Middleware – Cloud Computing – Übung

Michael Eischer, Laura Lawniczak, Tobias Distler

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

www4.cs.fau.de

Wintersemester 2019/20

Überblick

Web-Services
- RESTful Web-Services
- Implementierung von RESTful Web-Services
- Registrierung von Web-Services
- Aufgabe 1

RESTful Web-Services

- 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

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)

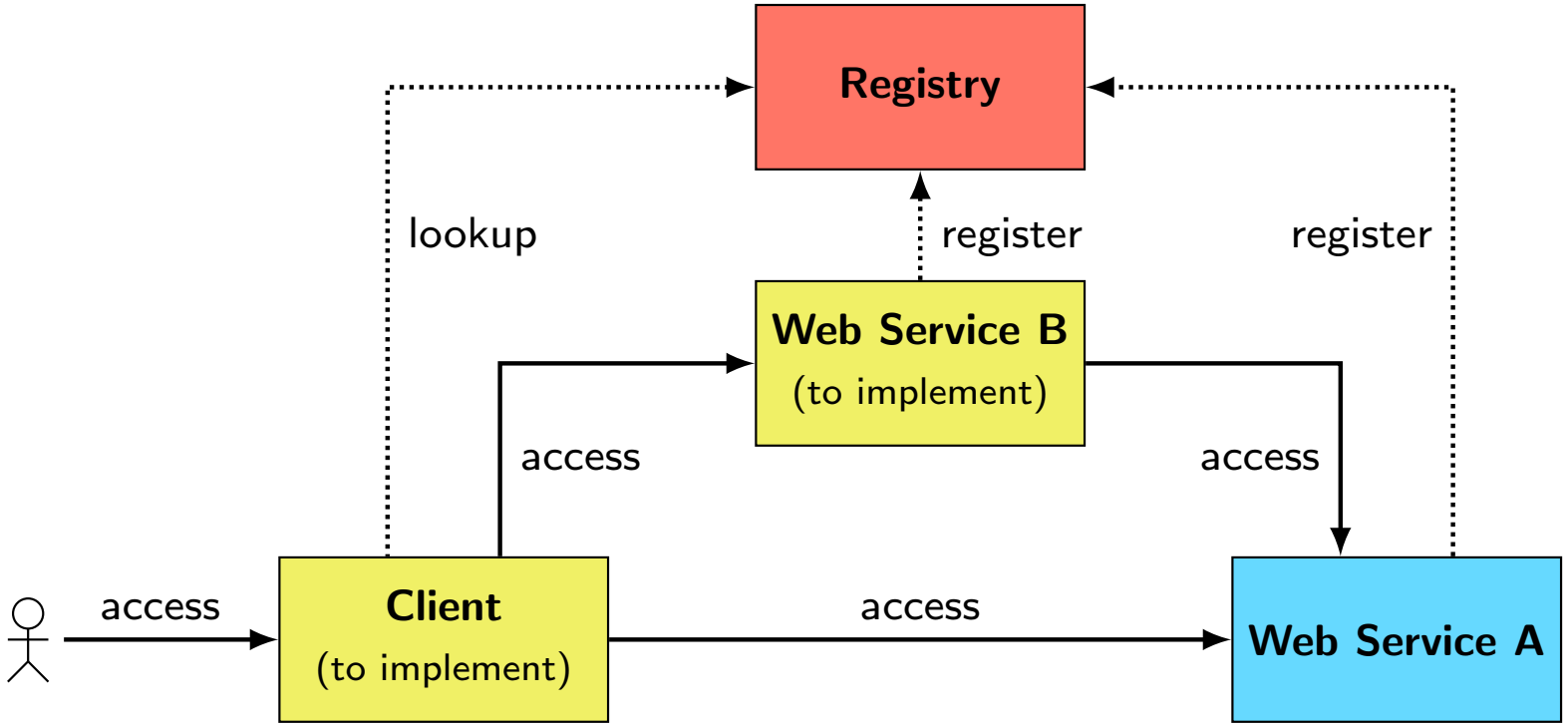
- Ausführung von Aktionen mittels HTTP-Operationen (Beispiele)
  - `GET` Lesezugriff auf eine Ressource
  - `PUT` Schreibzugriff auf eine Ressource
  - `DELETE` Löschen einer Ressource
  - `POST` Übermittlung von Daten an eine Ressource

- Senden von Statusmeldungen durch HTTP-Status-Codes (Beispiele)
  - `200 OK` Erfolgreiche Bearbeitung
  - `400 Bad Request` Fehlerhafte Anfragenachricht
  - `404 Not Found` Ressource existiert nicht

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



Überblick

Web-Services
- RESTful Web-Services
- Implementierung von RESTful Web-Services
- Registrierung von Web-Services
- Aufgabe 1

RESTful Web-Services in Java

- 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/javaee/7/tutorial/jaxrs.htm`
- Jersey
  - Framework zur Entwicklung JAX-RS-basierter Web-Services
  - Bietet verschiedene Web-Server-Implementierungen. In der Übung: Grizzly
  - Packages: `org.glassfish.jersey.*`
  - Projektseite: `https://jersey.github.io/`
  - Bibliotheken im CIP-Pool (Java 8+): `/proj/i4mw/pub/aufgabe1/`

Grundgerüst

- 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://[::]/").port(12345).build();
  ResourceConfig config = new ResourceConfig(MWQueueServer.class);
  GrizzlyHttpServerFactory.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)
```

Bereitstellung von Methoden

- 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();
```

Anfrageparameter

- Konzept
  - Übergabe von Aufrufparametern im Query-Teil der URI
  - Beispiel: `http://localhost:12345/queue/index-of?value=example`
- Server-Seite
  - Zugriff auf Anfrageparameter 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
  - Grundsätzliche Vorgehensweise wie bei Java-Standarddatentypen
  - Sonderbehandlung bei Deserialisierung
- Server-Seite

```
@GET
public Response list() {
  List<String> list = new ArrayList<String>();
  queue.toList(list);
  return Response.ok(list).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<List<String>> type = new GenericType<List<String>>() {};
List<String> list = 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: Keine Anzeige von Exceptions **auf Server-Seite**
- Abfangen und Darstellen mittels Exception-Handler
  - Kennzeichnung als `@Provider`
  - Propagieren des Fehler-Status-Codes bei `WebApplicationException`s

```
@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);
```

Debugging cURL

- 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
[...]
```

Überblick

Web-Services
- RESTful Web-Services
- Implementierung von RESTful Web-Services
- Registrierung von Web-Services
- Aufgabe 1

Registrierung von Web-Services

- 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`

I4-Registry

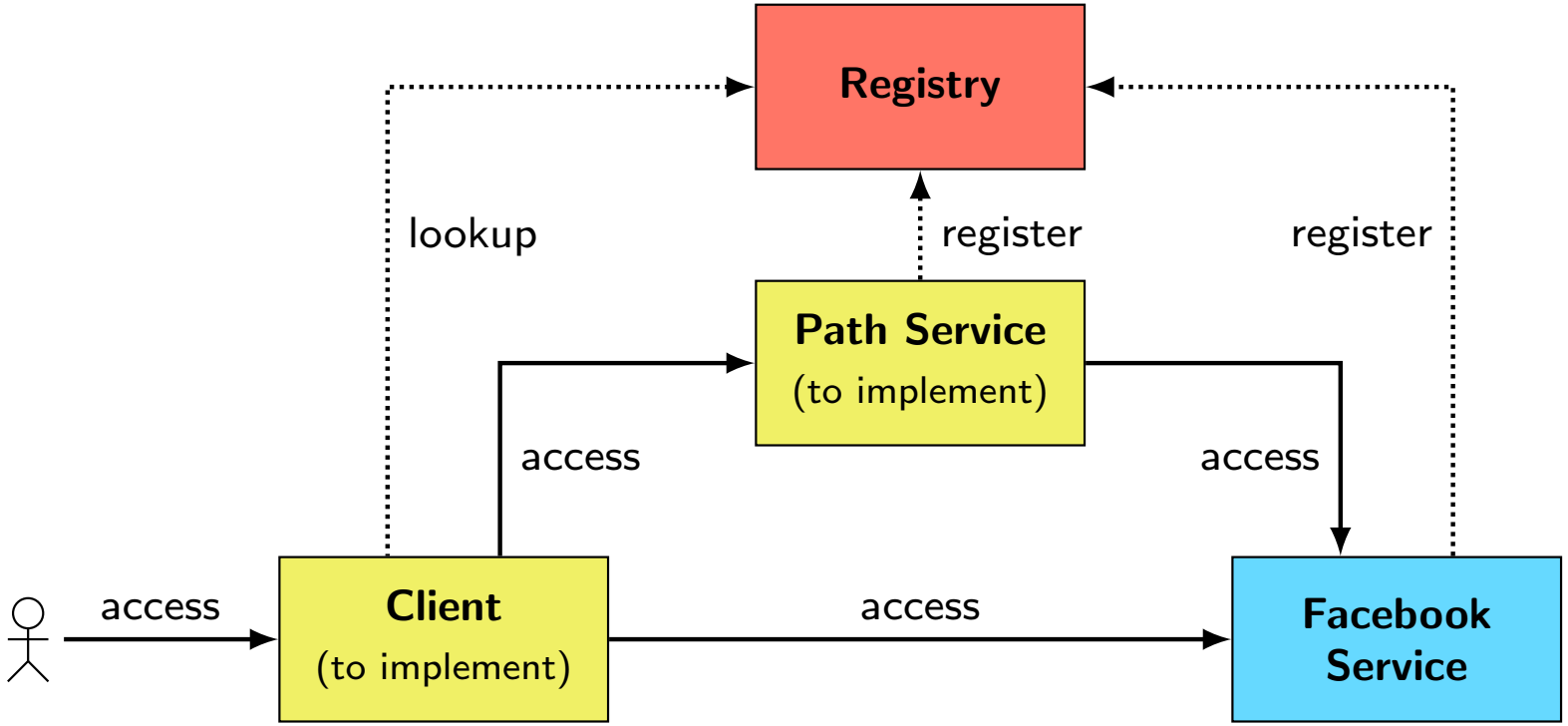
- Hierarchische Verwaltung von Einträgen
  - Gruppe (`String`): Eine für jede Übungsgruppe (z. B. „gruppe0“)
  - Dienst (`String`)
    - Zuordnung zu einer Gruppe
    - Mehrere Dienste pro Gruppe möglich
  - Schlüssel-Wert-Paar (jeweils `String`)
    - Zuordnung zu einem Dienst
    - Mehrere Schlüssel-Wert-Paare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

Überblick

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



Kommandozeilen-Client für Registry-Zugriff

- 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
  - Nutzername (`user`): Eigener Gruppenname (z. B. „gruppe0“)
  - Passwort (`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 Nutzername und Passwort; weitere Aufrufe haben keinen Effekt.]

Facebook-Dienst

- 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

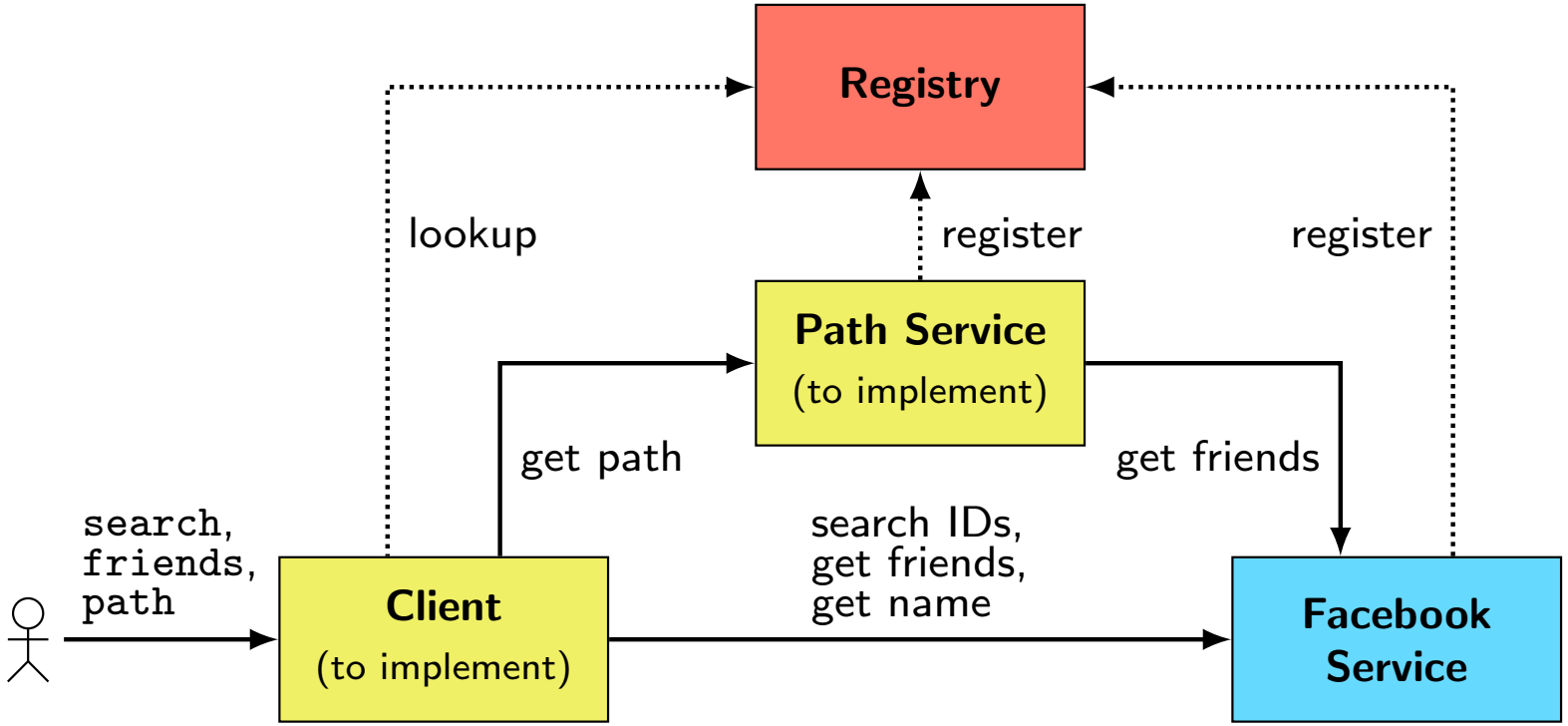
- Gebündelte Abfrage von Klarnamen
  - Methode `POST`
  - Pfad `/facebook/names`
  - Anfrage-Body String-Array `ids` der abzufragenden IDs
  - Antwort-Body String-Array `names` der Klarnamen, wobei `names[i]` den Klarnamen von `ids[i]` repräsentiert

- 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