

# Middleware - Cloud Computing – Übung

Tobias Distler, Klaus Stengel, Timo Hönig, Johannes Behl

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

[www4.informatik.uni-erlangen.de](http://www4.informatik.uni-erlangen.de)

Wintersemester 2011/12



## REST & Virtualisierung

### Representational State Transfer

- Einführung

- Implementierung mittels JAXB

### Virtualisierung

- Prolog

- Einführung

- Aufbau einer virtuellen Maschine

- Erstellen einer virtuellen Maschine

- Zusammenfassung und Ausblick

### Aufgabe 2



## REST & Virtualisierung

### Representational State Transfer

- Einführung

- Implementierung mittels JAXB

### Virtualisierung

- Prolog

- Einführung

- Aufbau einer virtuellen Maschine

- Erstellen einer virtuellen Maschine

- Zusammenfassung und Ausblick

### Aufgabe 2



## ■ REST

- HTTP als Anwendungsprotokoll (nicht nur als reines Transportprotokoll)
  - POST-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 void print(String printer, String text);
```

## ■ Java Architecture for XML Binding (JAXB)

- Standardmäßig integriert in Java 6
- Erzeugung von Java-Klassen aus einem XML-Schema



# 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>
```



- 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

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

- ObjectFactory zur Instanziierung von Datentypen und Nachrichten

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



## 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 void 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("", ""); // Service-Endpunkt-Name
    Service service = Service.create(qName);
    service.addPort(qName, HTTPBinding.HTTP_BINDING, path);

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



## Dienstzugriff (`javax.xml.ws.Dispatch`)

- Schnittstelle zum Absetzen dynamischer Aufrufe: `Dispatch`
  - Spezifizierung des Zugriffs auf Nachrichten (`Service.MODE`)
    - `MESSAGE`: Zugriff auf vollständigen 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");
```





## 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);
```



## 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();
System.out.println("STATUS: " + status.getText());
```



## 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/");
```



## Zugriff auf den Anfragenkontext

### ■ Web-Service-Kontext

- Referenz auf die Web-Service-Umgebung
- Initialisierung (Beispiel)
  - Definition einer (zunächst leeren) Referenz wsContext

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

- wsContext wird beim Anlegen des Objekts von der Umgebung initialisiert

### ■ 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 (→ Drucker), an die diese Anfrage gestellt wurde

```
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);
```



## Auspacken der Aufrufparameter

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

```
// Erzeugung des Binding-Context
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
```



## 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 & Virtualisierung

Representational State Transfer

Einführung

Implementierung mittels JAXB

## Virtualisierung

Prolog

Einführung

Aufbau einer virtuellen Maschine

Erstellen einer virtuellen Maschine

Zusammenfassung und Ausblick

Aufgabe 2



- Die Übung stützt sich auf Befehle, die ausschließlich in **UNIX-artigen Betriebssystemen** existieren und funktionieren
- Die Rechner im **CIP-Pool** bieten eine solche **Betriebsumgebung**, im Allgemeinen funktionieren die Befehle aber auf jedem gewöhnlichen Linux- oder Mac-OS-Rechner
- Bei Unklarheit hinsichtlich Bedeutung und Anwendung bestimmter Befehle oder Parameter ist meist eine **Kurzhilfe** verfügbar und es existiert in aller Regel eine **Hilfeseite** (engl., kurz: man-page)

- Am Beispiel des Kopierenbefehls `cp` etwa:

```
$ cp --help  
$ man cp
```

- *Introduction to Linux*: <http://tldp.org/LDP/intro-linux/intro-linux.pdf>





- Protokoll für sichere Kommunikation über unsichere Netzwerke
  - SSH-Clients kommunizieren mit SSH-Servern über TCP (meist Port 22)
  - Public-Key-Verfahren für Verschlüsselung und Authentifizierung

- Anwendungen

- Zugriff auf entfernte Rechner

```
$ ssh <host> # Login mit aktuellem Benutzer
$ ssh <user>@<host> # Login mit angegebenen Benutzer
$ ssh -X <host> <cmd> # <cmd> wird auf <host> ausgeführt
# GUI-Ausgaben werden weitergeleitet
```

- Kopieren von Dateien zwischen Rechnern

```
$ scp <path_src> <path_dst>
```

Für entfernte Pfade: [<user>@]<host>:<path\_remote>, Beispiele:

```
$ scp faui04a:/tmp/srcfile .
$ scp /tmp/srcfile root@faui04a: # Ziel: Home von root
$ scp -r faui04a:srkdir faui04b:/tmp # Rekursiv
```



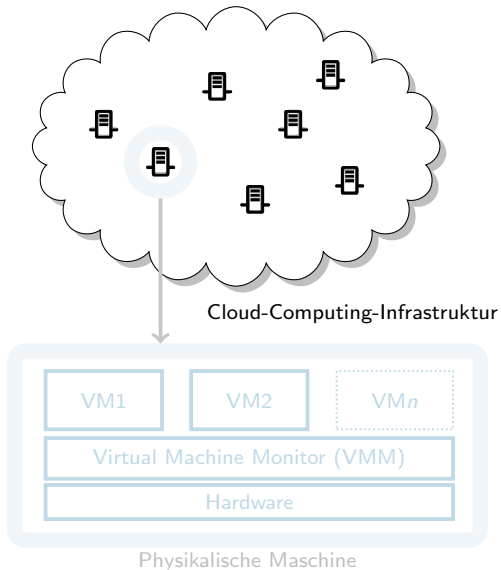
- Systemvirtualisierung
  - Native/hardwareunterstützte Virtualisierung
  - Emulation
  - Paravirtualisierung
  
- Schaffung virtueller Ressourcen auf Basis von physischen
  - Virtual Machine Monitor (VMM), Hypervisor
  - Analog zu multitasking Betriebssystemen
  
- Ziele
  - Bessere Ausnutzung existierender Ressourcen
  - Erhöhung von Verlässlichkeit und Sicherheit
  - Betrieb von Altsystemen
  - ...



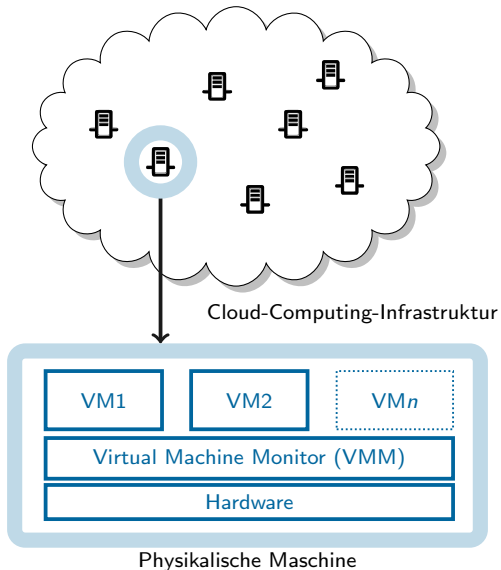
- 1960 – 1970
  - IBM Cambridge Scientific Center, MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL): CP-40
  - Native Virtualisierung
- 1999
  - VMware virtualisiert die x86-Architektur („VMware Virtual Platform“)
  - Resultat von Forschungsarbeiten an der Stanford University und der University of California in Berkeley
- ab 2000
  - Systemvirtualisierung an allen Ecken und Enden
    - Paravirtualisierung mit Xen
    - Virtualisierungserweiterungen für x86 (z. B. KVM seit 2007)
  - Grundlage für Cloud Computing



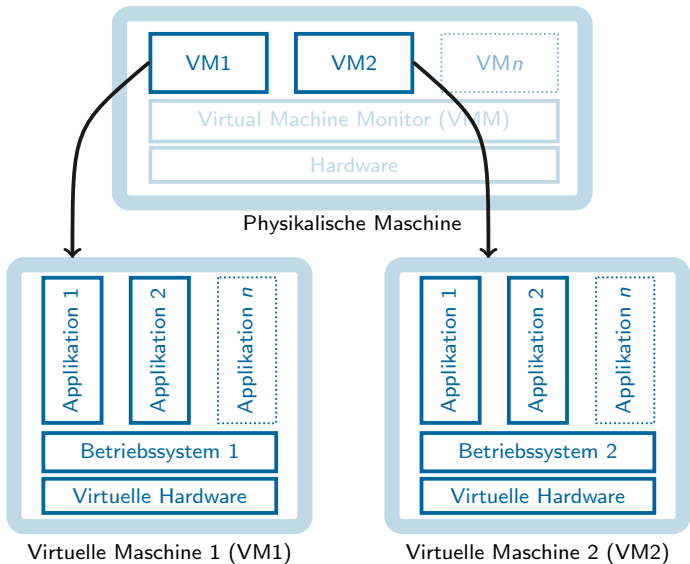
# Virtualisierung als Grundlage für Cloud Computing



# Virtualisierung als Grundlage für Cloud Computing



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



- 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:

```
$ dd if=/dev/zero of=./image.raw count=0 bs=1 seek=100M
$ ls -alh 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“)
  - Linux Live-System „Grml“ (<http://grml.org>)
  - Emulator: qemu (<http://qemu.org>)
- Start des Live-Systems (Beispiel):

```
$ 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`)
- Folgende Schritte sind innerhalb des Live-Systems durchzuführen!



- Um als Basis für eine virtuelle Maschine zu dienen, muss die Abbild-Datei `image.raw` ein Dateisystem beinhalten
- Das Kommando `mkfs` (**m**ake **f**ilesystem) erzeugt Dateisysteme, der Parameter `-t` spezifiziert dabei den Dateisystemtyp
- Erstellen eines `ext3`-Dateisystems mit der Bezeichnung „VM Abbild“ auf dem blockorientierten Gerät (block device) `/dev/sda`:

```
$ mkfs -t ext3 -L "VM Abbild" /dev/sda
mke2fs 1.41.11 (14-Mar-2010)
/dev/sda is entire device, not just one partition!
Proceed anyway? (y,n)
Filesystem label=VM Abbild
OS type: Linux
```



## Einhängen, Bootstrapping

- Installation der User-Space-Komponenten des zukünftigen Gastbetriebssystems in das neu erzeugte, leere Dateisystem:

1. Einhängen des zuvor erstellten Dateisystems mit `mount`:

```
$ mount /dev/sda /mnt
```

Kontrolle:

```
$ mount | grep sda
```

2. Erstellung der User-Space-Komponenten des Zielsystems mit `debootstrap`:

```
$ debootstrap --arch i386 squeeze /mnt/ \
  'http://debian.informatik.uni-erlangen.de/debian'
```

Kontrolle:

```
$ ls -alR /mnt | more
```

3. Wechsel in das von `debootstrap` erstellte System mittels `chroot(8)`

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



## 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;
}
```

- Die Datei /mnt/bin/bash des Live-Systems entspricht der Datei /bin/bash des Kindprozesses nach Aufruf von chroot(2)



## System-Konfiguration

### ■ Hinweise:

- Externe Daten sind noch **vor** dem **chroot**-Wechsel mittels `scp` in das Abbild (`/mnt`) zu **kopieren**.
- Sämtliche **Änderungen** an dem von `debootstrap` erstellten Systems in der `chroot`-Umgebung sind **persistent**

### ■ Mounten von `/proc` (benötigt zur Ausführung von `java`)

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

### ■ Das Skript `post-debootstrap.sh` (siehe Aufgabenstellung) beinhaltet essentielle Anpassung für die VM-Abbild-Konfiguration

### ■ Aufruf des Skriptes in der `chroot`-Umgebung

```
$ 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
```

- Die Übung benötigt die folgenden zusätzlichen Pakete:

```
dnsutils iproute less libc6-xen openssh-server psmisc  
resolvconf screen sudo udev
```



- 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 \
/home/cloud/.ssh/authorized_keys
```

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

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



## ■ Shell beenden

```
$ exit
```

- Rückkehr von Benutzerwechsel (`su - cloud`)
- Verlassen der `chroot`-Umgebung

## ■ Grml Live-Umgebung herunterfahren

```
$ halt
```

- Eingehängte Dateisysteme werden automatisch ausgehängt
- Stellt sicher dass alle Änderungen geschrieben wurden
- `qemu` beendet sich





- Ziel: Verlagerung der Übung in eine virtuelle Maschine
  
- Entwicklung des Abbilds einer virtuellen Maschine
  1. Erstellen des Containers 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 (Eucalyptus)
  - Instanziierung des Abbilds



## REST & Virtualisierung

Representational State Transfer

Einführung

Implementierung mittels JAXB

Virtualisierung

Prolog

Einführung

Aufbau einer virtuellen Maschine

Erstellen einer virtuellen Maschine

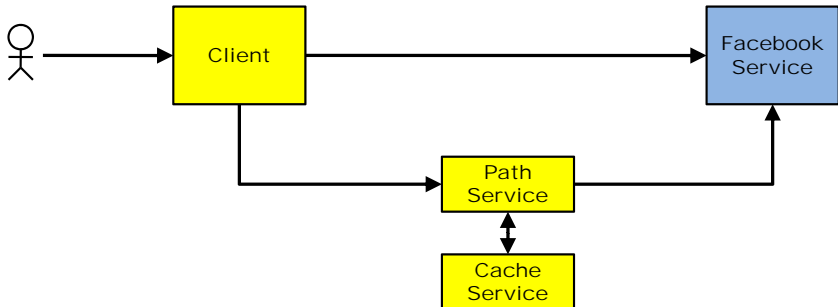
Zusammenfassung und Ausblick

## Aufgabe 2



## 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 Eucalyptus-Cloud des Lehrstuhls
  - Hochladen des Abbilds und Starten der virtuellen Maschine
  - **Eucalyptus-Rechnerübung: Do. 17.11., Fr. 18.11., 12:00-14:00 Uhr (s.t.)**

