Überblick

Cloud-Infrastrukturen

- Motivation
- Eucalyptus
- Software-definierte Netzwerke

Cloud-Infrastrukturen

- **Bereitstellung von Ressourcen**
  - Virtuelle Maschinen (VMs) auf Systemebene
  - Zuverlässiger und hochverfügbarer Datenspeicher
- **Dynamische Skalierbarkeit** in beide Richtungen
  - Hinzufügen weiterer virtueller Maschinen bei Bedarfsspitzen
  - Herunterfahren von virtuellen Maschinen bei zu geringer Auslastung
- Überlegungen bei der **Platzierung von virtuellen Maschinen**
  - Viele virtuelle Maschinen auf demselben Rechner → Hohe Auslastung
  - Möglichst gleichmäßige Aufteilung der virtuellen Maschinen auf die vorhandenen Rechner → Geringe Beeinflussung der VMs untereinander
  - In geringer geographischer Nähe zum Nutzer → Niedrige Latenz
  - Entfernt von anderen VMs desselben Diensts → Hohe Ausfallsicherheit
- **Herausforderungen**
  - Wie lässt sich eine skalierbare Cloud-Infrastruktur realisieren?
  - Wie können Cloud-Datenzentren effizient miteinander kommunizieren?

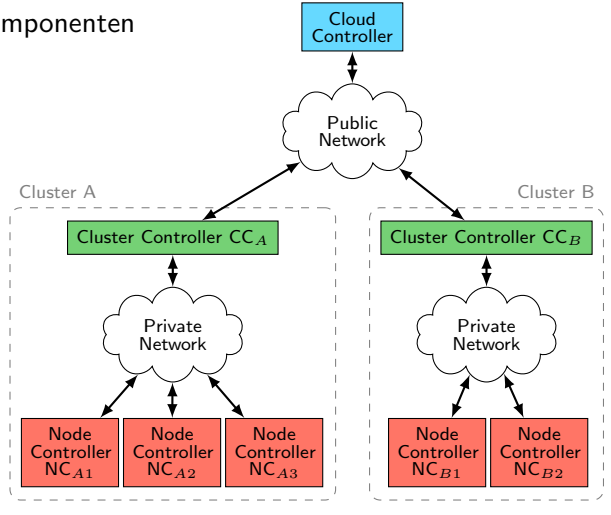
Eucalyptus

- Motivation
  - Einsatz von proprietären Implementierungen in kommerziellen Clouds
  - **Kaum Informationen über den Aufbau** solcher Systeme vorhanden
  - Beschränkte Zugangsmöglichkeiten für Forscher
- Eucalyptus
  - Framework für **private bzw. hybride Infrastructure-as-a-Service-Clouds**
  - Zielgruppe: Universitäten und kleinere Firmen
  - Anlehnung an Amazon EC2 bzw. Amazon S3
    - Kommandozeilen-Tools zur Interaktion mit dem Framework
    - Client-Schnittstelle für Datenspeichersystem
- Literatur

Daniel Nurmi, Rich Wolski, Chris Grzegorczyk, Graziano Obertelli, Sunil Soman, Lamia Youseff et al.
The Eucalyptus open-source cloud-computing system
Proceedings of the 9th International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid '09), S. 124–131, 2009.

Architektur

- Kommunikation zwischen einzelnen Komponenten erfolgt per **Web-Service**
- **Controller-Hierarchie**
  - Cloud
  - Cluster
  - Node
- *Walrus*
  - **Datenspeicher**
  - Archiv für Images virtueller Maschinen
  - Zugriff von inner- und außerhalb der Cloud möglich



Komponenten

- Cloud-Controller
  - Zuständigkeitsbereich: **komplette Eucalyptus-Cloud**
  - Schnittstelle zum Cloud-Nutzer bzw. -Administrator
    - Authentifizierung von Nutzern
    - Verwaltung von virtuellen Maschinen
- Cluster-Controller
  - Zuständigkeitsbereich: **Gruppe von Rechnern**
  - Bearbeitung von Anfragen des Cloud-Controller
    - Auswahl der Node-Controller für den Start virtueller Maschinen
    - Analyse der Kapazitäten für bestimmte VM-Typen
- Node-Controller
  - Zuständigkeitsbereich: **(einzelner) lokaler Rechner**
  - Bearbeitung von Anfragen des zugehörigen Cluster-Controller
    - Starten und Stoppen virtueller Maschinen
    - Berichte über Zustände lokaler virtueller Maschinen
    - Übersicht über Ressourcen (z. B. Anzahl an CPUs, freier Festplattenspeicher)

Start einer virtuellen Maschine

- Cloud-Controller
  - Empfang einer Anfrage: Überprüfung der Verfügbarkeit von Ressourcen
  - **Reservierung der für die VM benötigten Ressourcen**
  - Senden einer Anweisung an den Cluster-Controller die VM zu starten
  - Nach Bestätigung: **Aktualisierung der Ressourceninformationen**
- Cluster-Controller
  - **Auswahl des Rechners**, auf dem die VM gestartet werden soll
  - Anwendung der *First-Fit*-Strategie
- Node-Controller
  - **Bereitstellung des VM-Image** auf dem Zielrechner (Varianten)
    - Transfer aus dem Image-Archiv von Walrus
    - Verfügbarkeit im lokalen Image-Cache
  - Anweisung an den Virtual Machine Monitor das VM-Image zu booten

→ Nutzer kann per `ssh` auf die virtuelle Maschine zugreifen

Virtual Network Overlays

- Anforderungen
  - **Isolation**: Eine VM eines Nutzers muss mit anderen VMs desselben Nutzers kommunizieren können, jedoch nicht mit VMs anderer Nutzer
  - **Erreichbarkeit**: Mindestens eine virtuelle Maschine jedes Nutzers muss von außerhalb der Cloud erreichbar sein
- Umsetzung mittels **Virtual Network Overlays**
  - Konfiguration und Überwachung durch Cluster-Controller
  - Realisierung der Isolation
    - Einrichtung eines separaten virtuellen Netzwerks (VLAN) für jeden Nutzer
    - Jedes virtuelle Netzwerk verwendet ein eigenes IP-Subnetz
    - Cluster-Controller
      - Isolation durch Firewall-Regeln
      - Falls erforderlich Routing zwischen IP-Subnetzen
  - Einfluss auf Erreichbarkeit
    - Verwendung privater IP-Adressen $\rightarrow$ VMs von außen nicht zugänglich
    - Bei Bedarf Adressumsetzung von öffentlichen auf private IP-Adressen

- Motivation
  - Plattform für Experimente mit neuen Netzwerkprotokollen
  - **Einheitlich programmierbare Netzwerkinfrastruktur**
  - Trennung zwischen Steuerlogik und eigentlicher Netzwerk-Hardware
- OpenFlow
  - Zentraler Begriff: *Flow*
    - **Abstraktion eines Stroms von Netzwerkpaketen**
    - Beispiele: Alle Pakete derselben TCP-Verbindung, Ursprungs-/Zieladresse,...
  - Bestandteile
    - Switch mit von außen programmierbarer *Flow-Tabelle*
    - *Controller* zur **Steuerung von Switches** mittels Einträgen in Flow-Tabellen
    - OpenFlow-Protokoll zur Kommunikation zwischen Switch und Controller
- Literatur

Nick McKeown, Tom Anderson, Hari Balakrishnan, Guru Parulkar, Larry Peterson et al.
OpenFlow: Enabling innovation in campus networks
SIGCOMM Computer Communication Review, 38(2):69–74, 2008.

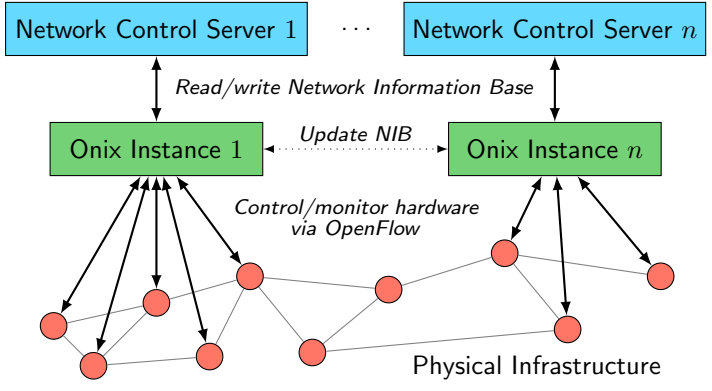
- Bestandteile eines **Eintrags in der Flow-Tabelle**
  - Paket-Header
    - Maske der für den Flow charakteristischen Eigenschaften
    - Beispiele: {Ethernet,IP,TCP}-Ursprungs-/Zieladressen
  - **Auszuführende Aktion** (Beispiele)
    - Weiterleitung des Pakets an einen bestimmten Port
    - Kapselung und Weiterleitung des Pakets an den Controller
    - Verwerfen des Pakets
  - Statistiken
    - Anzahl der Pakete und Bytes pro Flow
    - Empfangszeitstempel des neuesten Pakets eines Flow
- **Grundlegende Verarbeitungsschritte**

1. Empfang eines Netzwerkpakets
2. Suche nach einem zu dem Paket passenden Eintrag in der Flow-Tabelle
3. Falls ein solcher Eintrag existiert: Ausführung der entsprechenden Aktion

- Plattform zur Steuerung Software-definierter Netzwerke
  - Implementierung der **Netzwerksteuerlogik als verteilte Anwendung**
  - Plattform übernimmt Interaktion mit der Hardware
- Zentrale Datenstruktur: **Network Information Base (NIB)**
  - Repräsentation des aktuellen Netzwerkzustands
  - Verwaltung von Netzwerkelementen (z. B. Knoten, Verbindungen)
  - Zugriff aus Steueranwendungen
    - Aufruf von Methoden zum Lesen und Schreiben von Einträgen
    - Registrierung für **Benachrichtigungen über Zustandsänderungen**
  - Nach Änderungen am NIB erfolgt die Aktualisierung der entsprechenden physischen Netzwerkelemente in der Regel asynchron
- Literatur

Teemu Koponen, Martin Casado, Natasha Gude, Jeremy Stribling, Leon Poutievski, Min Zhu et al.
Onix: A distributed control platform for large-scale production networks
Proceedings of the 9th Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI '10), S. 351–364, 2010.

- **Aufbau des Gesamtsystems**

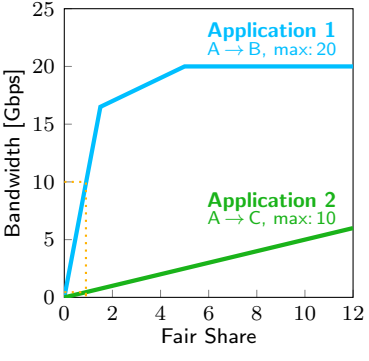


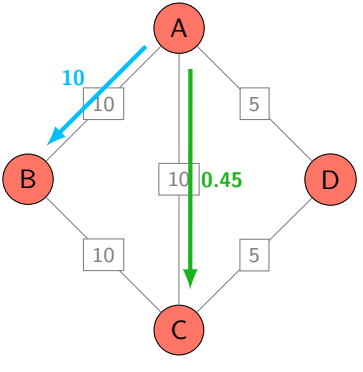
- Mechanismen für verbesserte Skalierbarkeit
  - Partitionierung des NIB und **Aufteilung auf mehrere Onix-Instanzen**
  - Zusammenfassung von Netzwerkteilen zu **aggregierten Knoten**

- **Nichtöffentliches Netzwerk** zur Verbindung der Google-Datenzentren
  - Übertragung von Nutzerdaten-Backups (z. B. E-Mails, Videos)
  - Abwicklung von Zugriffen auf verteilte Datenspeicher
  - Synchronisation von Anwendungszuständen
- Ziele
  - **Zentrale Steuerung des Netzwerkverkehrs**
  - Effizientere Auslastung der Netzwerkverbindungen
- Umsetzung
  - Implementierung auf Basis von (unter anderem) Onix und OpenFlow
  - Konstruktion eigener B4-Switches aus Standard-Hardware
- Literatur

Sushant Jain, Alok Kumar, Subhasree Mandal, Joon Ong, Leon Poutievski, Arjun Singh et al.
B4: Experience with a globally-deployed software defined WAN
Proceedings of the 2013 SIGCOMM Conference, S. 3–14, 2013.

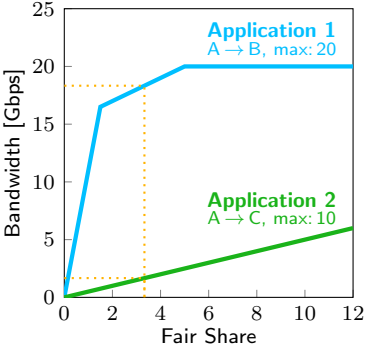
- Problem: Aufteilung der Übertragungskapazitäten auf Anwendungen
- Lösung: *Traffic Engineering*
  - Gewichtung von Anwendungen mittels **Bandwidth Functions**
  - Ressourcenzuteilung durch schrittweise Erhöhung der jeweiligen Anteile
  - Dynamische **Einrichtung von Netzwerktunneln**

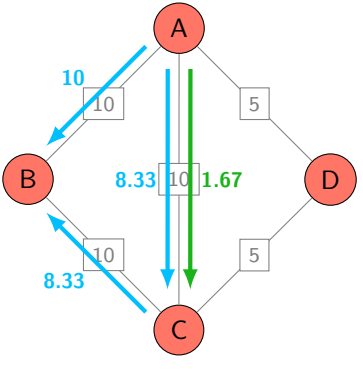




[Hinweis: Verkürztes und vereinfachtes Beispiel; ausführlich in [Jain et al.].]

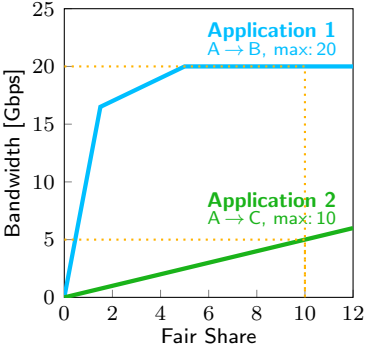
- Problem: Aufteilung der Übertragungskapazitäten auf Anwendungen
- Lösung: *Traffic Engineering*
  - Gewichtung von Anwendungen mittels **Bandwidth Functions**
  - Ressourcenzuteilung durch schrittweise Erhöhung der jeweiligen Anteile
  - Dynamische **Einrichtung von Netzwerktunneln**

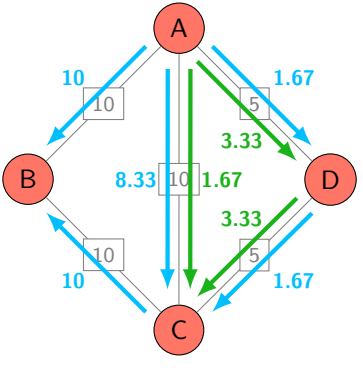




[Hinweis: Verkürztes und vereinfachtes Beispiel; ausführlich in [Jain et al.].]

- Problem: Aufteilung der Übertragungskapazitäten auf Anwendungen
- Lösung: *Traffic Engineering*
  - Gewichtung von Anwendungen mittels **Bandwidth Functions**
  - Ressourcenzuteilung durch schrittweise Erhöhung der jeweiligen Anteile
  - Dynamische **Einrichtung von Netzwerktunneln**





[Hinweis: Verkürztes und vereinfachtes Beispiel; ausführlich in [Jain et al.].]