

REST & Virtualisierung

RESTful Web-Services

Einführung

Implementierung mittels JAXB

Virtualisierung

Einführung

Aufbau einer virtuellen Maschine

Erstellen einer virtuellen Maschine

Zusammenfassung und Ausblick

Aufgabe 2

Aufgabenstellung

Java-Grundlagen: Synchronisierung



REST

HTTP als Anwendungsprotokoll

- PUT-Methode zum Anlegen einer Ressource
- GET-Methode zum Auslesen einer Ressource
- ...

Direkte Adressierung der Ressourcen

Beispiel: Dienst zur Verwaltung mehrerer Drucker

- Dienst-URL: `http://localhost:12345/printer-service/`
- Adressierung eines Druckers über eigene URL, z. B. `http://localhost:12345/printer-service/printer0`
- Client-Methode

```
public String print(String printer, String text);
```

Java Architecture for XML Binding (JAXB)

- Standardmäßig integriert in Java
- Erzeugung von Java-Klassen aus einem XML-Schema



XML Schema

Benutzerdefinierte Datentypen

Definition eigener einfacher Datentypen (simpleType)

```
<xsd:simpleType name="[Name des Datentyps]">  
  [Beschreibung des Datentyps]  
</xsd:simpleType>
```

Liste

```
<xsd:list itemType="[Datentyp der Listenelemente]" />
```

Union: Datentyp mit kombiniertem Wertebereich

```
<xsd:union memberTypes="[Aufzählung erlaubter Datentypen]" />
```

Ableitung eines Basisdatentyps mit Einschränkung des Wertebereichs

```
<xsd:restriction base="[Basisdatentyp]">  
  [Einschränkung des Basisdatentyps]  
</xsd:restriction>
```

- Aufzählung: Festlegung bestimmter zulässiger Werte (enumeration)
- Minimal-/Maximalwerte für Integer (minInclusive, maxInclusive)
- Reguläre Ausdrücke für Zeichenketten (pattern)
- ...



XML Schema

Benutzerdefinierte Datentypen

Definition eigener komplexer Datentypen (complexType)

```
<xsd:complexType name="[Name des Datentyps]">  
  [Beschreibung des Datentyps]  
</xsd:complexType>
```

Festlegung der Reihenfolge von Subelementen

```
<xsd:sequence>[Subelemente]</xsd:sequence>
```

Referenzierung von existierenden Datentypen

```
<xsd:element ref="[Name des Datentyps]" />
```

Spezifizierung eigener Elementnamen und Zuordnung zu Datentypen

```
<xsd:element name="[Elementname]" type="[Name des Datentyps]" />
```

Definition eigener Attribute (nur einfache Datentypen erlaubt)

```
<xsd:attribute name="[Attributname]" type="[Name des Datentyps]" />
```

Attribute zur Einschränkung der Anzahl von Elementen

- Festlegung einer Mindest- bzw. Maximalanzahl (minOccurs, maxOccurs)
- Für optionale Elemente: minOccurs auf 0 setzen



Definition der Datentypen und Nachrichten

- Vordefinierte Datentypen (Beispiele)
 - xsd:boolean, xsd:int, xsd:long, xsd:string
 - xsd:time, xsd:date
- Komplexe Datenstrukturen, z. B. Boolean-Liste

```
<xsd:element name="list" type="xsd:boolean"
  minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
```

- Beispiel (printer.xsd)

```
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <!-- Data Types -->
  <xsd:complexType name="MWText">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="text" type="xsd:string"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>

  <!-- Messages -->
  <xsd:element name="MWPrinterRequest" type="MWText"/>
  <xsd:element name="MWPrinterReply" type="MWText"/>
</xsd:schema>
```

Erzeugung von Hilfsklassen

- Verwendung des Binding-Compiler xjc
- Beispielaufruf

```
$ xjc -p mw.printer.generated -d src printer.xsd
```

Annahmen: Zu erzeugendes Package ist mw.printer.generated, Zielordner für erzeugte Dateien ist src

- Erzeugte Klassen
 - Eine Klasse für jeden spezifizierten Datentyp
- ObjectFactory zur Instanziierung von Datentypen und Nachrichten

```
public class MWText {
  protected String text;
  public String getText() { return text; }
  public void setText(String value) { this.text = value; }
}

public class ObjectFactory {
  public MWText createMWText() { return new MWText(); }
  public JAXBElement<MWText>
    createMWPrinterRequest(MWText value) { [...] }
  public JAXBElement<MWText>
    createMWPrinterReply(MWText value) { [...] }
}
```

Implementierung der Client-Seite

Dienstabstraktion (javax.xml.ws.Service)

- Stellvertreterobjekt für entfernten Dienst: Service
 - Konfiguration der Verbindungsparameter
 - Dienst- bzw. Ressourcen-Adressierung
 - Kommunikationsprotokoll (**HTTP**, SOAP)
 - Factory für Objekte zum Dienstzugriff (siehe nächste Folie)
- Beispiel

```
public String print(String printer, String text) {
  // Zusammenstellung der Ressourcen-Adresse
  String path = "http://localhost:12345/printer-service/" +
    printer;

  // Konfiguration der Service-Verbindung
  QName qName = new QName("", ""); // -> kein Endpunktname
  Service service = Service.create(qName);
  service.addPort(qName, HTTPBinding.HTTP_BINDING, path);

  [...] // siehe naechste Folien
}
```

Implementierung der Client-Seite

Dienstzugriff (javax.xml.ws.Dispatch)

- Schnittstelle zum Absetzen dynamischer Aufrufe: Dispatch
 - Spezifizierung des Zugriffs auf Nachrichten (Service.MODE)
 - MESSAGE: Zugriff auf vollständige Nachrichten
 - PAYLOAD: Zugriff auf Nachrichten-Payloads
 - Festlegung der HTTP-Methode
- Binding-Kontext (javax.xml.bind.JAXBContext): Informationen über Art und Zusammensetzung von Datentypen und Nachrichten
- Beispiel

```
// Erzeugung des Binding-Context
String contextPath = "mw.printer.generated";
JAXBContext jc = JAXBContext.newInstance(contextPath);

// Erzeugung des Dispatch
Dispatch<Object> dispatch = service.createDispatch(qName, jc,
  Service.Mode.PAYLOAD);

// Festlegung der HTTP-Methode
Map<String, Object> rc = dispatch.getRequestContext();
rc.put(MessageContext.HTTP_REQUEST_METHOD, "POST");
```

Implementierung der Client-Seite

Zusammenstellung der Anfrage

- Aufrufparameter
 - Erzeugung per `ObjectFactory`
 - Setzen der Attributwerte
- Anfragenachricht
 - Erzeugung per `ObjectFactory`
 - Kein eigener Datentyp, sondern generisches `JAXBElement`
- Beispiel

```
// Erzeugung der Objekt-Factory
ObjectFactory f = new ObjectFactory();

// Erzeugung des Aufrufparameters
MWText input = f.createMWText();
input.setText(text); // text: zu druckende Zeichenkette

// Erzeugung der Anfrage
JAXBElement<MWText> request = f.createMWPrinterRequest(input);
```



Implementierung der Client-Seite

Dienstaufruf und Auswertung der Antwort

- Aufrufvarianten von `Dispatch`
 - `invoke()`: Synchroner Aufruf mit Antwort (\rightarrow *Request-Reply*)
 - `invokeAsync()`: Asynchroner Aufruf mit Antwort
 - `invokeOneWay()`: Absetzen einer Anfrage (keine Antwort)
- Antwortnachricht
 - Gekapselt in `JAXBElement` (vgl. Anfragenachricht)
 - Auspacken des Rückgabewerts
- Beispiel

```
// Senden der Anfrage und Empfang der Antwort
JAXBElement reply = (JAXBElement) dispatch.invoke(request);

// Auswertung der Antwort
MWText status = (MWText) reply.getValue();
return status.getText();
```



Implementierung der Server-Seite

Dienstimplementierung (`javax.xml.ws.Provider`)

- Dienstendpunkt: `Provider`
 - `@WebServiceProvider`: Kennzeichnung eines öffentlichen Endpunkts
 - Spezifizierung des Zugriffs auf Nachrichten (hier: `PAYLOAD`, vgl. Client)
 - Aufruf der `invoke`-Methode für jede eintreffende Anfrage
 - Kapselung der Anfrage- und Antwortnachrichten in `Source`-Objekten

```
@WebServiceProvider
@ServiceMode(value=Service.Mode.PAYLOAD)
public class MWPrinterService implements Provider<Source> {
    public Source invoke(Source source) {
        [...] // siehe naechste Folien
    }
}
```

- Erzeugung und Veröffentlichung des Dienstendpunkts

```
Endpoint endpoint = Endpoint.create(HTTPBinding.HTTP_BINDING,
                                   new MWPrinterService());
endpoint.publish("http://localhost:12345/printer-service/");
```



Implementierung der Server-Seite

Zugriff auf den Anfragenkontext

- Web-Service-Kontext
 - Referenz auf die Web-Service-Umgebung
 - Initialisierung (Beispiel)
 - Definition einer (zunächst leeren) Referenz `wsContext`
- Anfragenkontext
 - Wird für jeden Aufruf von `invoke()` aktualisiert
 - Zugriff auf die HTTP-Header der Anfrage
- Beispiel: Auslesen der HTTP-Methode der Anfrage sowie des Pfads der Ressource (\rightarrow Drucker), an die diese Anfrage gestellt wurde

```
@javax.annotation.Resource(type=WebServiceContext.class)
protected WebServiceContext wsContext;
```

- `wsContext` wird beim Anlegen des Objekts von der Umgebung initialisiert

```
MessageContext mc = wsContext.getMessageContext();
String httpMethod = (String) mc.get(MessageContext.HTTP_REQUEST_METHOD);
String path = (String) mc.get(MessageContext.PATH_INFO);
System.out.println(httpMethod + " request, printer " + path);
```



Implementierung der Server-Seite

Auspacken der Aufrufparameter

- Anfragenachricht
 - Bereitstellung eines Unmarshaller durch den Binding-Kontext
 - Repräsentation als JAXBElement
 - Extraktion der Aufrufparameter
- Beispiel

```
// Erzeugung des Binding-Kontext
String contextPath = "mw.printer.generated";
JAXBContext jc = JAXBContext.newInstance(contextPath);

// Unmarshalling der Anfrage
Unmarshaller u = jc.createUnmarshaller();
JAXBElement request = (JAXBElement) u.unmarshal(source);

// Auspacken des Aufrufparameters
MWText input = (MWText) request.getValue();
String text = input.getText();

[...] // Bearbeitung der Anfrage
```



Implementierung der Server-Seite

Zusammenstellung der Antwort

- Antwortnachricht
 - Vorgehen analog zur Zusammenstellung der Anfrage auf Client-Seite
 - Antwort als Rückgabewert der invoke-Methode
 - Kapselung der Antwort in einem Source-Objekt
- Beispiel

```
// Erzeugung der Objekt-Factory
ObjectFactory f = new ObjectFactory();

// Erzeugung des Rueckgabewerts
MWText status = f.createMWText();
status.setText("OK");

// Erzeugung der Antwort
JAXBElement<MWText> reply = f.createMWPrinterReply(status);

// Return aus der invoke()-Methode
Source replySource = new JAXBSource(jc, reply);
return replySource;
```



REST-konforme Fehlerbehandlung

- REST-konforme Fehlerbehandlung über HTTP-Status-Codes
 - Fehlerfreier Fall (Standard): 200 („OK“)
 - Beispiele im Fehlerfall: 404 („Not Found“), 409 („Conflict“), ...
- Implementierung: Verwendung des Nachrichtenkontextes
 - Server-Seite

```
public Source invoke(Source source) {
    MessageContext messageContext = wsContext.getMessageContext();
    [...] // Fallbeispiel: Element nicht gefunden
    messageContext.put(MessageContext.HTTP_RESPONSE_CODE, 404);
    [...]
}
```

Hinweis: Die Client-JAXB-Implementierung erfordert bei GET-Anfragen immer die Rückgabe einer Antwortnachricht (im Fehlerfall: z. B. leere Nachricht mit Typ des Erfolgsfalls)

- Client-Seite

```
[...] // u.a. dispatcher.invoke()-Aufruf
Map<String, Object> rc = dispatcher.getResponseContext();
int statusCode = (Integer) rc.get(MessageContext.HTTP_RESPONSE_CODE);
if (statusCode == 404) {
    [...] // Fehlerbehandlung
}
```



Überblick

REST & Virtualisierung

RESTful Web-Services

- Einführung
- Implementierung mittels JAXB

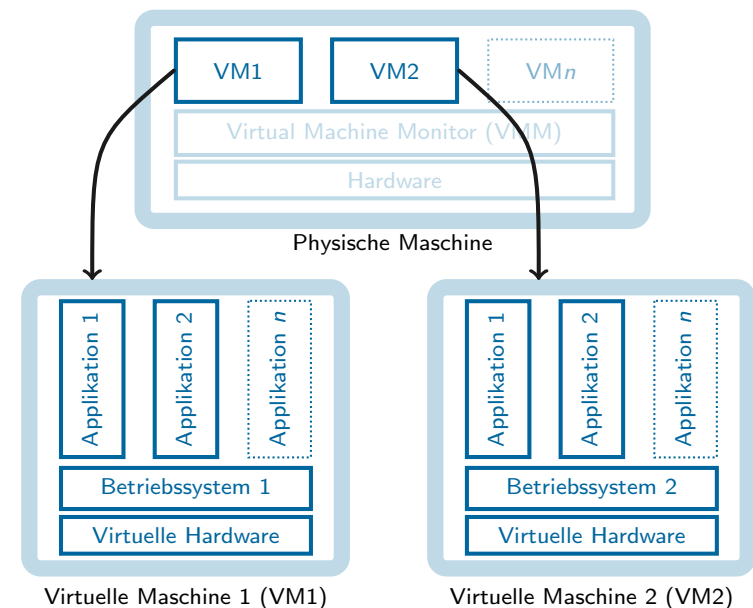
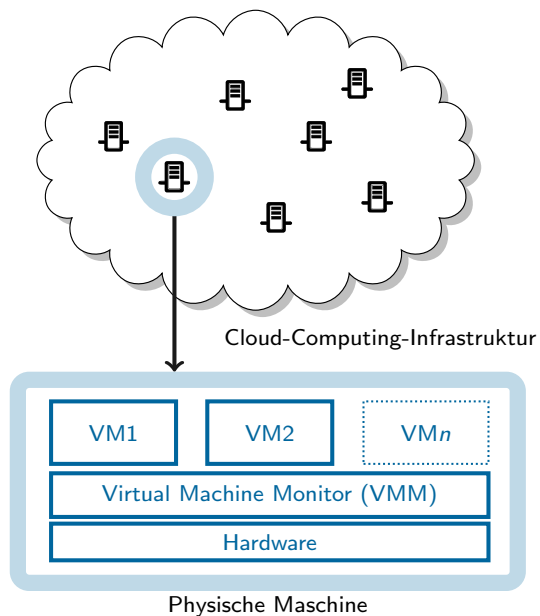
Virtualisierung

- Einführung
- Aufbau einer virtuellen Maschine
- Erstellen einer virtuellen Maschine
- Zusammenfassung und Ausblick

Aufgabe 2

- Aufgabenstellung
- Java-Grundlagen: Synchronisierung





Aufbau einer virtuellen Maschine

- Notwendige Betriebsmittel
 - Physische Maschine und Gastgeberbetriebssystem („Host“)
 - Virtualisierungssoftware, die den Virtual Machine Monitor bereitstellt
 - **Abbild der zu betreibenden virtuellen Maschine**

- Aufbau des Abbilds einer virtuellen Maschine
 - Meta-Informationen (spezifisch, je nach Virtualisierungssoftware)
 - **Dateisystem**, beinhaltet für gewöhnlich:
 - Kern des zu virtualisierenden Gastbetriebssystems („Guest“)
 - User-Space-Komponenten des Gastbetriebssystems
 - Daten

- Analogie zur Objektorientierung
 - Das statische Abbild einer virtuellen Maschine entspricht einer **Klasse**
 - Eine im Betrieb befindliche virtuelle Maschine ist die **Instanz** eines solchen Abbilds

Entwicklung eines VM-Abbilds

`dd(1)`, `truncate(1)`

Hinweis: Im Folgenden grau unterlegte (Code-)Beispiele dienen als zusätzliche Information und sind für das Lösen der Übungsaufgabe nicht vonnöten.

- Gebräuchliche Abbild-Typen für virtuelle Maschinen (VM)

- Kopie eines Datenträgers (z. B. ISO-Image einer CD oder DVD):

```
$ dd if=/dev/sdb of=./cd-image.iso
$ file -b ./cd-image.iso
ISO 9660 CD-ROM filesystem data (bootable)
```

- Erzeugen einer leeren Abbild-Datei:

```
$ truncate -s 100M image.raw
$ ls -lh image.raw
-rw-r--r-- 1 thoenig users 100M  4. Nov 12:11 image.raw
$ du image.raw
0
$ file -b image.raw
data
```

- Alternativ ist es möglich, einen physischen Datenträger als Basis für eine virtuelle Maschine zu verwenden

- Die Erstellung und Aufbereitung des Abbilds der virtuellen Maschine benötigt erweiterte Privilegien (Root-Rechte)
- Die Aufbereitung des Abbilds geschieht daher isoliert in der Betriebsumgebung einer virtuellen Maschine („Live-System“)
 - ↔ In der Übung: Linux-Live-System Grml (<http://grml.org>)
- Varianten, dieses Live-System zu verwenden
 - Mit Emulator qemu:


```
$ qemu -drive file=grml.iso,index=0,media=cdrom \
      -drive file=image.raw,index=1,media=disk
```

[root-Dateisystem (Teil von grml.iso, Gerätepfad /dev/sr0) wird automatisch eingehängt, nicht jedoch das leere Abbild (image.raw, Gerätepfad /dev/sda)]
 - In der Übung:** Instanz eines Grml-Abbilds direkt in der Cloud starten (↔ siehe OpenStack-Rechnerübung am 16.11.)
- Nachfolgende Schritte sind innerhalb des Live-Systems durchzuführen!



- Um als Basis für eine virtuelle Maschine zu dienen, muss die Abbild-Datei (z. B. image.raw) ein Dateisystem beinhalten
- Das Kommando mkfs (**make filesystem**) erzeugt Dateisysteme, der Parameter -t spezifiziert dabei den Dateisystemtyp
- Erstellen eines ext4-Dateisystems mit der Bezeichnung „VM-Abbild“ auf dem blockorientierten Gerät (block device) /dev/vdb:

```
$ mkfs -t ext4 -L "VM-Abbild" /dev/vdb
mke2fs 1.42.12 (29-Aug-2014)
Creating filesystem with 524288 4k blocks and 131072 inodes
Filesystem UUID: 6ae97931-ce3b-45be-8ed7-a4d6bb81feb5
Superblock backups stored on blocks:
    32768, 98304, 163840, 229376, 294912

Allocating group tables: done
Writing inode tables: done
Creating journal (16384 blocks): done
Writing superblocks and filesystem accounting information: done
```



Entwicklung eines VM-Abbilds mount(8), debootstrap(8)

Einhängen, Bootstrapping

- Installation der User-Space-Komponenten des zukünftigen Gastbetriebssystems in das neu erzeugte, leere Dateisystem:
 - Einhängen des zuvor erstellten Dateisystems mit mount:


```
$ mount /dev/vdb /mnt
```

Kontrolle:

```
$ mount | grep vdb
```
 - Erstellung der User-Space-Komponenten des Zielsystems mit debootstrap:


```
$ debootstrap jessie /mnt/ 'http://ftp.fau.de/debian'
```

Kontrolle:

```
$ ls -alR /mnt | more
```
 - Externe Daten mittels scp in das Abbild (/mnt) kopieren


```
$ scp <login>@<cip_pool_host>:/path/to/file(s) /mnt
```



Entwicklung eines VM-Abbilds

chroot(2)/(8)

Exkurs: Wechsel des Wurzelverzeichnisses

- Jeder Linux-Prozess besitzt ein Wurzelverzeichnis (/)
 - Zugriff auf Daten außerhalb des Wurzelverzeichnisses ist **nicht** möglich
 - Kindprozesse erben das Wurzelverzeichnis ihres Elternprozesses (fork(2))
- Beispiel-Code jail.c:


```
int main(int argc, char *argv[])
{
    /* Starte Kindprozess (/bin/bash) nach erfolgreichem
       Wechsel des Wurzelverzeichnisses */
    if (chroot("/mnt/") == 0) {
        execl("/bin/bash", NULL);
    }

    return 0;
}
```
- Beispiel-Code jail.c:
- Die Datei /mnt/bin/bash des Live-Systems entspricht der Datei /bin/bash des Kindprozesses nach Aufruf von chroot(2)



Systemkonfiguration

- Wechsel in das von debootstrap erstellte System mittels chroot(8)

```
$ chroot /mnt /bin/bash
```

↔ **Hinweis:** Sämtliche **Änderungen** an dem von debootstrap erstellten System in der chroot-Umgebung sind **persistent**

- Einhängen von /proc (manchmal notwendig, z. B. für java)

```
$ mount none -t proc /proc
```

- Das Skript post-debootstrap.sh (siehe Aufgabenstellung) beinhaltet essentielle Anpassungen für die VM-Abbild-Konfiguration
- Aufruf des post-debootstrap.sh-Skriptes in der chroot-Umgebung und Setzen des Passworts für User cloud

```
$ sh post-debootstrap.sh
Setting up /etc/apt/sources.list
(...)
Please set a password for user 'cloud'.
$ passwd cloud
```



Software-Installation

- Ergänzen der Software des Grundsystems mittels apt-get
- Aktualisieren der Paketquellen (update) und anschließendes Einspielen potentieller Updates (upgrade)

```
$ apt-get update
$ apt-get upgrade
```

- Das Kommando apt-get install löst Abhängigkeiten auf und installiert die entsprechenden Pakete, apt-get clean löscht Caches

```
$ apt-get install <paket1> <paket2> ... <paketn>
$ apt-get clean
```

- Für die Übung sind noch folgende Pakete nötig oder nützlich:

```
openssh-server linux-image-amd64 openjdk-7-jdk
screen mc vim-nox
```



SSH-Authentifizierung mit Schlüsseln

- SSH-Authentifizierung mit einem Schlüsselpaar **ohne** Passwort
1. Privaten und öffentlichen Schlüssel mit ssh-keygen **auf einem CIP-Pool-Rechner** erzeugen

```
$ ssh-keygen -f ~/<gruppen_name> -N ""
Generating public/private rsa key pair.
Your identification has been saved in <gruppen_name>.
Your public key has been saved in <gruppen_name>.pub.
(...)
```

2. Hinterlegen des **öffentlichen** Schlüssels in **chroot-Umgebung**

```
$ su - cloud
$ mkdir .ssh
$ scp <user>@<cip_pool_host>:~/<gruppen_name>.pub .ssh/authorized_keys
$ exit # Shell beenden - Rueckkehr vom Benutzerwechsel
```

In der Übung: öffentlichen Schlüssel in Openstack eintragen
(↔ siehe OpenStack-Rechnerübung am 16.11.)

3. (Späterer Zugriff auf virtuelle Maschine mittels des **privaten** Schlüssels)

```
$ ssh -i ~/<gruppen_name> <vm_addr>
```



Kernel & RAM-Disk extrahieren; VM-Umgebung verlassen

- Kopien der Abbilder von Kernel und RAM-Disk mittels scp ziehen

```
$ scp /boot/<initrd> /boot/<vmlinuz> <login>@<cip_pool_host>:<dst_dir>
```

- Shell beenden

```
$ exit
```

- Verlassen der chroot-Umgebung

- Grml-Live-Umgebung herunterfahren

```
$ halt
```

- Eingehängte Dateisysteme werden automatisch ausgehängt
- Stellt sicher, dass alle Änderungen geschrieben wurden



Erstellen und Starten eines OpenStack-Abbilds

- Nachfolgende Befehle benötigen vorherige Authentifizierung
 - 1) Download der RC-Datei (<user>-openrc.sh) über OpenStack-Weboberfläche:
→ „Access & Security“ → „API Access“ → „Download OpenStack RC File“

- 2) RC-Datei einlesen und ausführen `$ source /path/to/<user>-openrc.sh`

- Abbilder von Kernel (vmlinuz) und RAM-Disk (initrd) hochladen

```
$ glance image-create --name jessie-kernel --disk-format aki \  
--container-format aki --file <vmlinuz> --progress  
$ glance image-create --name jessie-ramdisk --disk-format ari \  
--container-format ari --file <initrd> --progress
```

- Möglichkeiten, ein Abbild zu erzeugen

- a) Datei als Abbild hochladen

```
$ glance image-create --name <image_name> --disk-format ami \  
--container-format ami --file <image_file (e.g., image.raw)>
```

- b) Abbild aus Volume erzeugen (z. B. bei Volume-Erstellung über Weboberfläche)

```
$ cinder upload-to-image <volume_id> <image_name>
```



Erstellen und Starten eines OpenStack-Abbilds

- Zugehörigen Kernel und RAM-Disk für Abbild festlegen

```
$ glance image-update --container-format ami --disk-format ami \  
--property kernel_id=<kernel-id> --property ramdisk_id=<ramdisk-id> \  
<image-id>
```

Hinweis: IDs aus Ausgaben von vorherigen Uploads

- Auflisten der

- Abbilder `$ nova image-list`

- Volumes `$ nova volume-list`

- Netzwerke `$ nova network-list`

- Eine Instanz eines Abbilds vom Typ i4.tiny starten

```
$ nova boot --flavor i4.tiny --nic net-id=<internal_id> \  
--image <image_name> <vm_name>
```



Zusammenfassung und Ausblick

- Ziel: Verlagerung der Übungsaufgabe in eine virtuelle Maschine
- Entwicklung des Abbilds einer virtuellen Maschine
 1. Erstellen des Containers (Volumes) für eine virtuelle Festplatte
 2. Erzeugen eines Dateisystems in diesem Container
 3. Verwendung eines Live-Systems für den Bootstrap-Prozess
 4. Anpassung der Konfiguration; Installation zusätzlicher Softwarepakete
 5. Hinterlegen des öffentlichen Schlüssels für die spätere Authentifizierung ohne Passwort
- Nächste Schritte
 - Verlagerung der Übungsaufgabe in eine virtuelle Maschine
 - I4-Private-Cloud-Infrastruktur des Lehrstuhls (OpenStack)



Überblick

REST & Virtualisierung

RESTful Web-Services

Einführung

Implementierung mittels JAXB

Virtualisierung

Einführung

Aufbau einer virtuellen Maschine

Erstellen einer virtuellen Maschine

Zusammenfassung und Ausblick

Aufgabe 2

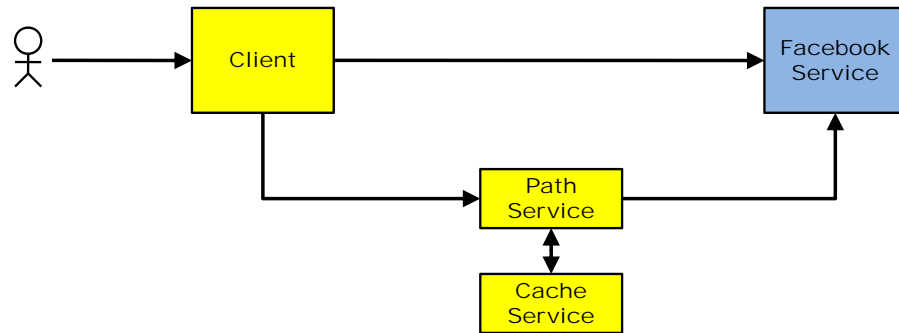
Aufgabenstellung

Java-Grundlagen: Synchronisierung



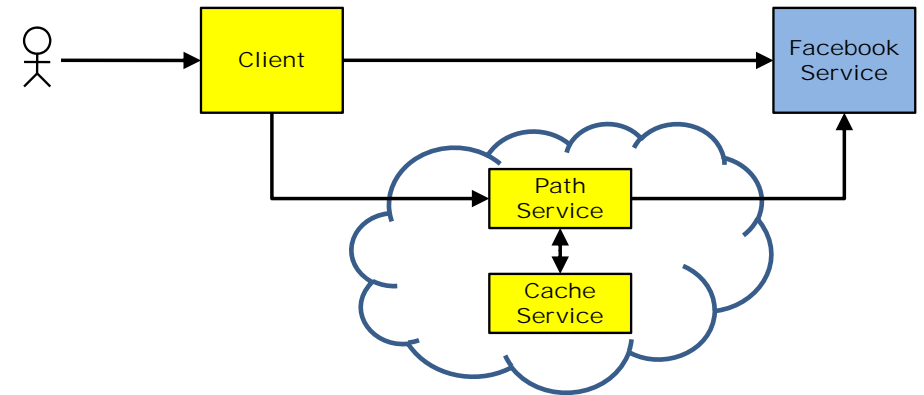
Aufgabe 2

- Implementierung eines Cache-Diensts
 - Verwaltung von Schlüssel-Wert-Paaren (*Objekte*)
 - Zugriff auf mehrere Objekte über einen gemeinsamen Schlüssel (*Buckets*)
- Erweiterung des Pfad-Diensts
 - Steigerung der Effizienz durch Nutzung des Cache-Diensts
 - Speicherung von Pfadberechnungen und Freundschaftsbeziehungen



Aufgabe 2

- Erzeugung und Konfiguration eines eigenen VM-Abbilds
 - Installation des Grundsystems
 - Installation von Pfad- und Cache-Dienst
- Betrieb der Dienste in der privaten Cloud des Lehrstuhls
 - Hochladen des Abbilds und Starten der virtuellen Maschine
 - **OpenStack-Rechnerübung: Mi., 16.11., 16:00–18:00 + X Uhr (s. t.)**



Identifizierung kritischer Abschnitte

- Code, der zu jedem Zeitpunkt nur von einem einzigen Thread ausgeführt wird, muss nicht synchronisiert werden
- Synchronisieren nötig, falls Atomizität erforderlich
 1. Der Aufruf einer (komplexen) Methode muss atomar erfolgen
 - Eine Methode enthält mehrere Operationen, die auf einem konsistenten Zustand arbeiten müssen
 - Beispiele:
 - „ $a = a + 1$ “
 - Listen-Operationen (`add()`, `remove()`,...)
 2. Zusammenhängende Methodenaufrufe müssen atomar erfolgen
 - Methodenfolge muss auf einem konsistenten Zustand arbeiten
 - Beispiel:

```
List list = new LinkedList();  
[...]  
int lastObjectIndex = list.size() - 1;  
Object lastObject = list.get(lastObjectIndex);
```



Synchronisierte Datenstrukturen

- Klasse `java.util.Collections`
 - Statische Wrapper-Methoden für `Collection`-Objekte
 - Synchronisation kompletter Datenstrukturen

Methoden

```
static <T> List<T> synchronizedList(List<T> list);  
static <K,V> Map<K,V> synchronizedMap(Map<K,V> map);  
static <T> Set<T> synchronizedSet(Set<T> set);  
[...]
```

Beispiel

```
List<String> list = new LinkedList<String>();  
List<String> syncList = Collections.synchronizedList(list);
```

Beachte

- Synchronisiert **alle** Zugriffe auf eine Datenstruktur
- Löst Fall 1, jedoch nicht Fall 2 auf der vorherigen Folie



■ Standardansatz in Java

- Kennzeichnung eines kritischen Abschnitts mittels `synchronized`-Block
- Verknüpfung eines kritischen Abschnitts mit einem *Sperrobject*
- Ein Sperrobject kann nur von jeweils einem Thread gehalten werden

```
public void foo() {  
    [...] // unkritische Operationen  
    synchronized(<Sperrobject>) {  
        [...] // kritischer Abschnitt  
    }  
    [...] // unkritische Operationen  
}
```

■ Hinweise

- Jedes `java.lang.Object` kann als Sperrobject dienen
- Ein Thread kann dasselbe Sperrobject mehrfach halten (rekursive Sperre)

■ Mögliche Lösung für das Zähler-Beispiel

```
synchronized(this) { a = a + 1; }
```



- Ersatzschreibweise für einen methodenweiten `synchronized`-Block
- Sperrobject

- Statische Methoden: `Class`-Objekt der entsprechenden Klasse
- Sonst: `this`

```
class MWExample {  
    synchronized public void foo() {  
        [...] // kritischer Abschnitt  
    }  
  
    synchronized public void bar() {  
        [...] // kritischer Abschnitt  
    }  
}
```

■ Beachte

- Alle `synchronized`-Methoden einer Klasse nutzen dasselbe Sperrobject
- Ansatz nur sinnvoll, falls Methoden tatsächlich in Konflikt stehen

