

Middleware – Cloud Computing – Übung

Christopher Eibel, Michael Eischer, Tobias Distler

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

www4.cs.fau.de

Wintersemester 2017/18



Web-Services


- RESTful Web-Services

- Implementierung von RESTful Web-Services

- Registrierung von Web-Services

- Aufgabe 1



- Web-Service
 - Software-System zur Interaktion zwischen Rechnern über ein Netzwerk
 - Plattformunabhängigkeit durch Einsatz von Web-Standards (z. B. HTTP)
 - Unterschiedliche Ausprägungen (Beispiele)
 - SOAP
 - **REST**
 - XML-RPC
- RESTful Web-Service
 - Umsetzung des Prinzips des *Representational State Transfer (REST)*
 - Identifizierung von Ressourcen mittels *Universal Resource Identifiers (URIs)*
 - Darstellung von Ressourcenzuständen anhand von *Repräsentationen*
 - HTTP als Anwendungsprotokoll
 - Literatur
 -  Roy Fielding
Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures, Dissertation, 2000.



HTTP als Anwendungsprotokoll

- Übertragung von Daten in HTTP-Anfragen und -Antworten
 - Header für Metadaten
 - Body für Nutzdaten (optional)
- Ausführung von Aktionen mittels HTTP-Operationen (Beispiele)
 - GET Lesezugriff auf eine Ressource
 - PUT Schreibzugriff auf eine Ressource
 - DELETE Löschen einer Ressource
 - POST Übermittlung von Daten an eine Ressource
- Senden von Statusmeldungen durch HTTP-Status-Codes (Beispiele)
 - 200 OK Erfolgreiche Bearbeitung
 - 400 Bad Request Fehlerhafte Anfragenachricht
 - 404 Not Found Ressource existiert nicht

Literatur

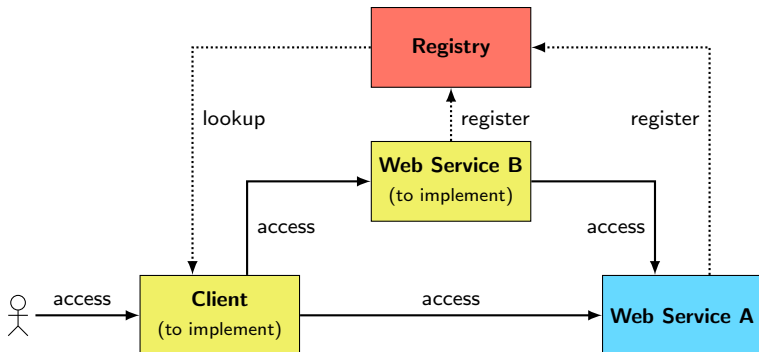


Roy Fielding, Jim Gettys, Jeffrey Mogul, Henrik Frystyk, Larry Masinter et al.
Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1, RFC 2616, 1999.



Aufgabe 1: Web-Services

- Nutzung eines existierenden Web-Services
- Bereitstellung eines eigenen RESTful Web-Services



Web-Services

RESTful Web-Services

Implementierung von RESTful Web-Services

Registrierung von Web-Services

Aufgabe 1



- Java API for RESTful Web Services (JAX-RS)
 - Schnittstellen für die Implementierung von HTTP auf Client-Seite
 - Entwicklung und Ausführung der Server-Seite
 - Implementierung als Java-Anwendung
 - Bereitstellung über einen Java-internen Web-Server
 - Annotationen als zentrales Hilfsmittel
 - Verknüpfung von HTTP-Operationen und Java-Methoden
 - Zuordnung von URI-Pfaden zu Methoden
 - Packages: `javax.ws.rs.*`
 - Tutorial: <https://docs.oracle.com/javasee/7/tutorial/jaxrs.htm>
- Jersey
 - Framework zur Entwicklung JAX-RS-basierter Web-Services
 - Packages: `org.glassfish.jersey.*`
 - Projektseite: <https://jersey.github.io/>
 - Bibliotheken im CIP-Pool (Java 8): `/proj/i4mw/pub/aufgabe1/`



■ Server-Seite

- `@Singleton` verhindert die Erzeugung einer neuen Instanz für jeden Aufruf
- Festlegung des Server-Pfads per `@Path`-Annotation

```
@Singleton
@Path("queue")
public class MWQueueServer {
    private List<String> queue = new LinkedList<String>();
    // [...] Default-Konstruktor, falls weitere Konstruktoren existieren
    // [...] Methodenimplementierungen (siehe nachfolgende Folien)
}
```

```
public static void main(String[] args) {
    URI uri = UriBuilder.fromUri("http://localhost/").port(12345).build();
    ResourceConfig config = new ResourceConfig(MWQueueServer.class);
    JdkHttpServerFactory.createHttpServer(uri, config);
}
```

■ Client-Seite

```
URI uri = UriBuilder.fromUri("http://localhost/").port(12345).build();
WebTarget client = ClientBuilder.newClient().target(uri).path("queue");
// [...] Methodenaufrufe (siehe nachfolgende Folien)
```



■ Server-Seite

- Implementierung der Funktionalität mittels `public`-Methoden
- Festlegung der HTTP-Zugriffsmethode über entsprechende Annotation
- Spezifische Unterpfade für Methoden möglich
- Repräsentation der Antwort durch `Response`-Objekt

```
@GET
@Path("size")
public Response getSize() {
    return Response.ok(queue.size()).build();
}
```

■ Client-Seite

- Festlegung des Unterpfads mittels `path()`-Methode
- Auswahl der HTTP-Operation über entsprechende Methode (hier: `get()`)
- Deserialisieren des Rückgabewerts per `readEntity()` am `Response`-Objekt

```
WebTarget client = [...];
Response response = client.path("size").request().get();
Integer size = response.readEntity(Integer.class);
response.close();
```



- Konzept
 - Übergabe von Aufrufparametern als Teil des Pfads
 - Interpretation dieser Pfadelemente auf Server-Seite
- Server-Seite
 - Kennzeichnung der im Pfad kodierten Variablen mit „{...}“
 - Zugriff auf Pfadparameter mit `@PathParam` und Variablenname

```
@GET
@Path("/{index}")
public Response get(@PathParam("index") int i) {
    return Response.ok(queue.get(i)).build();
}
```

- Client-Seite

```
WebTarget client = [...];
Response response = client.path("1").request().get();
String value = response.readEntity(String.class);
response.close();
```



- Konzept
 - Übergabe von Aufrufparametern im Query-Teil der URI
 - Beispiel: `http://localhost:12345/queue/index-of?value=example`
- Server-Seite
 - Zugriff auf Queryparameter über `@QueryParam`-Annotation
 - Angabe von Standard-Werten mittels `@DefaultValue`-Annotation

```
@GET
@Path("index-of")
public Response indexOf(@QueryParam("value") @DefaultValue("") String v) {
    return Response.ok(queue.indexOf(v)).build();
}
```

- Client-Seite

```
WebTarget client = [...];
Response response =
    client.path("index-of").queryParam("value", "example").request().get();
Integer index = response.readEntity(Integer.class);
response.close();
```



- Konzept
 - Übergabe eines Aufrufparameters im Body der HTTP-Anfrage
 - Einsatz der HTTP-Operationen PUT oder POST
- Server-Seite
 - Spezifizierung eines einzelnen Parameters
 - Automatische Konvertierung der Daten durch die Laufzeitumgebung

```
@PUT
@Path("tail")
public Response add(String value) {
    queue.add(value);
    return Response.ok().build();
}
```

- Client-Seite
 - Übergabe des Werts und Festlegung des Formats mittels Entity-Objekt
 - Beispiele: Text (Entity.text()) oder JSON (Entity.json())

```
WebTarget client = [...];
client.path("tail").request().put(Entity.text("example")).close();
```



- Übertragung von Generics-Datentypen und Arrays
 - Grundsätzliche Vorgehensweise wie bei Java-Standarddatentypen
 - Sonderbehandlung bei Deserialisierung

- Server-Seite

```
@GET
public Response list() {
    String[] array = new String[queue.size()];
    queue.toArray(array);
    return Response.ok(array).build();
}
```

- Client-Seite

- Standardansatz mangels class-Objekten für Generics nicht möglich
- Bereitstellung der Typ-Information mittels GenericType-Hilfsobjekt

```
WebTarget client = [...];
Response response = client.request().get();
GenericType<String[]> type = new GenericType<String[]>() {};
String[] array = response.readEntity(type);
response.close();
```



- Übertragung nutzerdefinierter Objekte
 - Standardeinstellung: Übermittlung mittels JSON
 - Default-Konstruktor erforderlich, falls weitere Konstruktoren existieren
 - Getter- und Setter-Methoden für zu übertragende Attribute nötig
- Beispiel

```
public class MWQueueElement {
    private int index;
    private String value;

    public MWQueueElement() {}
    public MWQueueElement(int index, String value) {
        this.index = index;
        this.value = value;
    }

    public int getIndex()           { return index; }
    public void setIndex(int index)  { this.index = index; }
    public String getValue()         { return value; }
    public void setValue(String value) { this.value = value; }
}
```



■ Nutzerdefiniertes Objekt als Aufrufparameter

```
@POST // Server-Seite
public Response insert(MWQueueElement element) {
    queue.add(element.getIndex(), element.getValue());
    return Response.ok().build();
}
```

```
MWQueueElement element = new MWQueueElement(1, "test"); // Client-Seite
client.request().post(Entity.json(element)).close();
```

■ Nutzerdefiniertes Objekt als Rückgabewert

```
@POST // Server-Seite
@Path("find")
public Response find(String prefix) {
    MWQueueElement element = [...]; // Bestimmung des Ergebnisses
    return Response.ok(element).build();
}
```

```
Response response = client.path("find").request().post(Entity.text("t"));
MWQueueElement element = response.readEntity(MWQueueElement.class);
response.close(); // Client-Seite
```



Status- bzw. Fehlermeldungen

■ Konzept

- Abbildung von Fehlern auf HTTP-Status-Codes
- Keine direkte Weitergabe von Exceptions

■ Server-Seite (Alternativen)

- Werfen einer `WebApplicationException` mit entsprechendem Status-Code
- Konfigurierung des Status-Codes durch Methode am Antwortobjekt

```
if([...]) throw new WebApplicationException(Status.BAD_REQUEST);  
if([...]) return Response.serverError().build();
```

■ Client-Seite

```
Response response = [...];  
switch(Status.fromStatusCode(response.getStatus())) {  
  case OK:  
    [...] // Verarbeitung des Ergebnisses  
    break;  
  case BAD_REQUEST:  
    [...] // Reaktion auf Fehler  
    break;  
  [...] // Behandlung weiterer Status-Codes  
}
```



- Problem: Anzeige von Exceptions **auf Server-Seite**
- Abfangen und Darstellen mittels Exception-Handler
 - Kennzeichnung als @Provider
 - Propagieren des Fehler-Status-Codes bei WebApplicationExceptions

```
@Provider
public class MWErrorHandler implements ExceptionMapper<Throwable> {
    public Response toResponse(Throwable error) {
        // Ausgabe der Exception
        error.printStackTrace();

        // Propagieren der Exception
        if(error instanceof WebApplicationException) {
            return ((WebApplicationException) error).getResponse();
        } else return Response.serverError().build();
    }
}
```

- Handler-Registrierung als Teil der Web-Server-Konfiguration

```
ResourceConfig config = new ResourceConfig(MWQueueServer.class);
config.register(MWErrorHandler.class);
```



- HTTP-Debugging auf der Kommandozeile mittels cURL
- Zentrale Parameter (siehe Manpage: `man curl`)
 - `-v` Ausgabe des vollständigen Nachrichtenaustauschs
 - `-X {GET,PUT,...}` Festlegung der HTTP-Operation
 - `-d <data>` Übergabe von Daten im HTTP-Body
 - `-u <username>` Angabe eines Logins [→ Passworteingabe bei anschließender Abfrage]

```
$ curl -v -X PUT -d "example" http://localhost:12345/queue/tail
[...]
> PUT /queue/tail HTTP/1.1
> Host: localhost:12345
> User-Agent: curl/7.52.1
> Accept: */*
> Content-Length: 7
> Content-Type: application/x-www-form-urlencoded
[...]
< HTTP/1.1 200 OK
< Date: Mon, 16 Oct 2017 10:45:03 GMT
< Content-length: 0
[...]
```



Web-Services

RESTful Web-Services

Implementierung von RESTful Web-Services

Registrierung von Web-Services

Aufgabe 1



- Problemstellung
 - Große Anzahl verschiedener Web-Services in einem System
 - Adressen von Diensten können sich mit der Zeit ändern
 - Clients benötigen aktuelle Web-Service-Adressen
- Möglicher Lösungsansatz: Einsatz einer Registry
 - Verzeichnisdienst zur Verwaltung von Metadaten verfügbarer Dienste
 - Registry-Adresse ist im System global bekannt
 - Treffpunkt zwischen Dienstanbieter und Dienstnehmer
 - Dienstanbieter registriert Web-Service-Adresse unter einem Namen
 - Dienstnehmer findet Web-Service-Adresse mittels Suchanfrage nach Namen
 - Keine Einbeziehung der Registry in anschließende Client-Dienst-Interaktion
- I4-Registry
 - Implementierung als RESTful Web-Service
 - Bereitstellung auf einem Rechner des Lehrstuhls
 - Registry-URI in der Datei `/proj/i4mw/pub/aufgabe1/registry.address`



■ Hierarchische Verwaltung von Einträgen

- Gruppe (String): Eine für jede Übungsgruppe (z. B. „gruppe0“)
- Dienst (String)
 - Zuordnung zu einer Gruppe
 - Mehrere Dienste pro Gruppe möglich
- Schlüssel-Wert-Paar (jeweils String)
 - Zuordnung zu einem Dienst
 - Mehrere Schlüssel-Wert-Paare pro Dienst möglich

■ Schnittstelle

- | | | |
|----------|-----------------------------------|--------------------------|
| ■ GET | /registry | Auflistung der Gruppen |
| ■ GET | /registry/{group} | Auflistung der Dienste |
| ■ PUT | /registry/{group}/{service} | Erstellen eines Diensts |
| ■ DELETE | /registry/{group}/{service} | Löschen eines Diensts |
| ■ GET | /registry/{group}/{service} | Auflistung der Schlüssel |
| ■ GET | /registry/{group}/{service}/{key} | Ausgabe eines Werts |
| ■ PUT | /registry/{group}/{service}/{key} | Setzen eines Werts |
| ■ DELETE | /registry/{group}/{service}/{key} | Löschen eines Werts |



Web-Services

RESTful Web-Services

Implementierung von RESTful Web-Services

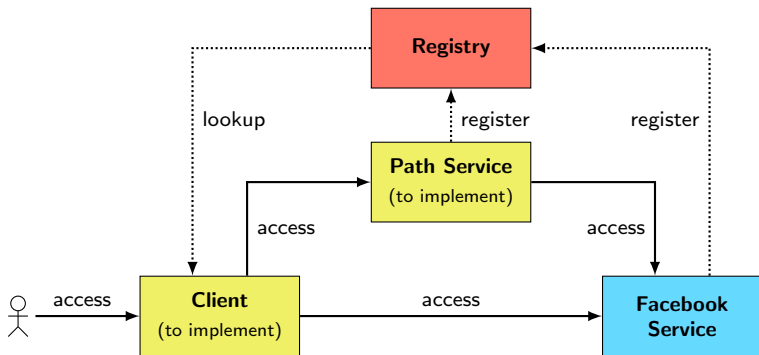
Registrierung von Web-Services

Aufgabe 1



Aufgabe 1: Web-Services

- Bereitstellung eines eigenen RESTful Web-Services
- Teilaufgaben
 - Kommandozeilen-Client für Registry-Zugriff
 - Web-Service zur Erweiterung eines bereits bestehenden Web-Services
 - Client zum Zugriff auf beide Web-Services



■ Zu implementierende Kommandos

- `list-groups` Auflisten aller existierender Gruppen
- `list-services` Auflisten aller Dienste einer Gruppe
- `create-service` Erstellen eines neuen Diensts
- `delete-service` Löschen eines existierenden Diensts
- `list-keys` Auflisten aller Schlüssel eines Diensts
- `get-value` Lesen eines zu einem Schlüssel gehörigen Werts
- `put-value` Speichern eines Schlüssel-Wert-Paars
- `delete-value` Löschen eines Schlüssel-Wert-Paars

■ Registry-Zugang

- Lesezugriff auf alle Einträge, Schreibzugriff beschränkt auf eigene Gruppe
- `username (user)`: Eigener Gruppenname (z. B. „gruppe0“)
- `password (pwd)`: Siehe Bestätigungs-E-Mail nach Gruppenanmeldung

```
WebTarget client = [...];  
HttpAuthenticationFeature af = HttpAuthenticationFeature.basic(user, pwd);  
client.register(af);
```

[Hinweis: Nur der erste Aufruf von `register(af)` setzt Nutzernamen und Passwort; weitere Aufrufe haben keinen Effekt.]



- Überblick
 - Verwaltung von Nutzern und ihrer Freundschaftsbeziehungen zu anderen
 - Zusammenhängender Graph aus Freundschaftsbeziehungen
 - Bereitstellung auf einem Lehrstuhlrechner

- Verwaltete Informationen für jeden Nutzer
 - *ID* Eindeutige Kennzeichnung des Nutzers
 - *Name* (Klar-)Name des Nutzers
 - *Freunde* Liste mit den IDs von Freunden des Nutzers

- Basisschnittstelle
 - GET /facebook/search?string=<s> Suche nach Nutzern, deren Name die Zeichenkette <s> enthält (maximal 1000 Ergebnisse)
 - GET /facebook/names/{id} Ausgabe des Klarnamens zu einer ID
 - GET /facebook/friends/{id} Ausgabe aller Freunde einer ID



■ Gebündelte Abfrage von Klarnamen

- Methode `POST`
- Pfad `/facebook/names`
- Anfrage-Body `String-Array ids` der abzufragenden IDs
- Antwort-Body `String-Array names` der Klarnamen, wobei `names[i]` den Klarnamen von `ids[i]` repräsentiert

■ Gebündelte Abfrage von Freundschaftsbeziehungen

- Methode `POST`
- Pfad `/facebook/friends`
- Anfrage-Body `String-Array ids` der abzufragenden IDs
- Antwort-Body `Map<String, HashSet<String>> friends` der angeforderten Freundschaftsbeziehungen
 - Schlüssel in `friends` entsprechen den abgefragten IDs
 - Werte in `friends` enthalten die jeweiligen Freund-IDs



- Überblick
 - Ermittlung der kürzesten Verbindung zwischen zwei Facebook-Nutzern
 - Im Rahmen von Aufgabe 1 selbst zu implementieren
- Ausgabe der kürzesten Verbindung zwischen {startID} und {endID}
 - Methode GET
 - Pfad /path/{startID}/{endID}
 - Antwort-Body MWPath-Objekt mit Pfad path und Aufrufstatistiken

```
public class MWPath {  
    String[] path;  
    [...] // Statistiken  
}
```

- Implementierung
 - Rückgriff auf den Facebook-Dienst
 - Bestimmung des kürzesten Pfads
 - Bereitgestellt: Implementierung des Dijkstra-Algorithmus
 - Zu implementieren: Zusammenstellung der Eingabemenge von IDs



Client für Web-Services

- Zugriff auf Pfad- und Facebook-Dienst per Kommandozeilen-Client
- Zu implementierende Kommandos
 - `search` Suche nach Nutzern
 - `friends` Ausgabe der Namen aller Freunde eines Nutzers
 - `path` Kürzester Pfad (Nutzernamen) zwischen zwei Nutzern

