

Multi-Cloud Computing

Motivation

Architekturen

Deltacloud

Redundant Array of Cloud Storage (RACS)

Zusammenfassung



„Vendor Lock-In“-Problem

- Typische Vorgehensweise bei der Migration eines Diensts in die Cloud
 - Auswahl eines Cloud-Anbieters anhand bestimmter Kriterien (Beispiele)
 - Kostenabschätzung
 - Leistungsgarantien (*Service Level Agreements*)
 - Anpassung des Diensts auf die spezifischen Gegebenheit einer Cloud
 - Probleme
 - Preismodell, Leistungsgarantien,... eines Anbieters können sich ändern
 - Ein Anbieterwechsel ist in der Regel sehr aufwendig
- Mögliche Gründe für erschwerten Anbieterwechsel (Beispiele)
 - Technisch nicht kompatible Cloud-Systeme
 - (Noch) Keine einheitlichen Standards im Einsatz
 - Nutzung anwenderspezifischer Funktionalität
 - Hoher zeitlicher/finanzieller Aufwand [z. B. falls Transfer großer Datenmengen erforderlich.]
- Herausforderungen
 - Wie lässt sich der Aufwand für einen Anbieterwechsel reduzieren?
 - Wie kann ein Dienst auf Basis mehrerer Clouds bereitgestellt werden?



- Alternativ verwendete Begriffe
 - Cloud-of-Clouds
 - Federated Cloud
 - Inter-Cloud
 - ...
- Gründe für den Betrieb einer Multi-Cloud (Beispiele)
 - Abschwächung des „Vendor Lock-In“-Problems
 - Nutzung der Vorzüge unterschiedlicher Cloud-Anbieter
 - Spezifische Funktionalität
 - Geografische Lage von Datenzentren
 - ...
 - Steigerung der Zuverlässigkeit
- Grundlegende Entwicklungskonzepte für Multi-Cloud-Anwendungen
 - Vollständig Cloud-agnostischer Ansatz
 - Einsatz von anbiertergewahren Komponenten



■ Hybride Architektur

- Lose gekoppelte Kombination aus privater und öffentlicher Cloud
- Privater Teil der Cloud
 - Virtualisierte Infrastruktur im firmen-/institutionseigenen Datenzentrum
 - Volle Kontrolle über die bereitgestellten Ressourcen
- Öffentlicher Teil der Cloud
 - Angemietete Ressourcen in einer oder mehreren öffentlichen Clouds
 - Eingeschränkte Kontrolle über die bereitgestellten Ressourcen
- Mögliches Anwendungsszenario
 - Ausschließliche Nutzung des privaten Cloud-Teils bei Normalauslastung
 - Bewältigung von Lastspitzen durch Erweiterung des öffentlichen Cloud-Teils

■ Literatur



Rafael Moreno-Vozmediano, Rubén S. Montero, and Ignacio M. Llorente
laaS cloud architecture: From virtualized datacenters to federated cloud infrastructures
Computer, 45(12):65–72, 2012.



- Broker-Architektur
 - Kombinierte Nutzung unterschiedlicher öffentlicher Clouds
 - *Broker*
 - (Transparente) Proxy-Komponente für Zugriff auf unterschiedliche Clouds
 - Auswahl der öffentlichen Cloud, auf der eine Client-Anfrage ausgeführt wird
 - Mögliche Entscheidungskriterien: Kosten, Performanz,...
 - Beispiele
 - Deltacloud
 - Redundant Array of Cloud Storage (RACS)
- Aggregierte Architektur
 - Direkte Kooperation mehrerer privater oder öffentlicher Clouds
 - Bereitstellung gemeinschaftlicher Ressourcen
- Mehrschichtarchitektur
 - Hierarchische Komposition mehrerer privater oder öffentlicher Clouds
 - Abstraktion einer einzelnen großen Cloud



■ Problem

- Keine standardisierten Schnittstellen für IaaS-Clouds
 - Client-APIs variieren zwischen Cloud-Anbietern
- Aufwendige Portierung einer Anwendung bei Wechsel des Cloud-Anbieters

■ Deltacloud

- Apache-Projekt (Open Source)
- Proxy-basierter Ansatz
- Bereitstellung einer Cloud-Anbieter-unabhängigen REST-Schnittstelle
- Unterstützte Plattformen
 - Virtuelle Maschinen: Amazon EC2, Eucalyptus, Rackspace, OpenStack,...
 - Datenspeicher: Amazon S3, Windows Azure Storage, Google Storage,...

■ Web-Seite

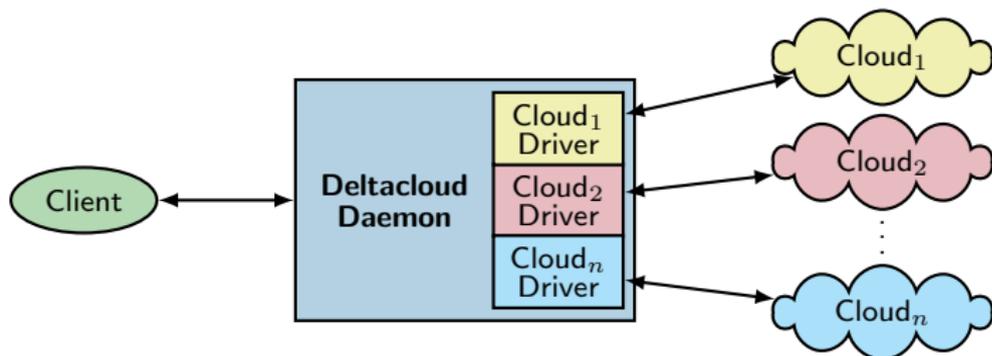


Deltacloud

<http://deltacloud.apache.org/>



- Deltacloud-Daemon
 - Bereitstellung einer einheitlichen Web-Service-Schnittstelle für Clients
 - Platzierungsvarianten
 - Eigene Instanz auf dem Rechner oder im Datenzentrum des Client
 - Öffentliche Deltacloud-Instanzen
- Cloud-spezifische Treiber
 - Übersetzung der Client-Anfragen in Zugriffe auf die jeweilige IaaS-Cloud
 - Nutzung der nativen Schnittstelle eines Cloud-Anbieters



- Von spezifischen Clouds abstrahierte API
 - Nicht alle der Abstraktionen sind für alle Cloud-Anbieter verfügbar
 - Zugriff über REST
- Cloud-Anbieter-unabhängige Abstraktionen (Beispiele)

Datenstruktur	Beschreibung
Realm	Beschränkter Ressourcenbereich [vgl. Availability-Zone in Amazon EC2]
Image	Abbild einer virtuellen Maschine (VM)
Instance	Eine sich in der Ausführung befindliche VM
Instance State	Zustand einer VM [z. B. start, running, shutting-down]
Load Balancer	Konfiguration für Lastbalancierung zwischen VMs
Firewall	Regeln für Netzwerkzugriffe auf eine VM
Blob	Speichereinheit für Binärdaten [vgl. Objekt in Amazon S3]
Bucket	Container für Blobs

- Verfügbarer Methodenumfang (Beispiele)
 - Erzeugen, Starten und Herunterfahren von virtuellen Maschinen
 - Lese- und Schreibzugriff auf Cloud-Datenspeicher



Redundant Array of Cloud Storage (RACS)

- Naiver Ansatz für redundante Speicherung von Daten
 - Vollständige Replikation der Daten über mehrere Clouds
 - Nachteile
 - Hohe Kosten für Datenspeicherung und -transfer
 - Hinzufügen eines weiteren Anbieters erfordert Umkopieren aller Daten
- Redundant Array of Cloud Storage (RACS)
 - Fokus auf Anbieterwechsel aus wirtschaftlichen Gründen
 - Wechsel kündigt sich vergleichsweise lange im Voraus an
 - Einbindung möglichst vieler Anbieter sinnvoll
 - Vorbild: Redundant Array of Independent Disks (RAID)
 - Redundante Speicherung von Daten mittels *Erasur-Codes*

■ Literatur



Hussam Abu-Libdeh, Lonnie Princehouse, and Hakim Weatherspoon

RACS: A case for cloud storage diversity

Proceedings of the 1st Symposium on Cloud Computing (SoCC '10), pages 229–240, 2010.



- Allgemeines
 - Verfahren zur Vorwärtsfehlerkorrektur
 - Einsatzbereiche (Beispiele): Datenübertragung, -speicherung
 - Beispiel *Reed-Solomon-Codes*: RAID 6, CDs,...
- Grundlegender Ansatz
 - Zerlegung eines zu speichernden Objekts O in m gleichgroße Teile
 - Berechnung von $n > m$ Fragmenten basierend auf den m Teilen
 - Besondere Eigenschaft des Abbildungsverfahrens: Die originalen m Teile lassen sich aus m beliebigen der n Fragmente rekonstruieren

→ Kein Datenverlust solange höchstens $n - m$ Fragmente verloren gehen
- Speicherbedarf abhängig von m und n
 - Faktor $f = \frac{n}{m}$ im Vergleich zur nicht-redundanten Speicherung
 - Beispiel: Verteilung auf 7 Anbieter, Tolerierung eines Weg- bzw. Ausfalls
 - $m = 6, n = 7 \Rightarrow f \approx 1.17$
 - Vergleich: $f = 7$ [7 Anbieter] bzw. $f = 2$ [Tolerierung eines Ausfalls] bei naivem Ansatz



■ Datenmodell

- Anlehnung an das Datenmodell von Amazon S3
- Verwaltung von Schlüssel-Wert-Paaren
- Datenstrukturen
 - Verzeichnisse: *Buckets*
 - Binärdateien: *Objekte*

■ Schnittstelle

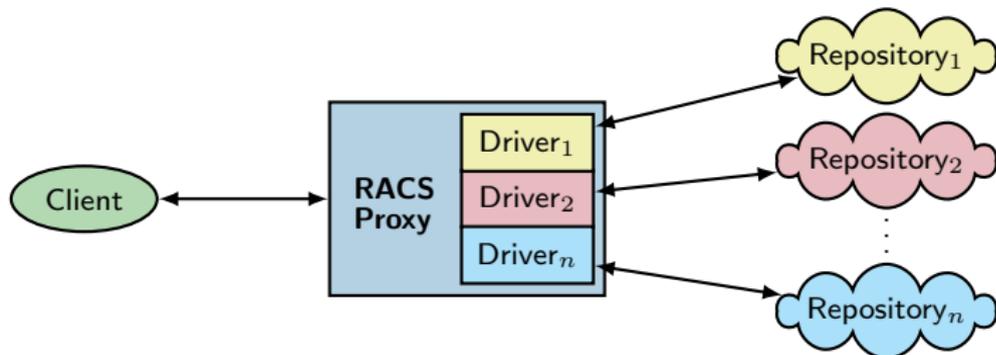
- Ziel: Generische, vom einzelnen Anbieter unabhängige Schnittstelle
- Verfügbare Operationen

Operation	Beschreibung
<code>create()</code>	Anlegen eines Bucket
<code>put()</code>	Hinzufügen eines Objekts zu einem Bucket
<code>get()</code>	Auslesen eines Objekts
<code>delete()</code>	Löschen eines Objekts bzw. Bucket
<code>list()</code>	Auslesen von Metadaten eines Bucket



■ Basisarchitektur

- Client-Anwendung [z. B. unmodifizierter Amazon-S3-Client]
- RACS-Proxy
 - Übersetzung von Client-Aufrufen in Anfragen an verschiedene Clouds
 - Spezifischer Adapter für jeden Cloud-Speicher-Anbieter
- Repositories: Datenspeicher bei unterschiedlichen Cloud-Anbietern



■ Verteiltes RACS

- Erweiterung der Basisarchitektur um weitere RACS-Proxies
- Koordinierung zwischen RACS-Proxies mittels ZooKeeper



- **Bearbeitung von Anfragen**
 - **Schreibanfragen**
 - Berechnung von n Objektfragmenten mittels Erasure-Codes
 - Verteilung der Objektfragmente auf n Cloud-Speicher-Anbieter
 - Vollständige Replikation der Metadaten auf alle n Repositories
 - **get()-Anfragen**
 - Holen von m Objektfragmenten aus verschiedenen Repositories
 - Rekonstruktion des angeforderten Objekts
 - **list()-Anfragen**
 - Auslesen der Metadaten aus einem beliebigen Repository
 - Vollständige Replikation von Metadaten → einzelne Operation reicht aus
- **Optimierte Auswahl von Repositories mittels *Policy Hints***
 - Vorgaben, welche Repositories (z. B. bei Leseanfragen) zu bevorzugen sind
 - Beispiele für Kriterien
 - Kosten für Datentransfer
 - Geografisch bedingte Latenzen



- „Vendor Lock-In“-Problem
 - Cloud-Anbieter-Wechsel sind in der Regel sehr aufwendig
 - Technische und finanzielle Hürden bei Wechsel des Anbieters
- Multi-Cloud-Architekturen
 - Hybride Architektur
 - Broker-Architektur
 - Aggregierte Architektur
 - Mehrschichtarchitektur
- Deltacloud
 - Einheitliche Schnittstelle für Client-Anwendungen
 - Cloud-spezifische Treiber
- Redundant Array of Cloud Storage (RACS)
 - Fokus auf Anbieterwechsel aus wirtschaftlichen Gründen
 - Proxy-basierter Ansatz
 - Redundante Speicherung von Daten mittels Erasure-Codes

