

Latenzminimierung in Datenzentren

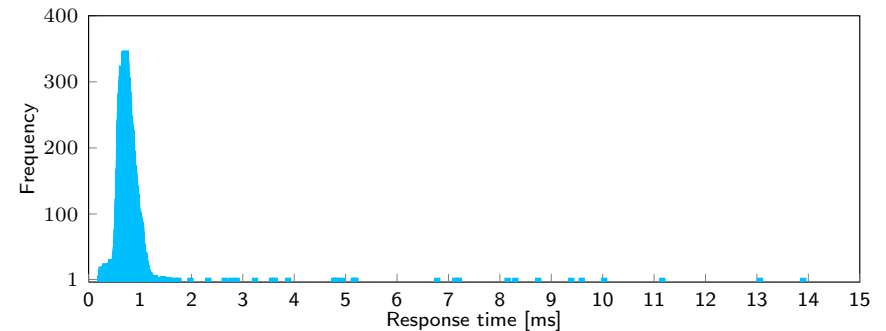
Motivation

Ansätze und Techniken

Zusammenfassung



- Typische Antwortzeitverteilung in der Praxis
 - Mehrheit der Anfragen wird in relativ kurzer Zeit beantwortet
 - Ausreißer mit höherer Antwortzeit
 - Zahlenmäßig geringer Anteil an der Gesamtmenge aller Anfragen
 - Antwortzeiten übersteigen Mittelwert um ein Vielfaches
- „Tail Latency“
- Beispiel: ZooKeeper-Implementierung aus Übungsaufgabe 6



Gründe für Antwortzeitschwankungen

- Warten beim Zugriff auf geteilte Ressourcen
 - Lokal: CPU, Caches, Speicher, Netzwerk etc.
 - Global: Koordinierungsdienste, verteilte Dateisysteme etc.
- Verzögerungen durch Warteschlangen auf verschiedenen Ebenen
- Zusatzbelastung durch die Aktivierung periodischer Tasks (Beispiele)
 - Garbage-Collection
 - Datenrekonstruktion in Dateisystemen
 - Komprimierung von Log-Dateien
- Variabilität durch Einflüsse unterschiedlicher Energiesparmodi
- ...
- Literatur
 - 📄 Jeffrey Dean and Luiz André Barroso
The tail at scale
Communications of the ACM, 56(2):74–80, 2013.



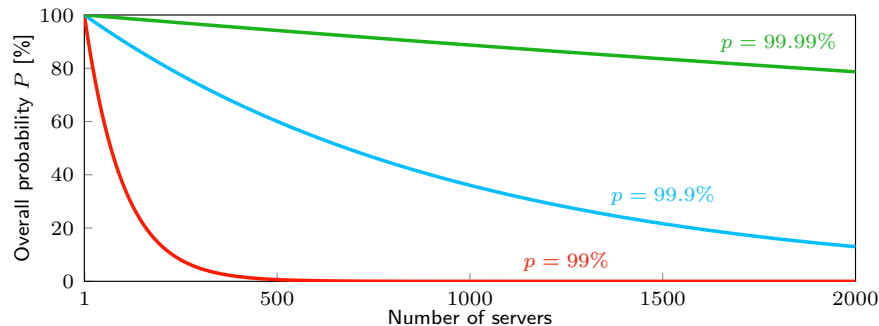
Verteilte Bearbeitung von Anfragen

- Bearbeitung von Anfragen durch mehrere Server
 - Aufspaltung in kleine Teilaufgaben
 - Eventuell weitere Aufgliederung der Teilaufgaben
 - Bestimmung der Gesamtantwort auf Basis der Teilergebnisse
- Beispiel: Teilaufgaben bei Ausführung einer Suchmaschinenanfrage
 - Bereitstellung von statischen Elementen der Web-Seite
 - Ermittlung des Suchergebnisses
 - Zusammenstellung von Vorschlägen für verwandte Suchanfragen
 - Aufbereitung von Kontextinformationen
 - Auswahl der eingeblendeten Werbung
 - ...
- Problem
 - Gesamtantwortzeit einer Anfrage hängt von vielen Faktoren ab
 - Schwankungen in einzelnen Servern wirken sich unmittelbar aus



Auswirkungen langsamer Server

- Vereinfachtes Systemmodell
 - An der Bearbeitung einer Anfrage sind parallel s Server beteiligt
 - Bei der Erfüllung seiner Teilaufgabe ist jeder Server
 - mit Wahrscheinlichkeit p : *schnell*
 - mit Wahrscheinlichkeit $1 - p$: *langsam*
 - Antwort erfolgt, sobald alle Server mit ihren Teilaufgaben fertig sind
- Wahrscheinlichkeit für die schnelle Ausführung einer Anfrage: $P = p^s$



Minimierung von Latenzen

Beobachtung

„Systems that respond to user actions quickly (within 100ms) feel more fluid and natural to users than those that take longer.“ [Dean et al.]

- Kombiniertes Ansatz zur Minimierung von Gesamtantwortzeiten
 - Techniken zur Vermeidung von Ausreißern
 - Konzipierung von *tail-toleranten* Systemen
 - Vergleiche: Vorgehensweise beim Umgang mit Fehlern
- Wahl der Metrik
 - Arithmetisches Mittel: Ungeeignet, da kaum Aussage über Ausreißer
 - $n\%$ -Quantil (n^{th} -percentile)
 - Bedeutung: Antwortzeit für $n\%$ aller Anfragen ist $\leq n\%$ -Quantil
 - Typische Werte: $n = 95$ oder $n = 99$
- Herausforderungen
 - Wie lässt sich die Anzahl bzw. das Ausmaß von Ausreißern reduzieren?
 - Wie geht man mit Verzögerungen bei der Bearbeitung von Teilaufgaben um?

Vermeidung von Ausreißern mittels Lastbalancierung

- Probleme
 - Zugriffshäufigkeit variiert zwischen Objekten des Anwendungszustands
 - Erhöhte Antwortzeiten als Konsequenz überlasteter Partitionen
 - Zugriffsmuster können sich ändern → statische Partitionierung unwirksam
- Einsatz von Mikropartitionen
 - Anzahl der Partitionen \gg Anzahl der Server
 - Vorteile
 - Feingranulare Lastverteilung möglich
 - Effizientes Verschieben von Partitionen zwischen Servern
 - Beispiele
 - Verwaltung von Range-Partitions im Windows Azure Storage Partition Layer
 - Aufteilung eines MapReduce-Jobs in Tasks
- Selektive Replikation
 - Replikationsgrad eines Objekts ist abhängig von seiner „Popularität“
 - Beispiel: Dateispezifischer Replikationsfaktor in HDFS

Reduzierung der Anzahl problematischer Ausreißer

- Priorisierung zeitsensitiver Anfragen
 - Einteilung von Anfragen in Dienstklassen
 - Beispiel: BEEMR
 - Interaktive Jobs
 - Batch-Jobs
 - Vorteil: Verzögerungen betreffen vor allem nicht-zeitsensitive Operationen
- Aufspaltung nicht-zeitsensitiver Aufgaben mit langer Bearbeitungszeit
 - Ausführung als Sequenz mehrerer kurzer Operationen
 - Bessere Verzahnung mit zeitsensitiven Anfragen möglich
 - Vorteil: Steigerung der Effektivität des Priorisierungsansatzes
- Optimierte Einplanung von Hintergrundaktivitäten
 - Ausführung in Zeiten mit geringer Systemlast
 - Abstimmung zwischen unterschiedlichen Servern
 - Vorteil: Störender Einfluss ist auf wenige zeitsensitive Anfragen begrenzt

- Abgesicherte Anfragen (*Hedged Requests*)
 - Aktionen des Clients
 - Senden derselben Anfrage an mehrere Replikate
 - Verwendung der schnellsten Antwort
 - Abbruch der noch ausstehenden Ausführungen
 - Effiziente Implementierung
 - Senden der Anfrage an das vermutlich schnellste Replikat
 - Kontaktierung weiterer Replikate erst nach Timeout
- Verknüpfte Anfragen (*Tied Requests*)
 - Anwendungsfall
 - Größere Schwankungen in den Wartezeiten vor der eigentlichen Ausführung
 - Relativ konstante Bearbeitungszeiten
 - Vorgehensweise
 - Client verschickt dieselbe Anfrage an zwei Replikate
 - Anfrage enthält Replikadressen
 - Bei Ausführungsbeginn: Replikat sendet Abbruchnachricht an das andere



- Prüfung mittels Stichproben (*Canary Requests*)
 - Problem
 - Ungewöhnliche Anfrage resultiert in Ausführung ungetesteter Code-Pfade
 - Parallele Verzögerungen oder Fehler auf mehreren Servern
 - Lösung
 - Senden von ein oder zwei Teilaufgaben an die entsprechenden Server
 - Verteilung der restlichen Teilaufgaben an die anderen Server erst bei Erfolg
- Einschränkung der Funktionalität (*Graceful Degradation*)
 - Ausklammern von Teilaufgaben, deren Bearbeitung zu lange dauert
 - Ausliefern der Gesamtantwort, sobald ihre Qualität „gut genug“ ist
 - Beispiele
 - Weglassen der Werbung
 - Ausblenden der Kommentarfunktion
 - Vorteile
 - Reduzierung des Einflusses einzelner Ausreißer auf die Gesamtantwortzeit
 - Im Allgemeinen bemerken die meisten Nutzer den Unterschied nicht



Zusammenfassung

- Problem
 - Bearbeitung von Anfragen auf viele Server verteilt
 - Antwortzeiten einzelner Server unterliegen Schwankungen
 - Ziel: Minimale Auswirkung einzelner Ausreißer auf die Gesamtantwortzeit
- Vermeidung von Ausreißern
 - Einsatz von Mikropartitionen
 - Selektive Replikation
 - Priorisierung zeitsensitiver Anfragen
 - Aufspaltung nicht-zeitsensitiver Aufgaben mit langer Bearbeitungszeit
 - Optimierte Einplanung von Hintergrundaktivitäten
 - Prüfung mittels Stichproben
- Tolerierung von Ausreißern
 - Abgesicherte Anfragen
 - Verknüpfte Anfragen

