Middleware – Cloud Computing

Web-Services

Wintersemester 2024/25

Tobias Distler

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Informatik 4 (Systemsoftware)

Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Überblick

Web-Services
- Motivation
- Web Services Description Language (WSDL)
- Hypertext Transfer Protocol (HTTP)
- SOAP
- Representational State Transfer (REST)
- Vergleich zwischen SOAP und REST

Motivation

- Ziel: **Universeller Zugriff auf Cloud-Dienste** durch
  - Endnutzer einer Anwendung
  - Administrator des Cloud-Diensts
  - Andere (Cloud-)Anwendungen
- **Web-Services** (mögliche Definition)

> „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."

[Web Services Architecture – W3C Working Group Note 11, http://www.w3.org/TR/ws-arch/]

- **Herausforderungen**
  - Woher weiß ein Nutzer, wie er mit einem Dienst kommunizieren soll?
  - Welcher Teil der Kommunikation lässt sich automatisiert implementieren?
  - Wie lässt sich ein Web-Service skalierbar realisieren?

Überblick

Web-Services
- Motivation
- Web Services Description Language (WSDL)
- Hypertext Transfer Protocol (HTTP)
- SOAP
- Representational State Transfer (REST)
- Vergleich zwischen SOAP und REST

Web Services Description Language (WSDL)

- Überblick
  - **Beschreibungssprache** für die Funktionalität von Web-Services
  - Repräsentation als XML-Dokument
  - Ziel: **Automatische Erzeugung von Stubs** für Zugriff auf Web-Services
- **Bestandteile einer WSDL-Beschreibung** (*Description*)
  - Datentypen (*Types*)
  - Schnittstellen (*Interfaces*)
  - Abbildung auf Kommunikationsprotokolle (*Bindings*)
  - Dienste (*Services*)
- Literatur

Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0
`http://www.w3.org/TR/wsdl20/`

David C. Fallside and Priscilla Walmsley
XML Schema Part 0: Primer Second Edition, 2004.

Datentypen

- **Standarddatentypen** aus der XML Schema Definition (XSD)

```
<types>
  <xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
              targetNamespace="[URI des Typ-Namensraums]">
    [Definitionen dienstspezifischer Datentypen]
  </xsd:schema>
</types>                                                    [xmlns: XML namespace]
```

- **Anwendungsspezifische Datentypen**
  - Spezifizierung komplexer Datenstrukturen
  - Beispiel: Zusammengesetzter Datentyp aus Zeichenkette und Double

```
<xsd:element name="[Name des Datentyps]">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="[Variablenname]" type="xsd:string">
      <xsd:element name="[Variablenname]" type="xsd:double">
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>
```


Schnittstellen

- Beschreibung der **Methoden und Fehlermeldungen**

```
<interface name="[Schnittstellenname]">
  <operation>[...]</operation>
  <fault [...]/>
  [Definitionen weiterer Operationen und Fehlermeldungen]
</interface>
```

- Methoden
  - Festlegung des Kommunikationsmusters (z. B. `in-out`, `in-only`,...)
  - **Zuordnung von Nachrichtenformaten zu Operationen**
  - Beispiel: Methode mit Anfrage-Antwort-Interaktion

```
<operation name="[Methodenname]" pattern="http://www.w3.org/ns/wsdl/in-out">
  <input messageLabel="In" element="[Datentyp der Anfrage]"/>
  <output messageLabel="Out" element="[Datentyp der Antwort]"/>
</operation>
```

- Fehlermeldungen

```
<fault name="[Fehlername]" element="[Datentyp der Fehlermeldung]"/>
```


Abbildung auf Kommunikationsprotokolle

- Beispiel: Abbildung auf **SOAP über HTTP**

```
<binding name="[Abbildungsname]"
         interface="tns:[Schnittstellenname]"
         type="http://www.w3.org/ns/wsdl/soap"
         wsoap:protocol="http://[...]/soap/bindings/HTTP/">
  <operation ref="tns:[Methode]" wsoap:mep="http://[...]/soap/mep/request-response"/>
  [Auflistung weiterer Operationen]
  <fault ref="tns:[Fehlername]" wsoap:code="[SOAP-Fehler-Code]"/>
  [Auflistung weiterer Fehlermeldungen]
</binding>
```

  - Festlegung des Kommunikations- und Transportprotokolls
  - Angabe des Kommunikationsmusters für Methoden [mep: message exchange pattern]
  - Abbildung der Fehlermeldungen
- Alternative: **HTTP als Anwendungsprotokoll** (z. B. mittels REST)

Dienste

- Beschreibung der **Kommunikationsendpunkte eines Web-Services**

```
<service name="[Web-Service-Name]"
         interface="tns:[Schnittstellenname]">
  <endpoint name="[Endpunktname]"
            binding="tns:[Abbildungsname]"
            address="[URL des Web-Services]"/>
  [Definitionen weiterer Endpunkte]
</service>
```

  - Angabe der Kommunikationsprotokolle der Endpunkte
  - Bekanntmachung der zu kontaktierenden Endpunktadressen

- WSDL-Dokumente enthalten also Antworten auf folgende Fragen:
  - Welche Methoden bietet der Dienst an?
  - An wen muss sich ein Client wenden, um die Methoden zu verwenden?
  - Welche Nachrichten muss ein Client hierfür senden?

→ **Automatisierte Generierung von Stubs für Web-Services möglich**

Überblick

Web-Services

Motivation

Web Services Description Language (WSDL)

Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

SOAP

Representational State Transfer (REST)

Vergleich zwischen SOAP und REST

Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

- Protokoll für **Zugriff auf Ressourcen** über ein Netzwerk
  - Zumeist TCP/IP als zuverlässiges Transportprotokoll
  - Textbasierter Nachrichtenaustausch
- Aufbau der Anfrage- und Antwortnachrichten
  - **Header**
    - Methodenname und Ressourcen-ID (Anfrage) bzw. Statusmeldung (Antwort)
    - HTTP-Versionsnummer
    - Liste von Schlüssel-Wert-Paaren (z. B. `Content-Length: 4711`)
  - **Body** (optional): Nutzdaten
- Literatur

Tim Berners-Lee, Roy Fielding, and Henrik Frystyk
Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.0, *RFC 1945*, 1996.

Roy Fielding, Jim Gettys, Jeffrey Mogul, Henrik Frystyk, Larry Masinter, Paul Leach et al.
Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1, *RFC 2616*, 1999.

Methoden und Statusmeldungen

- Überblick über die wichtigsten **HTTP-Methoden**

Methode	Beschreibung
GET	Lesender Zugriff auf die adressierte Ressource
HEAD	Unterschied zu GET: Antwort enthält keinen Body
PUT	Registrieren von Daten unter der übergebenen Ressourcenadresse
DELETE	Löschen der adressierten Ressource
POST	Übermittlung von Daten an die adressierte Ressource (Beispiele) – Weitergabe von Formulardaten – Anfügen eines Datensatzes an eine Datenbank

[RFC 2616]

- Kategorien von **Statusmeldungen**

Klasse	Kategorie	Beschreibung
1xx	Informell	Anfrage wurde empfangen, Bearbeitung erfolgt
2xx	Erfolg	Anfrage wurde empfangen, verstanden und akzeptiert
3xx	Weiterleitung	Weitere Aktionen notwendig
4xx	Client-Fehler	Anfrage war fehlerhaft
5xx	Server-Fehler	Anfrage war korrekt, aber im Server lag ein Fehler vor

[RFC 2616]

Überblick

Web-Services

Motivation

Web Services Description Language (WSDL)

Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

SOAP

Representational State Transfer (REST)

Vergleich zwischen SOAP und REST

SOAP

- Überblick
  - **Kommunikationsprotokoll für Web-Services**
  - Versand von Nachrichten mittels separatem Transportprotokoll
  - Hinweis zur Namensgebung
    - Ursprünglich: *Simple Object Access Protocol*
    - Inzwischen nur noch als Abkürzung verwendet
- **Bestandteile des SOAP-Nachrichten-Frameworks**
  - Nachrichtenaufbau
  - Verarbeitungsmodell
  - Abbildung auf Transportprotokolle
  - Erweiterbarkeitsmodell
- Literatur

  SOAP Version 1.2
  `http://www.w3.org/TR/soap12/`

Nachrichtenaufbau

- **Repräsentation als XML-Dokument**

```
<?xml version="1.0"?>
<soap:Envelope xmlns:soap="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope">
  <soap:Header>
    [Header-Blöcke]
  </soap:Header>
  <soap:Body>
    [Body-Daten]
  </soap:Body>
</soap:Envelope>
```

- Kapselung von Informationen im Wurzelelement `soap:Envelope`
  - Header (optional): **SOAP-Header-Blöcke** mit
    - Kontextinformationen für Nutzdaten
    - Kontrollflussinformationen für Kommunikationspartner
  - Body
    - Nutzdaten
    - Fehlermeldungen

Verarbeitungsmodell

- Weitergabe von Nachrichten entlang eines **Pfads aus SOAP-Knoten**
  - Kategorien von SOAP-Knoten
    - Sender
    - Zwischenstation
    - Empfänger
  - Zwischenstationen dürfen Header-Blöcke lesen, hinzufügen oder löschen
- **Fehlermeldungen**
  - `Fault`-Element im Body einer SOAP-Nachricht

```
<soap:Body>
  <soap:Fault>
    <soap:Code>[Fehler-Code]</soap:Code>
    <soap:Reason>[Fehlerbeschreibung]</soap:Reason>
    <soap:Detail>[Anwendungsspezifische Informationen]</soap:Detail>
  </soap:Fault>
</soap:Body>
```

  - Beispiel: Aufbau eines Header-Blocks entspricht nicht den Regeln

Abbildung auf Transportprotokolle

- **HTTP**
  - Übertragung der SOAP-Nachrichten im Body von HTTP-Nachrichten
  - Eigener `Content-Type`: `application/soap+xml`
  - Signalisierung von SOAP-Fehlern: `500 Internal Server Error`
  - Senden von SOAP-Nachrichten
    - Unidirektional per HTTP-GET
    - Bidirektional per HTTP-POST
  - **Implizite Zuordnung** von Nachrichten bei Anfrage-Antwort-Interaktion
    - Abhängigkeit zwischen HTTP-POST-Anfrage und ihrer Antwort
    - SOAP-Nachricht in der Antwort gehört zu SOAP-Nachricht in der Anfrage
- **SMTP**
  - Übertragung der SOAP-Nachrichten im E-Mail-Text oder als Anhang
  - **Explizite Zuordnung** von Nachrichten bei Anfrage-Antwort-Interaktion
    - Keine von vornherein bestehende Abhängigkeit zwischen zwei E-Mails
    - Lösung: `Message-Id` der Anfrage im `In-reply-to`-Feld des Antwort-Headers

Überblick

Web-Services

Motivation

Web Services Description Language (WSDL)

Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

SOAP

Representational State Transfer (REST)

Vergleich zwischen SOAP und REST

Representational State Transfer (REST)

- Herausforderungen im **World Wide Web (WWW)**
  - Geografische Verteilung
  - Heterogene Hardware, Software, Datenformate,...
  - Vollständige Verfügbarkeit des Gesamtsystems nicht gegeben
- **Formulierung von Grundprinzipien** (Beispiele)
  - Aufteilung in Client und Server
  - Zustandslose Interaktion
  - Einheitliche Schnittstellen

„The name „**Representational State Transfer**“ is intended to evoke an image of **how a well-designed Web application behaves**: a network of web pages (a virtual state-machine), where the user progresses through the application by selecting links (state transitions), resulting in the next page (representing the next state of the application) being transferred to the user [...]“

[Fielding, Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures.]

- Literatur

Roy Fielding
Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures,
Dissertation, 2000.

Zentrale Konzepte

- **Identifizierung von *Ressourcen***: Universal Resource Identifiers (URIs)
  - Ressource als abstraktes Konzept
    - Referenz ist nicht an die Existenz eines Objekts gebunden
    - Zwei URIs können auf dasselbe zeigen, jedoch nicht dasselbe meinen
      [Beispiel: Neuester Sicherungspunkt vs. Sicherungspunkt vom 1.10.2024]
  - Manipulation von Ressourcen mittels **Repräsentationen**
    - Repräsentation kann vom internen Format einer Ressource abweichen
    - Ressourcenmodifikation durch Weitergabe einer veränderten Repräsentation
- **Zustandslose Kommunikation**
  - Zustandstragende Nachrichten
    - **Kein Vorhalten von Kontextinformation** auf Server-Seite
    - Zustand der Interaktion wird vollständig in den Nachrichten selbst verwaltet
  - Vorteile
    - Geringerer Ressourcenverbrauch und bessere Skalierbarkeit auf Server-Seite
    - Einfachere parallele Bearbeitung von Anfragen
  - Nachteil: Mehraufwand durch vielfaches Senden von Kontextinformationen

Überblick

Web-Services

Motivation

Web Services Description Language (WSDL)

Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

SOAP

Representational State Transfer (REST)

Vergleich zwischen SOAP und REST

Entwicklung von Anwendungen im Vergleich

- SOAP
  - **Modellierung der zu verwendenden Nachrichten**
  - Konzipierung des Nachrichtenaustauschs (synchron/asynchron)
  - **Auflistung der von der Anwendung angebotenen Operationen** (→ WSDL)
- REST
  - **Identifizierung der zu referenzierenden Ressourcen**
  - Entwicklung einer geeigneten URI-Struktur
  - **Definition der Operationssemantiken** für jede Ressource
    - Welche der HTTP-Operationen darf auf der Ressource ausgeführt werden?
    - Welche Auswirkung hat eine bestimmte Operation auf die Ressource?
  - Formulierung von Beziehungen zwischen Ressourcen
  - Spezifizierung der Datenrepräsentation für jede Ressource
- Literatur

Cesare Pautasso, Olaf Zimmermann, and Frank Leymann
Restful Web Services vs. "Big" Web Services: Making the Right Architectural Decision
Proc. of the 17th International World Wide Web Conference (WWW '08), S. 805–814, 2008.

Anwendungsbeispiel: Amazon Simple Storage Service

- **Amazon Simple Storage Service** (Amazon S3)
  - Web-Service zur Speicherung von Daten in der Amazon-Cloud
  - Ausfallsicherheit durch Replikation auf mehrere Standorte
- Organisation in **Buckets (Verzeichnisse)** und **Objects (Nutzdaten)**
  - Ein Bucket kann mehrere Objekte enthalten
  - Keine Schachtelung von Buckets vorgesehen
- Web-Service APIs
  - SOAP
  - REST
- Literatur

Amazon Simple Storage Service
`http://aws.amazon.com/s3/`

Amazon Simple Storage Service API Reference
`http://awsdocs.s3.amazonaws.com/S3/latest/s3-api.pdf`

Amazon S3 — SOAP API

- **Erstellen eines (Text-)Objekts in einem Bucket**: Anfragenachricht

```
<PutObject xmlns="http://doc.s3.amazonaws.com/2006-03-01">
  <Bucket>[Bucket-Name]</Bucket>
  <Key>[Objektname]</Key>
  <Metadata>
    <Name>Content-Type</Name>
    <Value>text/plain</Value>
  </Metadata>
  <ContentLength>[Größe der Nutzdaten]</ContentLength>
  <AccessControlList>[Spezifizierung von Zugriffsrechten]</AccessControlList>
  <AWSAccessKeyId>[Zugangsschlüssel-ID]</AWSAccessKeyId>
  <Timestamp>[Zeitstempel]</Timestamp>
  <Signature>[Signatur]</Signature>
</PutObject>
```

  - Übertragung der Nutzdaten im Anhang an den SOAP-Envelope
  - Ersetzung der Daten, falls ein Objekt desselben Namens bereits existiert

- **Erstellen eines Objekts in einem Bucket**: Antwortnachricht (Body)

```
<PutObjectResponse xmlns="http://s3.amazonaws.com/doc/2006-03-01">
  <PutObjectResponse>
    <ETag>[MD5-Hash der Nutzdaten des Objekts]</ETag>
    <LastModified>[Zeitstempel der letzten Speicheroperation dieses Objekts]</LastModified>
  </PutObjectResponse>
</PutObjectResponse>
```

- **Zugriff auf Objekte**

```
<GetObject xmlns="http://doc.s3.amazonaws.com/2006-03-01">
  <Bucket>[Bucket-Name]</Bucket>
  <Key>[Objektname]</Key>
  <GetMetadata>[true|false]</GetMetadata>
  <GetData>[true|false]</GetData>[...]
</GetObject>
```

  - Getrennte Abfrage von Daten und Metadaten möglich
  - Rückgabe der Daten im SOAP-Body oder als SOAP-Anhang

- PUT: **Erstellen eines (Text-)Objekts in einem Bucket**

```
PUT /[Objektname] HTTP/1.1
Host: [Bucket-Name].s3.amazonaws.com
Date: [Zeitstempel]
Authorization: AWS [Zugangsschlüssel-ID]:[Signatur]
Content-Type: text/plain
Content-Length: [Größe der Nutzdaten]
```

  - Nutzdaten des Objekts im Nachrichten-Body
  - Hierarchische Objektnamen möglich (z. B. `dir/subdir/file.txt`)

- **Zugriff auf Objekte**
  - Varianten
    - GET: Abfrage der Nutz- und Metadaten
    - HEAD: Abfrage der Metadaten
  - Komplexere Leseanfragen durch Hinzufügen von Header-Feldern

- DELETE: **Löschen von Objekten**