

REST & Virtualisierung

Representational State Transfer

Virtualisierung

Einführung

Aufbau einer virtuellen Maschine

Prolog

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)

[siehe auch Folie 2-58, Vorlesungsskript]

```
<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

```
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) { [...] }
}
```



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 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
}
```



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 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");
```



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 (→ 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());
```



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
- ```
@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);
```



## Implementierung der Server-Seite

### Auspacken der Aufrufparameter

- Anfragennachricht
  - 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 & Virtualisierung

Representational State Transfer

### Virtualisierung

Einführung

Aufbau einer virtuellen Maschine

Prolog

Erstellen einer virtuellen Maschine

Zusammenfassung und Ausblick

### Aufgabe 2



- Systemvirtualisierung
  - Hardware-Virtualisierung
  - Paravirtualisierung
  - Native Virtualisierung
- Ziel jeglicher Art von Virtualisierung
  - Optimale Nutzung existierender Ressourcen
  - Realisierung durch effizientes **Zuteilen**
- Aufteilung der physikalischen Ressourcen
  - Privilegierte Komponente des Wirtsbetriebssystems steuert **Vergabe** und **Entzug** der physikalischen Ressourcen
  - Virtual Machine Monitor (VMM), Hypervisor



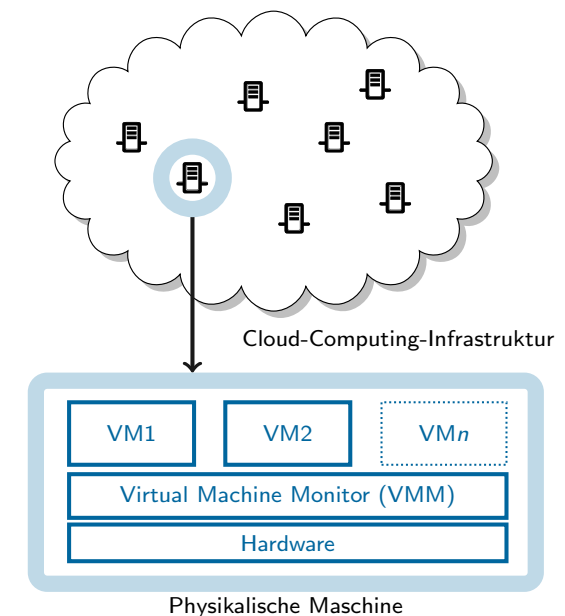
# Systemvirtualisierung

# Zeitliche Einordnung

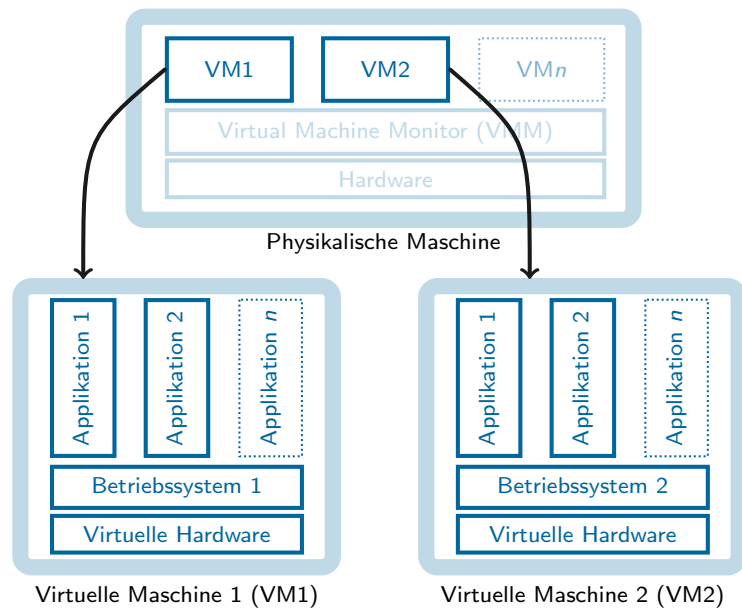
- 1960 – 1970
  - IBM Cambridge Scientific Center, MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL): CP-40
  - Hardware-Virtualisierung
- 1999
  - VMware virtualisiert die x86-Architektur („VMware Virtual Platform“)
  - Resultat von Forschungsarbeiten an der Stanford University und der University of California in Berkeley
- seit 2000
  - Ära der Server- und Desktop-Virtualisierung
  - Virtualisierung ist Grundbestandteil von Linux (KVM, seit Kernel 2.6.20)
  - Grundlage für Cloud Computing



# Virtualisierung als Grundlage für Cloud Computing



## Aufbau einer virtuellen Maschine



## Aufbau einer virtuellen Maschine

- Notwendige Betriebsmittel
  - Physikalische Maschine und Gastgeber-Betriebssystem („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

## Prolog

man(1)

- 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>

## Entwicklung eines VM-Abbilds

dd(1)

- 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 physikalischen 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 von qemu (Beispiel):
 

```
$ qemu -drive file=grml.iso,index=0,media=cdrom \
 -drive file=image.raw,index=1,media=disk
```
- Automatisches Einhängen des root-Dateisystem (Teil von grml.iso, Gerätepfad /dev/sr0), **kein** automatisches Einhängen des leeren Abbilds (image.raw, Gerätepfad /dev/sda)



- Um als Basis für eine virtuelle Maschine zu dienen, muss die Abbild-Datei image.raw ein Dateisystem beinhalten
- Das Kommando mkfs (**make filesystem**) 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
- Zwei Schritte aus der Betriebsumgebung des Live-Systems heraus:
  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 lenny /mnt/ \
 'http://debian.informatik.uni-erlangen.de/debian'
```

Kontrolle:

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



### Bootstrapping

- Der Name des Kommandos debootstrap leitet sich von **Debian** und **bootstrap** ab
- Übersetzt bedeutet *bootstrap* etwa „laden“, „urladen“ oder auch „Ladeprogramm“
- Das sogenannte Bootstrapping ist eine essentielle Technik um initiale Systeme zu erstellen oder starten (vgl. eingebettete Systeme)
- Wechsel in das von debootstrap erstellte System noch in der Betriebsumgebung des Live-Systems mittels chroot(1)



## 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)



## Wechsel des Wurzelverzeichnisses

- Analyse der System-Aufrufe (system calls) von jail (Auszug)

```
$ strace ./jail # Normaler Benutzer
$ sudo strace ./jail # Privilegierter Benutzer
```

- Normaler Benutzer:

```
chroot("/mnt/") = -1 EPERM (Operation not permitted)
/* Fehler, keine Berechtigung chroot(2) aufzurufen */
```

- Privilegierter Benutzer (root):

```
chroot("/mnt/") = 0
/* Erfolg */
execve("/bin/sh", [], [/* 15 vars */]) = 0
/* Kindprozess dessen Wurzelverzeichnis "/" auf "/mnt" des
 Live-Systems zeigt */
```



## Wechsel des Wurzelverzeichnisses, System-Konfiguration

- Sämtliche Änderungen an dem von debootstrap erstellten Systems in der chroot-Umgebung sind **persistent**

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

- 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
Setting up /etc/fstab
(...)
Please set a password for user 'cloud'.
$ passwd cloud
```

- Hinweis: Externe Daten mit scp aus der Live-System-Umgebung heraus kopieren (z.B. nach /mnt)



## Wechsel des Wurzelverzeichnisses, Software-Installation

- Ergänzen der Software des Grundsystems geschieht in der chroot-Umgebung mit 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> ... <paketen>
$ 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 Schlüsseln

- SSH-Authentifizierung mit einem Schlüsselpaar **ohne** Passwort

- **Privaten** und **öffentlichen** Schlüssel mit `ssh-keygen` erzeugen

```
$ ssh <user>@<cip_pool_host>
$ 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.
(...)
```

**Hinweis:** Nicht direkt in der `chroot`-Umgebung ausführen (→ `ssh`)

- Spätere Zugriffe auf eine Instanz der virtuellen Maschine unter Zuhilfenahme des generierten **öffentlichen** Schlüssels

- Hinterlegen des öffentlichen Schlüssels

```
$ su - cloud
$ mkdir .ssh
$ scp <user>@<cip_pool_host>:~/<gruppen_name>.pub \
/home/cloud/.ssh/authorized_keys
```

**Hinweis:** Direkt in der `chroot`-Umgebung ausführen



## Zusammenfassung und Ausblick

- 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



## Überblick

### REST & Virtualisierung

Representational State Transfer

Virtualisierung

Einführung

Aufbau einer virtuellen Maschine

Prolog

Erstellen einer virtuellen Maschine

Zusammenfassung und Ausblick

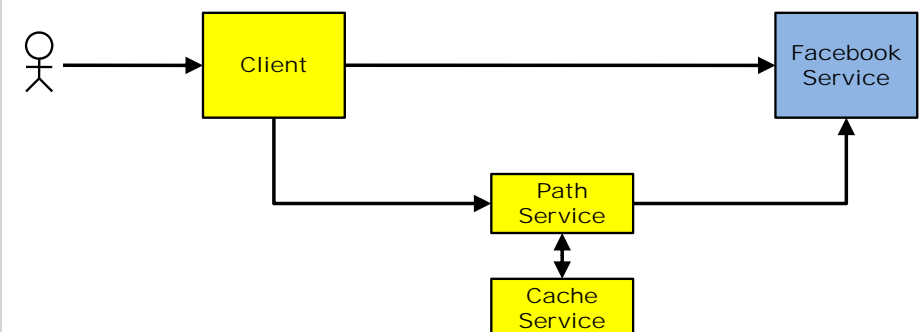
Aufgabe 2



## 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: Donnerstag, 18.11., 12:15-13:45 Uhr

