbehandlung in RPC-Systemen

Zu 4: **Server Crashes.**

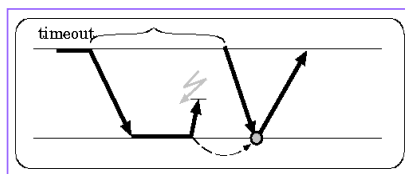
- Abstürze des Servers vor Auftragseingang fallen in Kategorie 1 (no server)
- Späterer Absturz **vor** Auftragsbearbeitung: Wiederholung des Auftrags (nach reboot)
- Späterer Absturz **nach** Auftragsbearbeitung: Wiederholung nicht unbedingt möglich
- Problem: Klient kennt die Absturzursache nicht.



Fehlerbehandlung in RPC-Systemen

Zu 3: **Lost Reply.**

- Manche Aufträge können problemlos wiederholt werden (Lesen eines Datums), andere nicht (*relative update*; Buchung).
- Buchungsaufträge müssen als Originale und Kopien gekennzeichnet werden.



Fehlerbehandlung in RPC-Systemen

Drei Konzepte der RPC-Abwicklung:

1. **At least once semantics.** Das RPC-System wiederholt den Auftrag so lange, bis er quittiert wurde.
2. **At most once semantics.** Das RPC-System bricht nach timeout ab mit Fehlermeldung.
3. **Keine Garantie.** Das RPC-System gibt irgendwann auf. Der Auftrag kann nicht oder auch mehrmals bearbeitet worden sein.



Fehlerbehandlung in RPC-Systemen

Zu 5: *Client Crashes*.

- Klient-Absturz vor Auftragsvergabe oder nach Auftragsbestätigung hier irrelevant.
- Absturz während der Auftragsverarbeitung führt zu einer Waise (Prozess ohne Eltern; *orphan*).
- Probleme: Verbrauch von CPU-Ressourcen und Blockierung anderer Prozesse



Fehlerbehandlung in RPC-Systemen

3. Gentle Reincarnation

- Server fragen bei Start einer neuen Epoche nach, ob Eltern der Aufträge noch leben
- Nur wenn sich Eltern nicht melden, werden die Aufträge beendet

4. Expiration

- Auftragsbearbeitung wird mit timeouts versehen
- Nach timeout müssen sich Eltern melden und dadurch den Timer neu starten
- ansonsten wird der Prozess beendet



Fehlerbehandlung in RPC-Systemen

- Methoden, um Waisen aus dem System zu entfernen:

1. Extermination

- Notieren jeder Auftragsvergabe beim Klienten auf sicherem Medium
- Nach reboot werden (unquittierte) offene Aufträge storniert (Löschung = extermination)
- Problem: exzessiver Aufwand.

2. Reincarnation

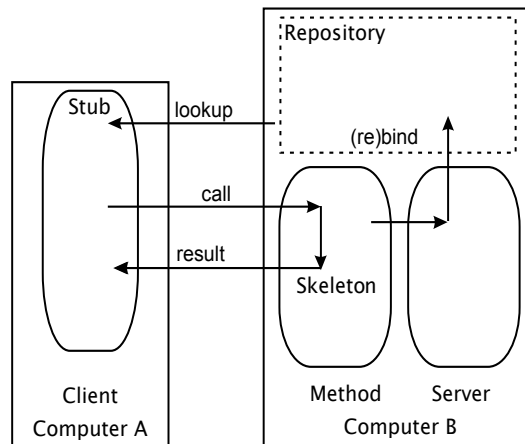
- Zeit wird in Epochen eingeteilt
- Jeder Klient-reboot startet neue Epoche
- Prozesse der alten Epoche werden auf dem Server beendet
- Überlebt doch einer (z.B. durch verlorene Epochen-Meldung), so tragen seine Resultate veralteten Epochen-Stempel



9.4 Java Remote Method Invocation (RMI)

- Entfernte Prozeduren → entfernte Methoden.
- RMI = RPC in Objektsystemen
 - Parameter können Objekte sein (Erschwernis)
 - Umgang mit Zeigern und mit Code
 - Objekte in Bytestrom übertragen (serialisieren)
 - verzeigerte Objekte (Listen, Bäume, Graphen): Objektgraphen
 - Alle Information in der Klassendefinition gekapselt (Erleichterung)
- Java RMI ist eine Java spezifische Realisierung des RPC.
 - benutzt Java Objekt-Serialisierungsprotokoll
- Common Object Request Broker Architecture (CORBA)
 - Kapselung von Objekten verschiedener Programmiersprachen

RMI – Schema



Lösungsansatz bei RPC Systemen

- Stub, Skeleton bilden Aufrufchnittstelle und erledigen den eigentlichen Datenaustausch
- Marshaling, Unmarshaling zur (De-)Serialisierung
- Gemeinsame IDL (Interface Description Language) ermöglicht Kommunikation auch zwischen unterschiedlichen Programmiersprachen
 - Für jede beteiligte Sprache ein IDL Compiler
- Unterstützung entfernter Referenzen für Objekte

Aufgabe von verteilten RPC Systemen

- Verteilte RPC Systeme (wie das verteilte Objektsystem CORBA) zielen auf die Lösung der Kommunikationsprobleme, die auf der **Heterogenität** der beteiligten Systeme beruhen:
 - Unterschiedliche Programmiersprachen
 - Unterschiedliche Rechner
 - Unterschiedliche Betriebssysteme
 - Unterschiedliche Datenrepräsentation
 - Unterschiedlicher Maschineninstruktionssatz

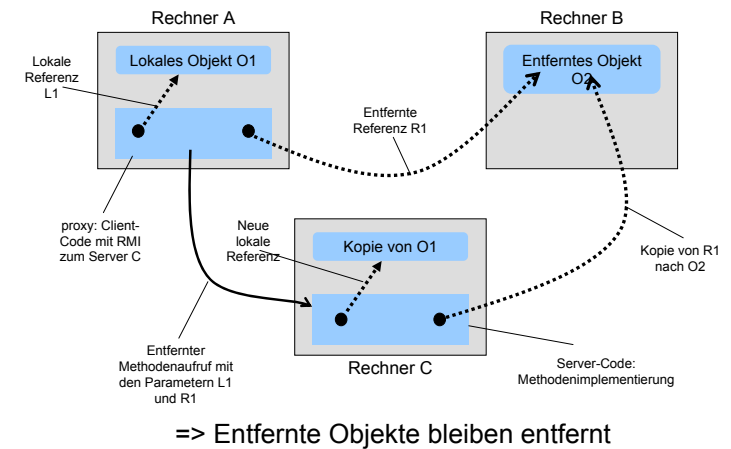
Probleme bei RPC

- Einschränkung hinsichtlich der übertragbaren Daten
 - Nur einfache Datentypen, die in allen unterstützten Programmiersprachen repräsentierbar sind und
 - Referenzen auf entfernte Objekte sowie
 - Komplexe Datentypen, die sich aus den zuvor genannten zusammensetzen
- Komplexität bei Typanpassung verbleibt beim Programmierer
- Life-Cycle-Management wird dem Programmierer auferlegt => Gefahr von Fehlern
- Sender und Empfänger müssen die übertragbaren Datentypen zum Zeitpunkt der Kompilierung bereits kennen. => Keine Unterstützung von Polymorphie

Lösung von Java RMI

- Heterogenität stellt kein Problem dar, da **Homogenität** durch die Java JVM gewährleistet ist.
 - Externe IDL nicht erforderlich (stattdessen Java interfaces)
 - Keine Einschränkung hinsichtlich der übertragbaren Datenstrukturen.
 - Java Objekt-Serialisierung ermöglicht exakte Typenprüfung
 - Dynamic Code Loading: Der den Kommunikationsfluss steuernde Programmcode kann auch erst während der Programmausführung zur Verfügung gestellt werden.
 - Java Objekt-Serialisierung und Dynamic Code Loading ermöglichen den Einsatz von Polymorphie und aller darauf aufbauenden Programmiermuster
 - Network Garbage Collection

Veranschaulichung der Parameterübergabe



Parameterübergabe und Rückgabewerte

- Java allgemein:
 - Alle Parameter (und Rückgabewerte) werden jeweils kopiert: call by value. Hinweis: Objektvariablen bilden dabei keine Ausnahme. Da es sich bei ihnen jedoch um Referenzen handelt, entspricht ihre call by value-Übergabe der Semantik von call by reference. Änderungen durch die aufgerufene Methode entfalten also Wirkung.
- Java RMI:
 - Lokale Datentypen und lokale Objekte werden kopiert: call by value
 - Entfernte Objekte durch Kopie (des entsprechenden proxies/stubs): call by reference

Gliederung - Kapitel 9: Verteilte Systeme

Kapitel 9 - Teil 1

9.1 Grundlagen

9.2 Middleware

9.3 RPC

9.4 RMI

Kapitel 9 - Teil 2

9.5 Service Oriented Architectures

9.6 Corba

9.7 Web-Anwendungen

9.8 HTML und XML

9.9 Web Services



Motivierende Fragen

- Was versteht man unter SOA - Service Oriented Architectures?
- Was sind die Grundprinzipien von CORBA?
- Wie können Web-Anwendungen implementiert werden?
- Was sind die Unterschiede von HTML und XML?
- Was sind Web Services?
- Was versteht man unter SOAP, WSDL, SAX, UDDI?



9.5 Definition Service Oriented Architectures

- SOA ist ein Paradigma für die Strukturierung und Nutzung verteilter Funktionalität, die von unterschiedlichen Besitzern verantwortet wird.
[Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS) , 2006] c.f. oasis-open.org
- Dienste in einer Service-Orientierten Architektur haben (idealerweise) folgende Eigenschaften
 - Dienst ist in sich abgeschlossen und kann eigenständig genutzt werden.
 - Dienst ist über ein Netzwerk verfügbar.
 - Dienst hat eine veröffentlichte Schnittstelle. Für die Nutzung reicht es, die Schnittstelle zu kennen. Kenntnisse über die Details der Implementierung sind hingegen nicht erforderlich.
 - Dienst ist plattformunabhängig, d.h. Anbieter und Nutzer eines Dienstes können in unterschiedlichen Programmiersprachen auf verschiedenen Plattformen realisiert sein.
 - Dienst ist in einem Verzeichnis registriert.
 - Dienst ist dynamisch gebunden, d.h. bei der Erstellung einer Anwendung, die einen Dienst nutzt, muss der Dienst nicht vorhanden sein. Er wird erst bei der Ausführung lokalisiert und eingebunden.



Inhalte von Kapitel 9, Teil 2

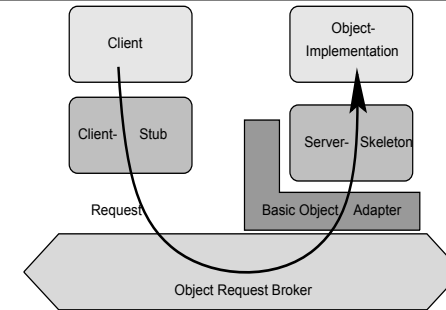
- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> □ Service-Orientierte Architekturen □ Corba □ Web-Technologien <ul style="list-style-type: none"> ▪ Java Server Pages ▪ Java Servlets □ Sprache XML <ul style="list-style-type: none"> ▪ XML Tags ▪ Name Spaces ▪ XML-Schemata ▪ Validierung von XML-Dokumenten ▪ Werkzeugunterstützung für XML ▪ Transformation in andere XML-Formate, oder andere Sprachen | <ul style="list-style-type: none"> □ Web Services <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schichtenarchitektur ▪ SOAP-Mechanismus zur Repräsentation/zum Austausch von Daten ▪ Web Services Description Language WSDL ▪ Universal Description and Integration UDDI |
|---|---|



9.6 CORBA

- Common Object Request Broker Architecture
- Allgemeiner Architektur-Standard für Entwicklung von Client/Server Anwendungen
- Verschiedene konkrete Implementierungen: ORBs.
- Definiert von der Object Management Group (OMG)
 - Zusammenschluss von über 750 Unternehmen, Software-Entwicklern und Anwendern.
 - 1989 gegründet.
- Allgemeine Kommunikationsinfrastruktur zwischen verteilten Objekten, wobei für den Entwickler die Kommunikation weitestgehend transparent ist.

- Merkmale von CORBA
 - Objektorientierung
 - Sprachunabhängigkeit
 - Kommunikationsmechanismen für verteilte Systeme
 - Allgemeines Konzept von kommunizierenden Objekten
 - Plattformunabhängigkeit
 - Herstellerunabhängigkeit
 - Anbindung anderer Komponentensysteme
- CORBA geht daher nach folgendem Prinzip vor
 - Die Schnittstellen werden von der Implementierung streng getrennt.
- Durch separate Definition der Schnittstellen kann die Kommunikation unabhängig von der jeweiligen Implementierung betrachtet werden.
 - IDL (Interface Definition Language): Neutrale Spezifikationsprache beschreibt die Schnittstellen der beteiligten Objekte
 - ORB (Object Request Broker): Kommunikation zwischen den Objekten



- Mit Hilfe der IDL wird ein Interface definiert.
- IDL-Compiler erzeugt aus dieser Schnittstellenbeschreibung Sourcecode in der gewünschten Sprache. Für den Client **Stub** und für den Server **Skeleton**.
- Server wird implementiert und ist über das Skeleton für andere Objekte zugänglich. Über den *Basic Object Adapter (BOA)* meldet sich der Server beim ORB an und ist jetzt bereit, Aufrufe anderer Objekte zu empfangen.
- Der Client kann nun über den Stub auf den Server zugreifen. Dieser Zugriff läuft über den ORB.

- Kommunikationsmechanismen
 - Kommunikation zwischen den Objekten ist völlig transparent
 - Der ORB verdeckt
 - Auffinden des Zielobjekts
 - Übertragung der Daten
 - Etwaige Konvertierungen zwischen Datenformaten.
 - Kommunikation selbst ist plattform- und sprachunabhängig.
 - Seit CORBA 2.0 arbeiten auch Object Request Broker verschiedener Hersteller zusammen (durch das Internet Inter-Orb Protocol - IIOP).
- Allgemeines Konzept von kommunizierenden Objekten
 - Die bisherige starre Einteilung in Client und Server entfällt, in CORBA existieren gleichberechtigte Objekte.
 - Objekt A kann Server für ein Objekt B sein, während B gleichzeitig Serverfunktionalität für ein Objekt C anbietet.
 - Festlegung: Server ist das Objekt, das ein IDL-Interface implementiert.

- Ablauf entfernter Methodenaufruf:
 - Object Request Broker fängt Aufruf ab und lokalisiert das Zielobjekt
 - Übergabeparameter werden verpackt und an den Server geschickt.
 - Dort werden die Parameter wieder entpackt und die Methode auf dem Server ausgeführt.
 - Resultat wird verpackt und an den Aufrufer zurückgesendet.
 - Gesamter Vorgang wird vom ORB verdeckt.
- Client benötigt für entfernten Methodenaufruf eine *Referenz* auf das entfernte Objekt: *Object-Reference*
 - eindeutige ID eines bestimmten Objekts
- Angesprochen wird die Server-Komponente über die automatisch generierte "Stub-Klasse" ⇒ hohe Typsicherheit



Object Request Broker – Grundfunktionalität

- Statische und dynamische Aufrufe von Methoden
 - Statischer Aufruf: sichere Typprüfung
 - Dynamische Aufrufe: höhere Flexibilität
- Kommunikation auf Hochsprachen-Niveau
 - Es ist nicht notwendig, Parameter „einzupacken“ (marshaling) oder Befehle in einer Kurzform zu übertragen.
- Selbstbeschreibendes System
- Jeder ORB besitzt eine Datenbank, das sog. Interface Repository.
 - Enthält Meta-Informationen über die bekannten Interfaces
 - Daten werden automatisch verwaltet und gepflegt, i.a. durch den IDL-Compiler.
- Transparenz zwischen lokalen und entfernten Aufrufen
- Umwandlungen zwischen Datenformaten (z.B. little endian/big endian, usw.) werden vom ORB durchgeführt.
- Kompatibilität bzgl. Art und Größe der Typen durch IDL gewährleistet.



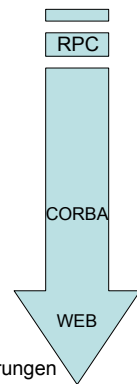
9.7 Web Services: Grundidee und Definitionen

- HTML (HyperText Markup Language) als Beschreibungssprache zur Darstellung von Dokumenten im World Wide Web ist schlecht geeignet zur Maschine-Maschine-Kommunikation
- Grundidee für Web Services: Einsatz Web-basierter Service-Orientierter Architektur
 - Darstellung der Informationen mit einer dafür besser geeigneten Sprache ⇨XML
 - Verwendung von Elementen der Web-Architektur, u.a. Beibehaltung von HTTP zum Transport dieser Daten



Gründe für den Niedergang von CORBA

- Technische Gründe
 - Komplexität von CORBA
 - Unterstützung von C++ fehlerträchtig
 - Sicherheitsmängel
 - unverschlüsselter Datenaustausch
 - pro Dienst ein offener Port in Firewall erforderlich
 - Viel Redundanz, keine Kompression
 - Keine Thread-Unterstützung
 - Fehlende Unterstützung von C#, .NET, DCOM
 - Fehlende Integration des Web
 - Aufkommen von XML, SOAP
 - ⇨E-business Lösungen generell ohne CORBA
- Soziale Gründe / Verfahrensfehler
 - Zu viele Köche im Standardisierungsprozess
 - Z.T. Fehlende Referenzimplementierungen
 - Ungetestete Innovationen in Standards
 - Hohe Lizenzgebühren für kommerzielle Implementierungen
 - open-source Implementierungen zu spät
 - Mangel an erfahrenen Entwicklern



Quelle: Michi Henning, ACM Queue,
http://www.acm.org/sacmqueue/digital/Queuevol5nc4_May2007.pdf



Web Services - Gründe für das Interesse

Vorzüge

- Web Services basieren auf offenen Protokollen bzw. Spezifikationen
 - Beschreibung der Schnittstelle: WSDL (Web Service Description Language)
 - Kommunikation: SOAP (Simple Object Access Protocol)
 - Finden von Diensten: UDDI (Universal Description Discovery and Integration)
 - Spezifikation über XML-Grammatiken
 - Heterogene Plattformen (J2EE, .Net etc.) werden unterstützt
 - Grundlage zur Realisierung der Service-orientierten Architektur mittels WSDL (Web Services Description Language)
 - Web Services werden von "großen Organisationen" (IBM, Sun Microsystems, SAP, Microsoft, ...) unterstützt
- ### Mögliche Nachteile
- Leistungsfähigkeit von SOAP / XML ggf. geringer anderer Leistungsfähigkeit anderer Middleware-Lösungen



9.8 HTML und XML: Markup

- Markup: Informationen, die einem Dokument beigefügt werden, selbst aber nicht unmittelbar dargestellt werden.
- Bsp.: HTML-Markup:
 - <h2>Markup zur Textformatierung</h2>
 - Unter <i>Markup</i> versteht man Informationen, die einem Textdokument beigefügt,



Web-Anwendungen

- Dynamische Web-Seiten-Erzeugung
 - CGI-Skripte bzw. -Programme
 - Active Server Pages (heute ASP.Net)
 - PHP
 - Java Servlets
 - Java Server Pages



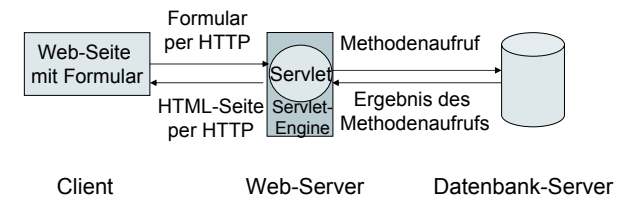
HTML – Hypertext Markup Language

- HTML definiert primär Layout eines Web-Dokuments
 - nur sekundär auch Struktur
- Auszeichnungssprache
 - paarweise öffnende und schließende Tags
 - Hierarchische Gliederung
- Tags
 - zur Textformatierung
 - <i>kursiv</i>
 - zur Spezifikation von Hypertext-Links
 - W3 Konsortium
 - zum Einbinden von Multimediaobjekten und Applets
 -
 - für Formulare



Servlets

- Problem: HTML Dokumente als Files sind statisch
- Idee: Generiere HTML-Dokumente dynamisch durch Programm
- Servlet: Ein Java-Programm, das auf dem Server als Reaktion auf einen http-request (GET oder POST) gestartet wird
- HTML-Seite wird vom Servlet generiert.
- Beispiel: Servlet in 3-tier-Architektur





Java Server Pages (JSP)

- JSP: Eine HTML-Seite mit eingebettetem Java-Code, der auf Server ausgeführt wird und Teile der Seite dynamisch generiert.
- Lösung für folgendes Problem: Es ist umständlich, die statischen Teile der HTML-Seite durch das Servlet in print-statements zu generieren.
- Idee: Schreibe statische Teile als HTML in Dokument und biete dynamische Teile durch Programmcode darin ein (spezieller HTML-Kommentar).
- JSP wird von Webserver in Servlet übersetzt

```
<html>
<body>

<%-- Kommentar --%>
<% //Java-Code %>

</body>
</html>
```

Skriptlet <% ... %>
Kommentar <% --...--%>
 Direktive <% @ ... %>
 Ausdruck <% = ... %>
 Deklaration <%! ...%>



SGML, HTML, XML

- Bewertung von SGML: Idee prima, aber SGML zu komplex
- HTML: Formatiere Dokumente für das Web
 - Vordefinierte Menge von Tags, Semantik fixiert
 - Werden von Browsern interpretiert
 - bilden *Document Type*, der mittels SGML definiert ist
- XML: definiere Dokumentstruktur allgemein
 - Minimale Sprache, kleines subset von SGML („SGML-“)“)
 - Erweiterbar
 - Abbildung Struktur ⇒ layout separat über style sheets
⇒ auch für Datenserialisierung nützlich



SGML – Standardized General Markup Language

- Ende 80er Jahre bei IBM entwickelt (Goldfarb)
- ISO Standard 1986
- Tags zur Annotation (mark-up) eines Textes
 - zur Textformatierung
 - <i>kursiv</i>
- Ziel: repräsentiere Industrie-Dokumentationen
 - elektronisch
 - unabhängig von konkreten Text-Satzsystemen
 - bilde auf jeweiliges Medium ab (z.B. Web oder Druck)
 - Industriequalität (Novell-Handbücher: 150.000 Seiten)
- Problem: sehr mächtig, sehr komplex



XML – eXtensible Markup Language

- Offener Standard (www.w3.org)
- Strukturdefinition (Grammatik einer Dokumentfamilie)
 - Document Type Definition (DTD)
 - XML-Schema
- Plattform-unabhängig (ASCII)
- Allgemein einsetzbar
- Leichte maschinelle Zugänglichkeit der Information
 - Textbasiert
 - Strukturiert
- Werkzeuge
 - Editoren, Browser, ...
 - Parser
 - APIs
 - Datenbank-Schnittstellen



XML – eXtensible Markup Language

- Beschreibung strukturierter Daten (kein Layout)
- Maschinen- und Menschen-lesbar (ASCII-Text)
- wohlgeformte XML-Dokumente
 - paarweise öffnende und schließende Tags
 - HTML erlaubt auch Ausnahmen: `
`
 - keine Überlappung der Tags erlaubt
 - alle Tags kleingeschrieben
 - Attributwerte in doppelten Anführungszeichen
- Inline-Schreibweise mit Attributen


```
<autor nachname="Stevens" vorname="Richard"/>
```
- gemischte Schreibweise


```
<autor geschlecht="männlich">
  Stevens, W. Richard
</autor>
```



XML – Syntax: Namensräume

- XML-Namensräume (XML Name Spaces)
 - Werden benutzt, um in einem Dokument mehrere XML-Sprachen zu mischen
 - Werden durch URIs dargestellt
 - Die entsprechende Adresse muss nicht existieren
 - Wenn eine URL als Namensraum verwendet wird, wird unter dieser Adresse ggf. zusätzliche Informationen zu der XML-Sprache angeboten, z. B. eine Dokumenttypdefinition (DTD) oder ein XML-Schema.
- Ziel: Vermeidung von Mehrdeutigkeiten bei Tags
- Definition mittels `xmlns`-Attribut oder dem `xmlns:`-Präfix
- Wert des Attributs ist Name des Namespaces
- Beispiel:


```
<?xml version="1.0"?>
<da:literaturverzeichnis
  xmlns:da="http://www.in.tum.de/diplArb">
  <da:buch> ... </da:buch>
</da:literaturverzeichnis>
```



XML – Beispiel

Kopf	<pre><?xml version="1.0"?></pre>
Rumpf	<pre><literaturverzeichnis> <buch> <autor>Stevens, W. Richard</autor> <titel>UNIX Network Programming</titel> <verlag>Prentice Hall</verlag> <erscheinungsjahr>1990</erscheinungsjahr> <isbn>0-13-949876-1</isbn> <stichwort>Netzwerk</stichwort> <stichwort>Netzwerk-Programmierung</stichwort> </buch> <buch> </buch> </literaturverzeichnis></pre>



XML Document Type Definition (DTD)

- Dokumenttypdefinition (Document Type Definition, DTD, auch Schema-Definition oder DOCTYPE)
 - Sprache zur Beschreibung von Dokumenttypen, d.h. zur Beschreibung der Struktur von Dokumenten (Beachte: Für XML-Dokumente existieren auch andere Schema-Sprachen, z.B. XML Schema)
 - Formale Grammatik (DTD-Syntax selber ist kein XML)
 - Spezifiziert Elemente, Attribute, Entitäten
 - Spezifikation von Dokumenttypen erlaubt Validierung von Dokumenten
 - XML-Editor der DTD (Grammatik) kennt kann nur gültige Eingaben zulassen
 - Einbindung im selben Dokument oder ausgelagert in externes Dokument
 - Beispiel:

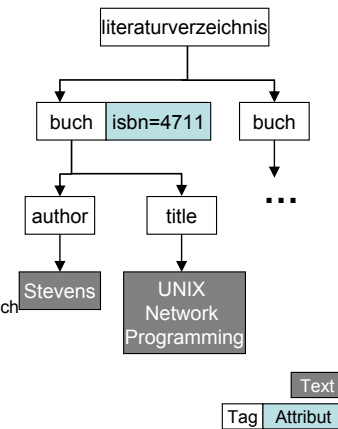

```
<!ELEMENT publication (proceedings | article)>
<!ELEMENT proceedings ((author)*, title, conference)>
. . .
<!ELEMENT conference (#PCDATA)>
<!ATTLIST conference
  year CDATA #required>
```

XML-Schema

- Sprache zum Definieren von Strukturen für XML-Dokumente.
- Im Gegensatz zu XML-DTDs wird die Struktur in Form eines XML-Dokuments beschrieben.
- Zahlreiche Datentypen werden unterstützt.
- Basis-Datentypen
 - string, date, time, integer, double, boolean
- komplexere Strukturen
 - Einschränkung des Wertebereichs
 - Listen
 - Vereinigung und Kombination verschiedener Typen
 - Vererbung

Werkzeugunterstützung für XML

- APIs zum Parsen von XML-Daten
- SAX
 - Simple API for XML
 - Ereignisorientierter Ansatz
 - Dokument wird komplett durchlaufen
 - Beginn / Ende jedes Tags wird über Callback-Methoden mitgeteilt
- DOM
 - Document Object Model
 - Erlaubt, gezielt auf einzelne Teile des Dokuments zuzugreifen
 - Baumorientierter Ansatz
 - Applikation bekommt Baum nach Verarbeitung des Dokuments übergeben
 - höherer Speicherbedarf als SAX
- Beide Ansätze in J2SDK enthalten
 - Zusammengefasst in Java API for XML Processing (JAXP)



XML-Schema – Beispiel

```

<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  elementFormDefault="qualified">
  <xs:element name="literaturverzeichnis">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element name="buch" maxOccurs="unbounded">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>
              <xs:element name="autor" type="xs:string"
                maxOccurs="unbounded"/>
              <xs:element name="titel" type="xs:string"/>
              <xs:element name="untertitel" type="xs:string"
                minOccurs="0"/>
              <xs:element name="verlag" type="xs:string"/>
              <xs:element name="erscheinungsjahr" type="xs:string"/>
              <xs:element name="isbn" type="xs:string"/>
              <xs:element name="stichwort" type="xs:string"
                maxOccurs="unbounded"/>
              <xs:element name="abstract" type="xs:string"
                minOccurs="0"/>
              <xs:element name="kommentar" type="xs:string"
                minOccurs="0"/>
            </xs:sequence>
          </xs:complexType>
        </xs:element>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
</xs:schema>
    
```

Vom W3C im XML-Schema
<http://www.w3.org/2001/XMLSchema> vorgegeben:
 - Basistypen element, complexType, sequence, ...
 - Datentypen string, integer, ...

XML Standard Familie

Von W3C standardisiert (www.w3.org)

- CSS (1998): Cascading Style Sheets (layout: Stylesheet-Sprache für strukturierte Dokumente)
- XML 1.0
- Namespaces (1999)
- XSLT 1.0 (1999) XSL Transformations (Programmiersprache zur Transformation von XML-Dokumenten)
- XPath 1.0 (1999) Zugriff auf Teile eines Dokuments
- XHTML 1.0 (2000), (Extensible HTML). "A Reformulation of HTML 4 in XML 1.0"
- DOM Level 2, Document Object Model, Core Specification (2000)
- XML Schema (2001) Grammatik-Sprache für XML-Dokumentfamilien
- XLink 1.0 (2001): XML Linking Language (Spez. für Hyperlinks)
- XML Base (2001) (Spezifikation von Datenbank URIs für Dokument-Teile)
- XSL 1.0 (2001) Extensible Stylesheet Language (layout)
- XPointer (2002) : XML Pointer Language (Spezifikation von Pfaden in URIs)
- XQuery 1.0 (2002) XML Query Language (Abfragesprache für Datenbanken)
- XInclude (2002) XML Inclusions



XML Zusammenfassung

- Umfangreicher Tool Support
- Generalized Markup
 - Trennung von Struktur und Darstellung
 - XML Parser ⇒ Information Access
 - CSS, XSL, XSLT ⇒ Darstellung (Layout, Rendering)
 - Sichten ⇒ Flexibilität und Konsistenz
- Document Type Definition (DTD, Schema)
 - Klassenbildung + Validierung
- Persistenz (inkl. XML Datenbanken)
- Erweiterte Linkfähigkeit
- Multi-Medial, International



Definition von Web Services

A web service is a piece of business logic, located somewhere on the Internet, that is accessible through standard-based Internet protocols such as HTTP or SMTP. Using a web service could be as simple as logging into a site or as complex as facilitating a multi-organization business negotiation.

Chappell / Jewell:
„Java Web Services“
O'Reilly, 2002



9.9 Definition von Web Services

A Web service is a software system designed to support interoperable machine-to-machine interaction over a network.

*It has an interface described in a machine-processable format (specifically **WSDL**).*

*Other systems interact with the Web service in a manner prescribed by its description using **SOAP** messages, typically conveyed using HTTP with an **XML** serialization in conjunction with other Web-related standards.*

David Booth et al.: *Web Service Architecture*
W3C Working Group Note 11 February 2004
<http://www.w3.org/TR/ws-arch/>



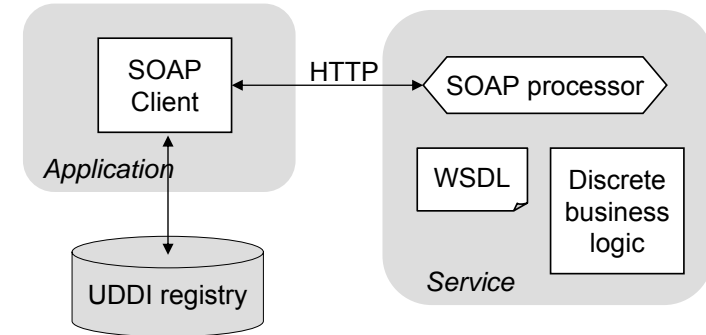
Web Services

- Komponentenmodell unter Verwendung von Web-Technologien
 - zentral: XML (Serialisierung und Schnittstellenbeschreibung)
- Motivation:
 - Löst ähnliche Probleme wie CORBA
 - Aber offener / allgemeiner als CORBA
- Bisher: große monolithische Informationssysteme
 - Client / Server / Datenbank zu eng verwoben
 - Schlecht dokumentierte Schnittstellen, proprietäre Formate
 - CORBA ORB's nicht überall verfügbar, beschränkt inter-operabel
 - Re-compilation bei kleinsten Änderungen der CORBA IDL

Web Services

- Vision: Integration verschiedener Business-Komponenten
 - über Abteilungs- und Unternehmensgrenzen hinweg
 - mit Web-basierten Technologien (XML / HTTP)
- Integration durch Schaffung von Standards
 - vor allem: XML
 - im Unterschied zu z.B. CORBA (z.B. XML statt IIOP)
- Merkmale von Web Services
 - XML-basiert ⇒ plattformunabhängig
 - lose Kopplung
 - grobgranular ⇒ mehrere Methoden bilden einen Dienst
 - Unterstützung von entfernten Methodenaufrufen
 - Unterstützung von Dokumentenaustausch

Web Services – einfaches Szenario

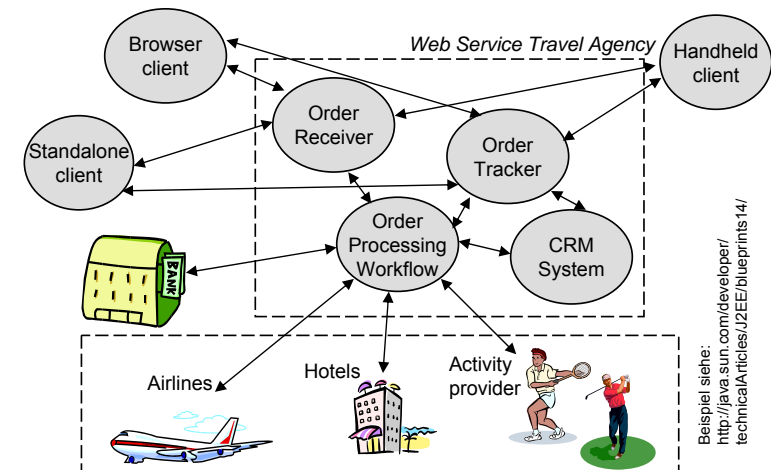


Chappell / Jewel: „Java Web Services“, O'Reilly, 2002, Abb.1-1

Web Services – Schlüsseltechnologien

- **XML**
 - Universelle Beschreibungssprache
 - Selbst-dokumentierend
 - Robust gegen Änderungen: Empfänger überliest irrelevante Einträge
- **WSDL** (Web Service Description Language)
 - Interface Beschreibung von Diensten (analog CORBA IDL)
- **SOAP** (Simple Object Access Protocol)
 - Kommunikation zwischen Diensten („XML-RPC“)
 - Transportiert XML-serialisierte Werte und Methoden-Aufrufe
- **UDDI** (Universal Description, Discovery and Integration)
 - Suchen von Diensten
 - Weltweiter Verzeichnisdienst für Web Services

Web Services –Szenario



Beispiel siehe:
<http://java.sun.com/developer/technicalArticles/J2EE/blueprints14/>

XML-RPC

- Idee: Entfernter Methodenaufruf ohne neue Technologien
 - Serialisierung in XML-Dokument
 - Methodenname
 - Parameter
 - Verschicken über HTTP
- Verfügbare Datentypen
 - `<int>`
 - `<double>`
 - `<string>`
 - `<boolean>`
 - `<base64>`
 - Bytefolge
 - `<dateTime.iso8601>`
 - Beispiel: `<dateTime.iso8601>20060125T11:15:12</dateTime.iso8601>`

XML-RPC – Prozedurantwort

```
HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: text/xml
Content-Length: 158

<?xml version="1.0" ?>
<methodResponse>
  <params>
    <param>
      <value><int>47</int></value>
    </param>
  </params>
</methodResponse>
```

XML-RPC – Prozeduraufruf

```
HOST /xml-rpc.app HTTP/1.1
Content-type: text/xml
Content-length: 255

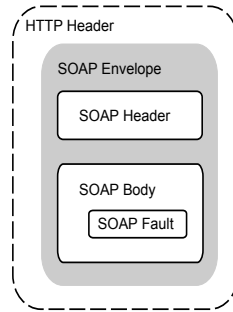
<?xml version="1.0" ?>
<methodCall>
  <methodName>calcMaximum</methodName>
  <params>
    <param>
      <value><int>47</int></value>
    </param>
    <param>
      <value><int>23</int></value>
    </param>
  </params>
</methodCall>
```

XML-RPC – Bewertung

- Vorteil
 - Sehr einfach und schlank
- Nachteile
 - ungenaue Codierung der Datentypen
 - z.B. Probleme mit Datumstyp: keine Zeitzone
 - Aufwändige Codierung binärer Daten (base64)
- Fehlende Metainformation zu den Methoden
 - könnten nur im Request-/Response-Header von HTTP beigefügt werden (⇒ nicht self-contained)
- Weiterentwicklung zu SOAP

SOAP

- *Simple Object Access Protocol*
- XML-basiertes Nachrichtenprotokoll
- Arbeitet auf bestehenden Transportprotokollen (HTTP, SMTP)
- Aufbau einer SOAP Nachricht
 - Envelope
 - Header
 - optional
 - für Metainformationen
 - Body
- kann vollständig im Dokument-Teil eines HTTP-Requests übertragen werden.



WSDL – Web Services Description Language

- Interface Definition Language for Web Services
- Basiert auf XML Schema
- Aufbau:
 - Beschreibung der Datentypen, die in Nachrichten vorkommen
- Abstract Operations
 - Die Operationen, die durch die Nachrichten ausgelöst werden
- Service Bindings
 - Abbildung der Nachrichten auf Transportprotokolle

SOAP – Nachrichtenformat

```
<SOAP-ENV:Envelope xmlns:SOAP-ENV=
"http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope/">
  <SOAP-ENV:Header>
    <!-- Header-Information -->
  </SOAP-ENV:Header>
  <SOAP-ENV:Body>
    <!-- Body-Information -->
  </SOAP-ENV:Body>
</SOAP-ENV:Envelope>
```

WSDL – Web Services Description Language

- Data Type Definitions
 - types – verwendete Datentypen als XML Schema
 - message – Definition der Nachrichten mit Parametern
- Abstract Operations
 - operation – Definition, welchem Dienst (Prozedur, Queue etc) die Nachricht zur Behandlung übergeben werden soll
 - portType – Abstrakter (Service-) Port als Menge von Operationen
 - binding – Abbildung eines Port Type auf einen konkreten Transportmechanismus (Protokoll)
- Service Bindings
 - port – Netzwerkadresse für ein Binding
 - service – Menge von Port Types, die gesamthaft einen logischen Dienst darstellen.

definitions

types

message

portType

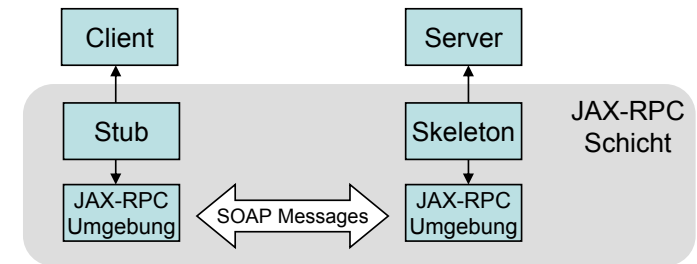
binding

service

UDDI

- Anforderungen
 - Veröffentlichen von Web Services
 - Finden von Web Services
- Anbieter von UDDI-Repositories: IBM, SAP und Microsoft
- Benutzung
 - Web-Interface
 - API z.B. JAXR (Java API for XML Registries)
- Beschreibung der Web Services mittels XML-Datenstrukturen
 - Business Entity: Kontakt, Beschreibung, Beziehung zu anderen Geschäftseinheiten, ...
 - Service: Web Service oder andere Dienstleistungen
 - Binding: Technische Beschreibung, Access point URL, Verweis auf Spezifikation
 - ...
- am wenigsten genutzter Standard

JAX-RPC



Thomas Stark: „J2EE“, Abb.12-2
Addison-Wesley, 2005

Java Web Service Developer Pack

- Im JWSDP u.a. enthalten:
 - Java Architecture for XML Binding (JAXB)
 - Generierung von Java Klassen aus DTDs
 - Java API for XML Processing (JAXP)
 - SAX (Simple API for XML Parsing)
 - ereignisgesteuerter Parser
 - DOM (Document Object Model)
 - Objekt Repräsentation in Form eines Baums
 - Java API for XML-based RPC (JAX-RPC)
 - Methodenaufrufe und Rückgabewerte als SOAP Nachricht
 - Erzeugung von Stubs und Ties (Skeletons) aus WSDL Beschreibung
 - SOAP with Attachments API for Java (SAAJ)
 - Erstellen und Verschicken von SOAP Nachrichten mit Anhängen
 - Asynchroner Nachrichtenaustausch