

Ausarbeitung zum Thema C3 ‚Drafting behind Akamai‘  
(1. Entwurf)

1	Einleitung .....	1
2	Überblick über Content delivery networks (CDNs).....	1
2.1	Allgemeine Funktionsweise von CDNs .....	2
2.2	Anbieter von CDNs .....	2
3	Akamai, die Nummer 1 der CDN-Betreiber .....	3
3.1	Geschichtliches / Entwicklung .....	3
3.2	Aktueller Stand von Akamai .....	4
3.3	Funktionsweise von Akamai / Routingumleitung .....	5
4	Messungen rund um Akamai.....	6
4.1	Server-Vielfalt .....	7
4.2	Einfluss der Akamai-Kunden auf die Server-Vielfalt .....	9
4.3	Dynamische Umleitungen durch Akamai .....	10
5	Quellen-Verzeichnis: (noch zu überarbeiten) .....	12

## 1 Einleitung

Durch das ständig wachsende Angebot und die immer besser werdenden Kommunikationsverbindungen steigt auch die Nachfrage nach multimedialen Angeboten im Internet exponentiell an. Content Delivery Networks oder auch Content Distribution Networks helfen dabei, Unmengen an Daten auf möglichst kurzen Wegen möglichst schnell zu den Konsumenten zu bringen.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, die Funktionsweise von CDNs vorzustellen und am Beispiel des Marktführers Akamai zu veranschaulichen.

Ausgangsmaterial hierzu ist die Veröffentlichung ‚Drafting Behind Akamai (Travelocity-Based Detouring)‘ von Ao-Jan Su et al, David R. Choffnes, Aleksandar Kuzmanovic und Fabián E. Bustamante an der Northwestern University Evanston, IL 60208, USA. [1]

...

## 2 Überblick über Content delivery networks (CDNs)

Die im Internet immer größer werdenden Datenmengen bringen herkömmliche Client-Server-Strukturen normaler Netzwerke schnell an ihre Leistungsgrenzen. Heutige Webpräsenzen gehen schon lange über einfache Webseiten mit Standard-HTML-Dokumenten hinaus. Sobald multimediale Inhalte die Aufmerksamkeit der Internetnutzer auf sich ziehen sollen, reicht die Kapazität einzelner zentraler Server bzw. Serverfarmen oft nicht mehr aus, um die weltweit auftretenden Anfragen überall zeitnah und mit akzeptabler Antwortzeit und Verbindungsqualität bedienen zu können.

Zu dem heute üblichen Angebot großer Webanbieter wie z. B. Microsoft, Amazon, YouTube aber auch Suchdiensten wie Google oder Yahoo, gehört außer Standard HTML-Dokumenten auch ein umfangreiches Repertoire an rich media content, wie z. B. Video-, Audio-Streaming,

Online-Games, Downloads diverser Art, etc.. An dieser Stelle helfen CDNs, das vom Anbieter verfügbar gemachte Material schnell und unkompliziert an die Konsumenten auszuliefern.

## **2.1 Allgemeine Funktionsweise von CDNs**

Alle CDNs basieren auf dem gleichen Prinzip:

Die Inhalte eines Webanbieters werden auf verteilte Server an unterschiedlichen Orten repliziert, die sich üblicherweise innerhalb der Netzwerke von Internet Service Providern (ISP) und somit in unmittelbarer Nähe zu den Konsumenten befinden. Die hierbei verwendeten Knoten können dabei eigenständige Server sein, die von einem CDN-Betreiber ausschließlich für diesen Zweck installiert werden,

Der Webanbieter beauftragt einen CDN-Betreiber (z. B. Akamai) mit der Verteilung seiner Inhalte und wird dadurch zu dessen Kunde (Customer). Oftmals erhalten die Kunden entsprechende (Software-)Werkzeuge, um die zu publizierenden Inhalte selbst auf den nächstgelegenen Server innerhalb des CDN hochzuladen – die Verteilung auf andere Server des CDN erfolgt automatisch. Über umfangreiche Tools hat der Anbieter Zugriff zu Aufrufstatistik, Netznutzung, usw.

Beim Zugriff auf das Online-Angebot des Webanbieters erfolgt eine entsprechende ‚Umleitung‘ der Anfragen, so dass die an die Clients zurück gelieferten Inhalte überwiegend oder sogar vollständig von Servern des CDNs bedient werden. Bei der Auswahl des die Anfrage beantwortenden Servers wird immer der gerade günstigste Server ermittelt, wobei hier durch load balancing durchaus auch ein anderer als der nächstgelegene in Frage kommt, sofern dieser z. B. bereits stark ausgelastet ist. Bei Abruf von Dateien, die über ein CDN verteilt werden, kommt oftmals das Internet Content Adaption Protocol (ICAP, RFC 3507) zum Einsatz.

## **2.2 Anbieter von CDNs**

Inzwischen hat sich eine Vielzahl von CDN-Betreibern am Markt etabliert, wobei nicht unbedingt alle Betreiber dasselbe Angebotsspektrum abdecken. Einige Betreiber (vorwiegend kleinere) haben sich auf die Installation ihrer Server auf regionale Bereiche beschränkt. Andere hingegen sind auf die Verteilung bestimmter Inhalte spezialisiert (z. B. TV1.DE auf Video-Streaming). Da die Anfragen aus dem weltweiten Internet kommen, sind große Betreiber natürlich auch weltweit präsent, um möglichst viele Anfragen egal wo sich der Client befindet, umgehend bedienen zu können. Dabei kommt es auch vor, dass CDN-Betreiber miteinander kooperieren, um ihren Kunden auch regionale Bereiche zu erschließen, in denen die eigene Server-Infrastruktur noch nicht ausreichend vertreten ist.

Für nicht frei verfügbare Angebote (z. B. kostenpflichtige oder rechtlich begrenzte Verfügbarkeit von Inhalten) bieten viele CDN-Betreiber auch Möglichkeiten, die Auslieferung nur in bestimmte Regionen (z. B. nur innerhalb Deutschlands) oder an einzelne Clients zu steuern.

Einige ausgewählte CDNs sind z. B.

Akamai            größter CDN-Betreiber weltweit, wird nachfolgend genauer betrachtet

CDNetworks    größter asiatischer CDN-Betreiber, dritt-größter Betreiber weltweit

Coral            open source-Projekt der New York University; P2P CDN, welches seit März 2004 im PlanetLab auf inzwischen mehreren hundert Servern betrieben wird

Limelight Networks	hostet als CDN-Betreiber u. a. Teile von Microsoft, N24, msnbc,
SAVVIS	zweit-größter CDN-Betreiber
TV1.DE	deutscher CDN-Betreiber mit Sitz in Unterföhring nahe München und einer der größten europäischen Anbieter, spezialisiert auf Video-Streaming, betreibt weltweit das erste CDN, bei dem über 700 Server mit Strom aus regenerativen Energiequellen versorgt werden
VeriSign	internationaler CDN-Betreiber, betreibt zwei der weltweit 13 Internet-Root-Server, a.root-servers.net und j.root-servers.net, bewältigt rund 30 Mrd. DNS-Anfragen, über 285 Mio. SMS und über 1,5 Mio. Multimedia-Nachrichten pro Tag

### 3 Akamai, die Nummer 1 der CDN-Betreiber

#### 3.1 Geschichtliches / Entwicklung

(Anm.: Diese Auflistung ist aus eigenem Interesse recht ausführlich erstellt und wird ggf. für die Endfassung noch entsprechend gekürzt. Quelle: Newsticker von [www.heise.de](http://www.heise.de))

April 1999	Gründung der Akamai Technologies, Inc. („Akamai“ ist ein hawaiisches Wort und bedeutet „intelligent“ oder „raffiniert“) durch den Mathematiker Tom Leighton und den Informatiker Daniel M. Lewin (Starb am 11. September 2001 in New York City an Bord des ersten Flugzeuges, welches in den Nordturm des World Trade Centers flog.)
Juni 1999	Apple steigt mit einem 5%-igen Anteil (12,5 Mio. US\$) bei Akamai ein
August 1999	Cisco erwirbt Anteile an Akamai (49 Mio. US\$)
September 1999	Microsoft erwirbt Aktien im Wert von 15 Mio. US\$. Der Anteil von Apple ist inzwischen 70 Mio. US\$ wert. Der Gesamtwert von Akamai wird auf 1,4 Mrd. US\$ geschätzt. 1200 Server sind im Akamai-CDN.
29. Oktober 1999	Akamai geht mit 9 Mio. Aktien zu einem Ausgabepreis von 26 US\$ an die Börse. Bereits nach dem ersten Handelstag ist der Preis pro Aktie auf 145,19 US\$ gestiegen (von 234 Mio. auf rund 1,3 Mrd. US\$), Gesamtpapierwert von Akamai: über 13 Mrd. US\$
Januar 2000	Akamai übernimmt den bisher privaten Internet-Broadcaster Network24, Akamai hat 227 feste Kunden
Februar 2000	Für 2,8 Mrd. US\$ wird der Konkurrent Intervu aufgekauft. Es entsteht der weltgrößte Anbieter für Streaming und andere breitbandige Anwendungen, der mit über 3000 Servern in 100 Netzwerken auf 49 Länder verteilt ist.
Mai 2000	Der Entwurf für ICAP wird vom ICAP-Forum (Gründer: Network Appliance und Akamai) der IETF in Form eines Internet-Drafts vorgelegt.
August 2000	AOL und Inktomi gründen das ‚Content Bridge‘-Konsortium, dem die meisten Konkurrenten von Akamai (u. a. Digital Island) betreten.
Ende August 2000	Cisco gründet mit diversen Akamai-Konkurrenten die Content Alliance um ebenfalls als CDN-Anbieter aufzutreten.
Mitte November 2000	BMG kündigt an, ab Ende des Jahres Musikvideos über Akamai verfügbar zu machen.

Ende 2000	1.337 feste Kunden vertrauen auf Akamai. Insgesamt hat Akamai weltweit 3675 Kunden, deren Daten mit über 8.000 Servern in über 460 Netzwerken in 54 Ländern verteilt werden.
Januar 2001	Microsoft setzt nach Problemen mit der Erreichbarkeit eigener DNS-Server ebenfalls zum Teil Akamai-Dienste ein
Februar 2001	Novell steigt als Konkurrent ebenfalls ins CDN-Business ein
April 2001	Akamai entlässt nach Verlusten (2,2 Mrd. durch die Aquirierung von Inter- vu und Network24) 182 (14%) seiner Mitarbeiter und bedient derzeit noch rund 2800 Kunden weltweit.
Ende Juni 2001	Yahoo setzt für regional gebundene Werbung auf Technik vom Akamai
Ende Juni 2002	Akamai verklagt den Konkurrenten Speedera wegen Datendiebstahl
2. April 2003	Akamai kündigt den seit 28. März 2003 bestehenden Vertrag mit Al Jazeera einseitig (offenbar auf Grund von politischem Druck, zu den weiteren Akamai-Kunden gehören: das weiße Haus, CNN, Starbucks, NA- SA, US Air Force, FBI und CIA)
Ende Oktober 2003	Akamai kann seine festen Kunden für das EdgeSuite-Angebot von 243 im Vorjahr auf jetzt 560 fast verdoppeln und macht deutlich weniger Verluste. Als Kunden sind Airbus und BMS France neu hinzugekommen, Microsoft setzt auch weiterhin teilweise auf Akamai.
25. Mai 2004	An diesem Montag-Nachmittag sorgt ein Bug in der Content-Management- Software dafür, dass viele Anbieterseiten (darunter Lycos, CNN, Universal Studios, Yahoo, ebay, Apple, IBM, Microsoft, General Motors und Coca Cola) für 90 Minuten nur schwer bzw. gar nicht erreichbar sind.
15. Juni 2004	Distributed-Denial-of-Service-Attacke führt zu Störungen bei Zugriffen auf einzelne Host wie z. B. mail.yahoo.com
Mitte März 2005	Akamai übernimmt den Konkurrenten Speedera für rund 130 Mio. US\$ bis zur Mitte des Jahres.
Juni/Juli 2006	Akamai sorgt für die Verteilung der Video-Streams der offiziellen Websei- te der FIFA während der Fußball-WM.
November 2006	Akamai kauft das Software-Haus Nine Systems für 156 Mio. US\$, um deren Streaming-Lösung Stream OS ins eigene Angebot aufzunehmen.
Februar 2007	Akamai übernimmt für rund 186 Mio. US\$ den Konkurrenten Netli, der einen Dienst für die Ausführung von Web-Anwendungen und die Ausliefe- rung von Web-Inhalten beschleunigt.
12. April 2007	Akamai übernimmt Red Swoosh für rund 15 Mio. US\$ (zur Integration eines P2P-Client in das CDN
Mitte April 2007	Akamai gibt bekannt und behebt Fehler in seinem Download-Manager

### **3.2 Aktueller Stand von Akamai**

Der internationale Firmensitz von Akamai befindet sich in Cambridge, Massachusetts, USA, die deutsche Niederlassung ist in Unterföhring im Landkreis München.

25.000 Server in rund 1000 Netzwerken verteilt auf 69 Länder wickeln einen bedeutenden Anteil (ca. 15-20 %) des weltweiten Web-Traffics ab. Dies entspricht einigen zig Milliarden Internet-Interaktionen täglich. Zu den Kunden zählen (neben den zuvor schon erwähnten)

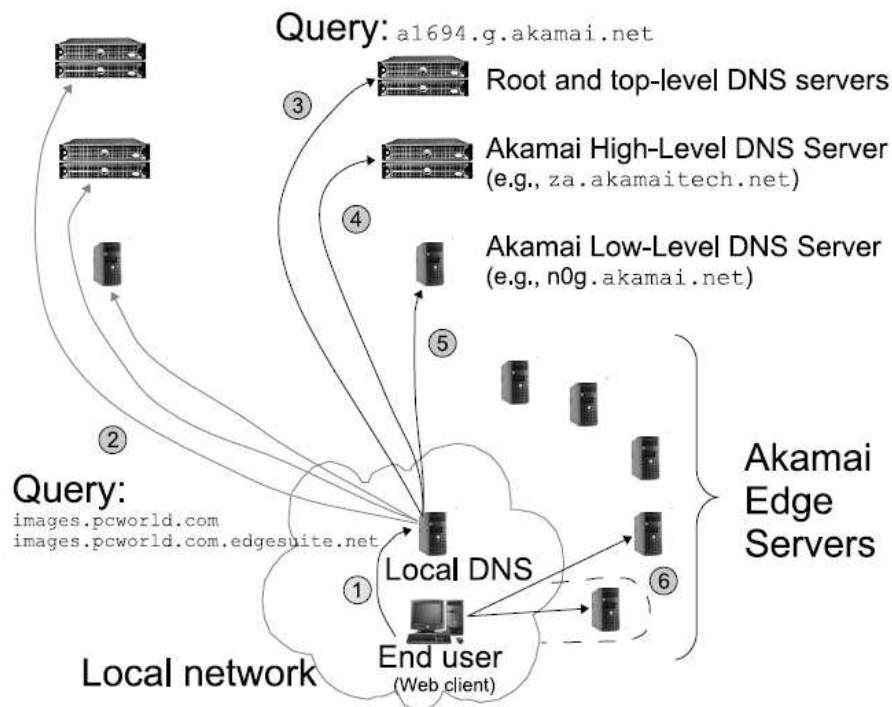
kommerzielle Firmen wie Audi, NBC und Fujitsu ebenso, wie das amerikanische Verteidigungsministerium oder die NASDAQ (seit 1999 die größte amerikanische Börse)

Zu den über 1.700 Kunden gehören u. a. auch Yahoo!, Airbus, Apple, Audi, BMW, Ebay, Microsoft, das Weiße Haus, die ARD, das ZDF, das Bundeskanzleramt (Deutschland), Logitech, der Hersteller von Virenschutz-Software McAfee, NBC und Fujitsu ebenso, wie das amerikanische Verteidigungsministerium oder die NASDAQ (seit 1999 die größte amerikanische Börse)

(Quelle: [www.akamai.de](http://www.akamai.de)).

### 3.3 Funktionsweise von Akamai / Routingumleitung

Akamai arbeitet auf Basis der DNS-Übersetzung (DNS Translation), um die Webzugriffe gezielt auf den bestmöglichen Download-Server umzuleiten. Dies geschieht dabei für Webseiten von Akamai-Kunden folgendermaßen:



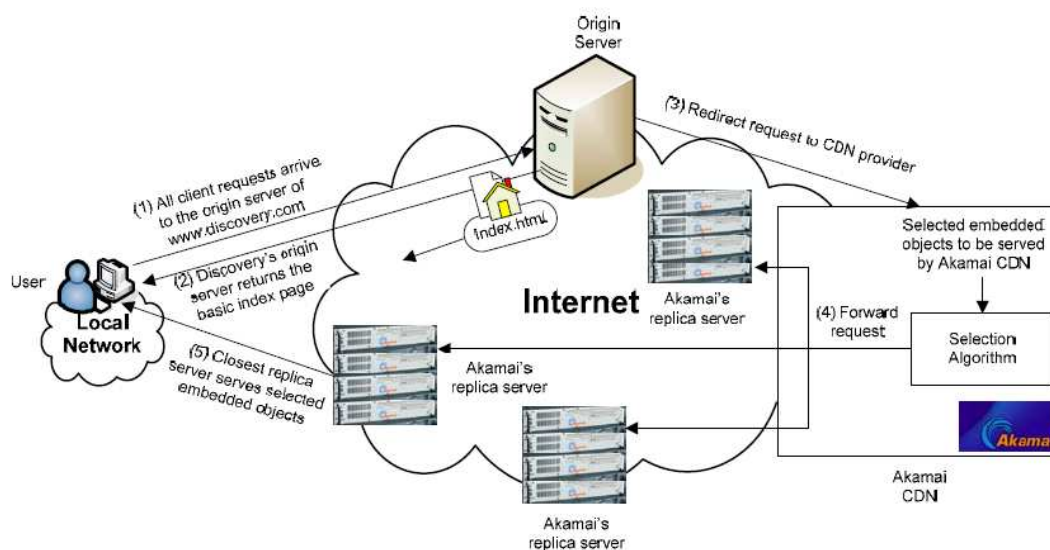
Quelle: [1]

Abbildung 1: Veranschaulichung einer Akamai DNS-Übersetzung

- ① Zum Abruf des Inhalts einer Webseite stellt ein Client zunächst eine Anfrage zur Namensauflösung an den lokalen DNS-Server (LDNS), um die zur Web-Seite gehörige IP-Adresse zu erfahren.
- ② Der für den Kunden zuständige DNS-Server meldet dem LDNS darauf hin einen Kanonischen Namen (CName) eines Servers innerhalb des Akamai-CDN (statt wie sonst üblich eine IP-Adresse des hostenden) Servers zurück. Der neue CName entspricht dem ursprünglichen Namen, dem die .edgesuite.net angehangen wurde. Hierbei ist edgesuite.net eine von Akamai verwaltete Domain, wofür die nächste LDNS-Anfrage a1694.g.akamai.net zurückliefert. Hierbei entspricht die 1694 der Kundennummer von pcworld bei akamai, welche meist auch in die Domain-Adresse aufgenommen wird.

- ③ Zur Auflösung von `a1694.g.akamai.net` in eine IP-Adresse, wird eine erneute Anfrage vom LDNS gestellt, die diesmal jedoch beim Rootserver zunächst nach `.net` aufgelöst wird und im Anschluss einen High-Level DNS Server des Akamai-CDN (hier `za.akamaitech.net`) ermittelt.
- ④ Aufgabe eines der wenigen High-Level DNS Server von Akamai ist es, einen, dem Client möglichst nahen Low-Level DNS Server (hier `n0g.akamai.net`) zu ermitteln. Hier spielt bereits die von Akamai ständig aktualisierte Netzbewertung eine Rolle. Stark ausgelastete bzw. nicht erreichbare Low-Level DNS-Server werden automatisch umgangen.
- ⑤ In der letzten DNS-Anfrage liefert der Low-Level DNS-Server dem Client die Adressen von zwei Edge-Servern, auf dem die von ihm angeforderten Daten abgerufen werden können.
- ⑥ Mit Hilfe einer der ermittelten Adressen erfolgt anschließend von Clientseite aus der Verbindungsaufbau z. B. via TCP. Seiteninhalte werden dabei falls erforderlich durch den Edge-Server von anderen Edge-Servern bezogen oder notfalls vom Seitenanbieter abgerufen und anschließend gecached.

An Stelle des gesamten Webauftritts kommt es auch vor, dass oftmals dynamische Web-Inhalte nicht Bestandteil der Replikat im CDN sind. Dann werden z. B. (wie in Abb. 2 veranschaulicht) nur rich media contents (z. B. Video-/Audio-Streams), nicht aber die Webseite selbst oder stark variante Inhalte vom CDN geliefert.



Quelle: [2]

Abbildung 2: Verteilter Bezug von Web-Inhalten

## 4 Messungen rund um Akamai

Nachfolgend werden verschiedene Messergebnisse vorgestellt, bei denen Rechner im Planet-Lab als Testumgebung verwendet werden. Bei PlanetLab handelt es sich um ein globales Forschungsnetz, welches die Entwicklung neuer Netzwerktechnologien unterstützt. Aktuell besteht es aus 833 Netzknoten (Hosts) an 411 Standorten (Stand: Dezember 2007). Seit Anfang 2003 wurde PlanetLab von über 1.000 Forschern hochrangiger Institutionen, Universitäten und kommerzieller Forschungslabore genutzt, um neue Technologien rund um Computer und Netzwerke zu entwickeln (z. B. zum verteilten Speichern, zu P2P-Systemen oder Abfrageverarbeitung, Protokollimplementierung, etc.)

Für die vorliegenden Ergebnisse wurde Messungen über einen kontinuierlichen Zeitraum von 7 Tagen durchgeführt. Dazu wurde insgesamt 140 über die Welt verteilt liegende PlanetLab-Hosts verwendet. 50 Hosts in den USA und Kanada, 35 in Europa, 18 in Asien, 8 in Südamerika, 4 in Australien und weitere 25 zufällig verteilte der übrigen PlanetLab-Hosts. Jeder der 140 Rechner hat alle 20 Sekunden eine DNS-Anfrage auf einen der Akamai-Kunden ausgeführt. Die von Akamai zurück gelieferten Edge-Server wurden als Ergebnis in einer Datenbank abgespeichert. Insgesamt wurden 15 bekannte Akamai-Kunden für die Tests verwendet, darunter Yahoo, CNN, Amazon, AOL, The New York Times, Apple, Monster, Fox News, MSN und PCWorld. Die TTL der Daten wurden für den lokalen DNS ebenfalls auf 20 Sekunden begrenzt, damit dieser bei jeder Anfrage auch mit Sicherheit eine erneute DNS-Anfrage nach draußen reicht.

Untersucht wird die Abhängigkeit der Serverzuordnung durch Akamai unter verschiedenen Randbedingungen wie z. B. Uhrzeit und Lage der Clients. Weiterhin wird die Qualität der durch Akamai ermittelten Routen bewertet und mit anderen Routen verglichen

#### **4.1 Server-Vielfalt**

Untersucht wird, wie sich verschiedene Einflussgrößen (Uhrzeit, Nähe zum Server, Netzlast, etc.) auf die Anzahl und Vielfalt der von Akamai ermittelten Edge-Server auswirken.

Hierzu wurden über einen Zeitraum von 48 Stunden von zwei PlanetLab-Clients aus kontinuierlich DNS-Anfragen nach a943.x.a.yimg.com (ein CName von Yahoo) gestellt und die von Akamai zurück gemeldeten Server im Diagramm dargestellt.

Die Anzahl unterschiedlicher Server ist automatisch ein Maß für die Nähe eines Clients zu den Servern. Clients denen nur wenige Server (z. B. nur zwei) mitgeteilt werden, sind diesen offensichtlich deutlich näher, als allen anderen. Im Falle vieler verschiedener Serverbezeichnungen existiert demnach keine solche Nähe (hier könnte Akamai dann noch nachbessern ☺)

Die Clients befinden sich im Intel Forschungslabor in Berkeley, Californien – USA (berkeley.intel-research.net) und innerhalb des Universitätsnetzes der Universität von Perdue, Indiana – USA (cs.purdue.edu).

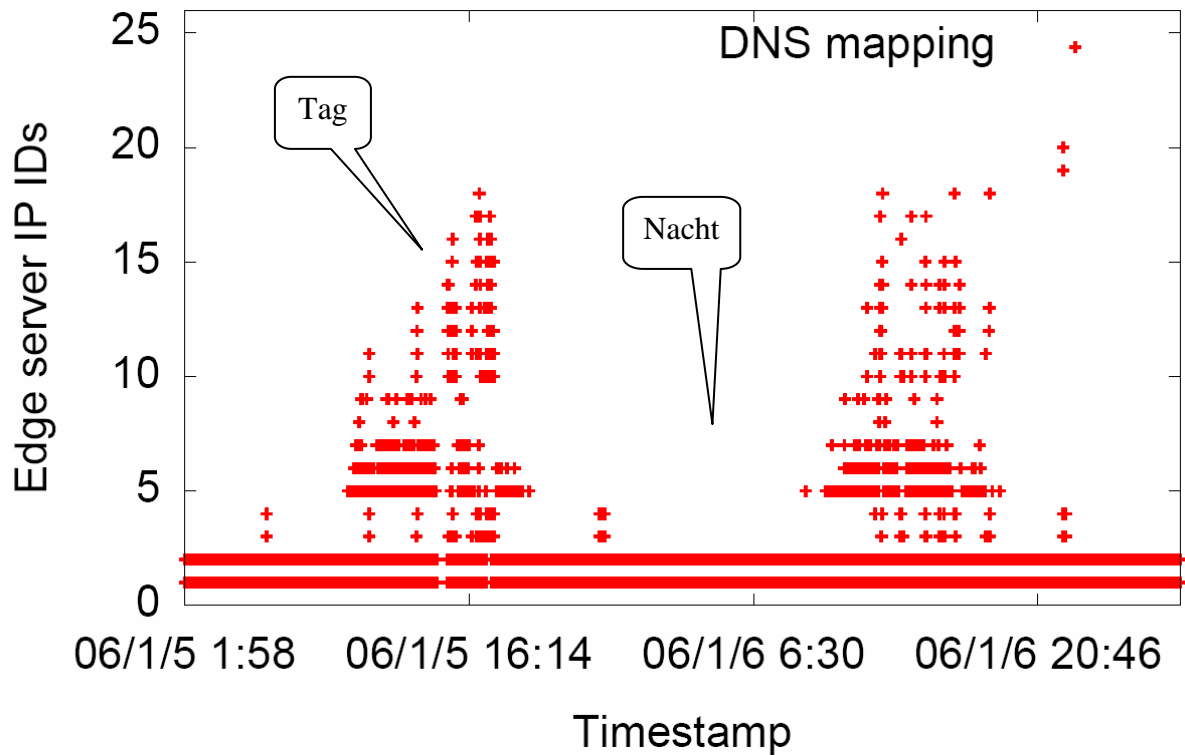


Abbildung 3: Vielfalt der Edge-Server-Angebote in Berkeley

Quelle: [1]

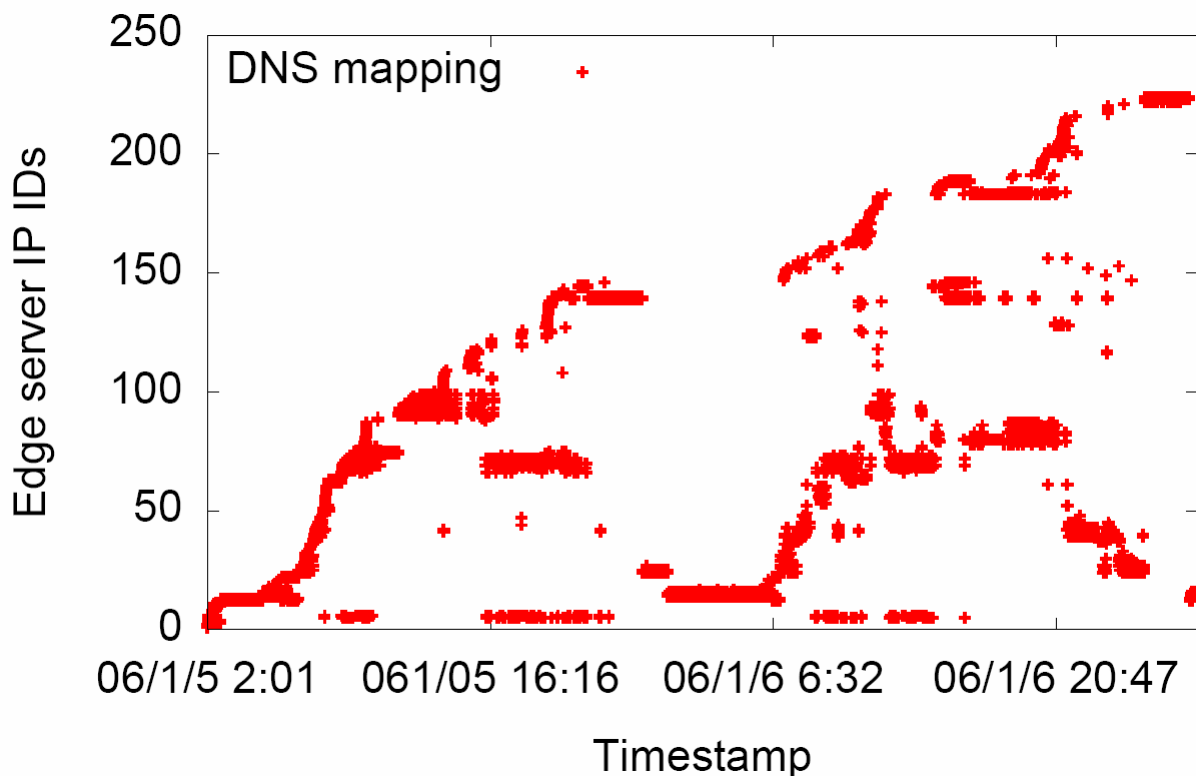


Abbildung 4: Vielfalt der Edge-Server-Angebote in Purdue

Quelle: [1]

In den beiden Diagrammen ist auf der x-Achse die fortlaufende Zeit, und auf der y-Achse die ID der von Akamai zurück gemeldeten Edge-Server dargestellt. Diese ID entspricht dem Rang des Auftretens eines Servers, d. h. derjenigen, welcher zuerst benannt wurde, hat auch eine kleinere ID. Zu jeder DNS-Anfrage liefert der Low-Level Akamai-DNS-Server immer zwei Edge-Server-Adressen zurück, somit entsprechen einem Zeitpunkt immer zwei Datenpunkte.



Bei den beiden charakteristischen Clients im PlanetLab sind die tageszeitlichen Abhängigkeiten deutlich erkennbar (wie in Abbildung 3 eingetragen). Dabei ergibt sich eine wesentlich schärfere Abgrenzung zwischen Tag und Nacht, sofern sich wie in Berkeley Client und Edge-Server innerhalb derselben Zeitzone befinden. Diese Grenze ist unschärfer, wenn wie in Purdue, Client und Edge-Server so weit voneinander entfernt liegen, dass mehrere Zeitzonen dazwischen liegen. Sobald am Tage die Auslastung der nahe liegenden Edge-Server steigt, sorgt das load-balancing von Akamai automatisch für Entlastung durch andere (weniger belastete) Server.

Ein weiteres klares Zeichen für die Nähe von Client und Edge-Server zeigt die Anzahl der vom Client gesehenen unterschiedlichen Server. Hier scheinen die für Berkeley nächsten Server evtl. sogar im selben Netz oder aber unmittelbarer Nachbarschaft zu existieren (erkennbar an der geringen Servervielfalt – max. 24 verschiedene), während Purdue hiervon weit entfernt zu sein scheint (max. bei über 230 verschiedene Server).

Trägt man alle 140 in der Studie genutzten PlanetLab-Clients mit den Ihnen von Akamai gemeldeten Servern ebenfalls in ein Diagramm ein, so ergibt sich der in Abbildung 5 gezeigte Graph. Die links unten stehenden Clients befinden sich möglicherweise sogar im selben Netz wie der nächste Akamai Edge-Server. Die bisherige Betrachtung lässt jedoch noch keine Aussagen darüber zu, ob es sich bei dem Download von den von Akamai gelieferten Edge-Servern auch immer um den optimalen Weg handelt, um an die gewünschten Daten zu gelangen.

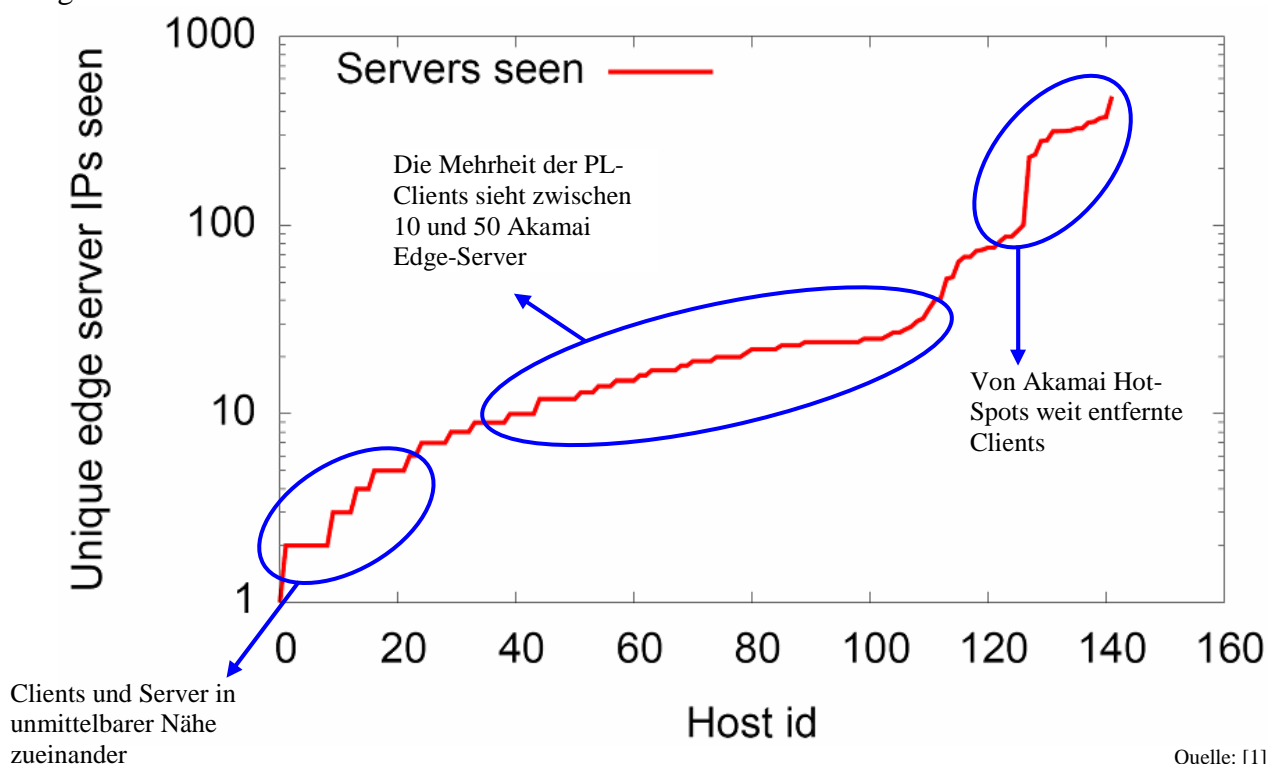


Abbildung 5: Server-Vielfalt für alle 140 PlanetLab-Clients

Quelle: [1]

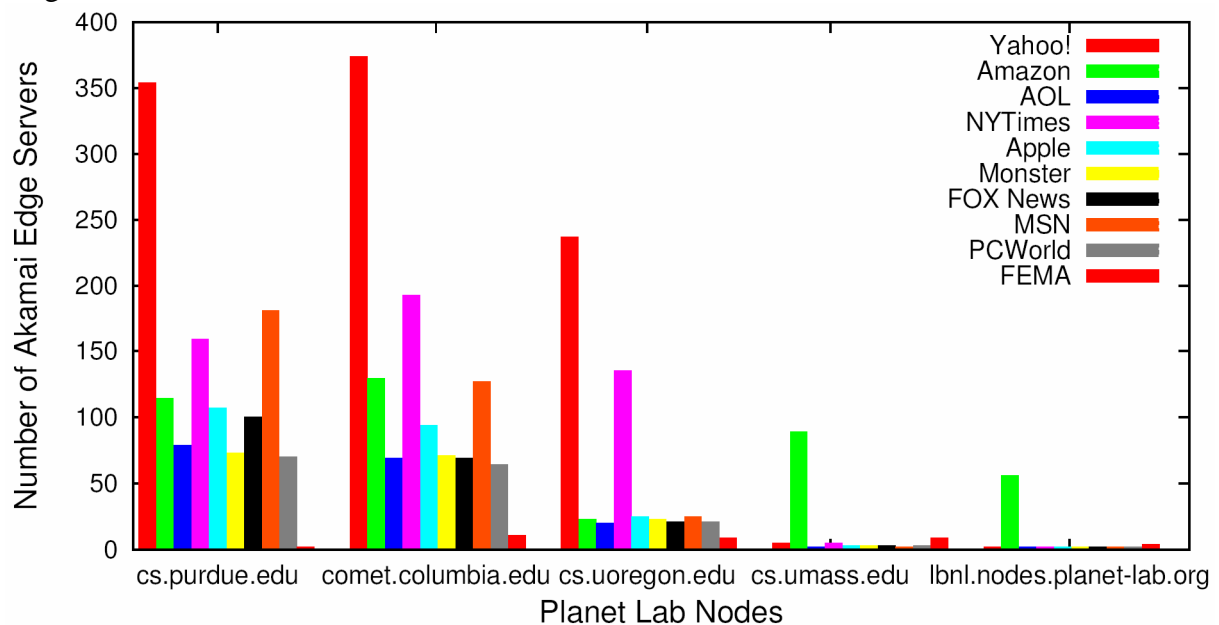
## 4.2 Einfluss der Akamai-Kunden auf die Server-Vielfalt

Verständlicherweise wird nicht jeder Inhalt auf allen Edge-Servern verfügbar sein. Die meisten Angebote sind auf einer begrenzten Anzahl von Akamai-Servern gehostet, von denen die Clients ihre Daten empfangen können. An dieser Stelle haben die Kunden von Akamai Einfluss-Möglichkeiten, da sie den Grad der Verfügbarkeit (bzw. die Anzahl der Replikate) wählen (dann aber auch finanzieren) können bzw. müssen.

Legt ein Web-Anbieter Wert auf ein jederzeit und überall schnell erreichbares Angebot, so müssen seine Daten auf möglichst viele Akamai-Server gespiegelt werden. Ist dies nicht der Fall, müssen z. T. deutliche Performance-Einbußen in Kauf genommen werden, die aber dann meist immer noch geringer ausfallen, als wenn auf die Original-Webseite des Anbieters zugegriffen wird.

Abbildung 6 veranschaulicht, wie viele Akamai-Server einige in der Studie genutzte Planet-Lab-Clients bei Anfragen zu verschiedenen Web-Anbietern zurück gemeldet bekommen haben. Eine geringe Anzahl von Servern für einen Anbieter kann dabei jedoch zweierlei Aussagen: Entweder ist das Angebot auf dem/n Akamai Edge-Server/n in unmittelbarer Nähe den aufrufenden Clients verfügbar, dann werden ohne Überlastungssituationen auch nur wenige Server von Akamai mitgeteilt. Andererseits kann ein Web-Auftritt aber auch nur auf sehr wenigen Akamai-Servern gehostet sein. Dies ist z. B. bei den Webseiten der amerikanischen Katastrophenschutzbehörde FEMA der Fall. Zum Zeitpunkt der Studie wurde diese Webpräsenz nur von 43 der über 15.000 Akamai Edge-Server gehostet.

Eine große Anzahl, der von Akamai's DNS-Servern mitgeteilten Edge-Server, lässt dagegen auf ein weit verteiltes, aber nicht sehr dichtes Netz von Edge-Servern schließen, welche das Angebot des Seitenbetreibers hosten.



Quelle: [1]

Abbildung 6: Server-Anzahl für verschiedene Akamai-Kunden

### 4.3 Dynamische Umleitungen durch Akamai

Moderne CDNs versuchen, durch ständige Beobachtung des Netzverkehrsaufkommens, Engpässe zu umgehen und möglichst kurze und schnelle Verbindungen bis zum Konsumenten zu realisieren. Insofern sind bei den Low-Level DNS-Servern von Akamai sehr kurze Timeoutgrenzen von 20 Sekunden üblich, um rechtzeitig die Verfügbarkeit optionaler Edge-Server zu überprüfen. Hier spielen tageszeit- und ereignisabhängige Einflüsse die weitaus größte Rolle bei Verzögerungen während der DNS-Auflösung.

Das folgende Diagramm zeigt die benötigte Zeit für die Umleitung gegenüber der relativen Anzahl (CDF = Cumulative Distribution Function) der Umleitungsvorgänge.

Beim Client in Berkeley (selber wie oben) dauern rund 50% der Umleitungsermittlungen weniger als 40 Sekunden, während 80% aller Umleitungen unterhalb von 100 Sekunden

erfolgen. Die benötigte Zeit ist in infrastrukturtechnisch schlechter ausgestatteten Regionen zusätzlich verzögert, was die Graphen zweier Clients in Korea und Brasilien sichtbar machen.

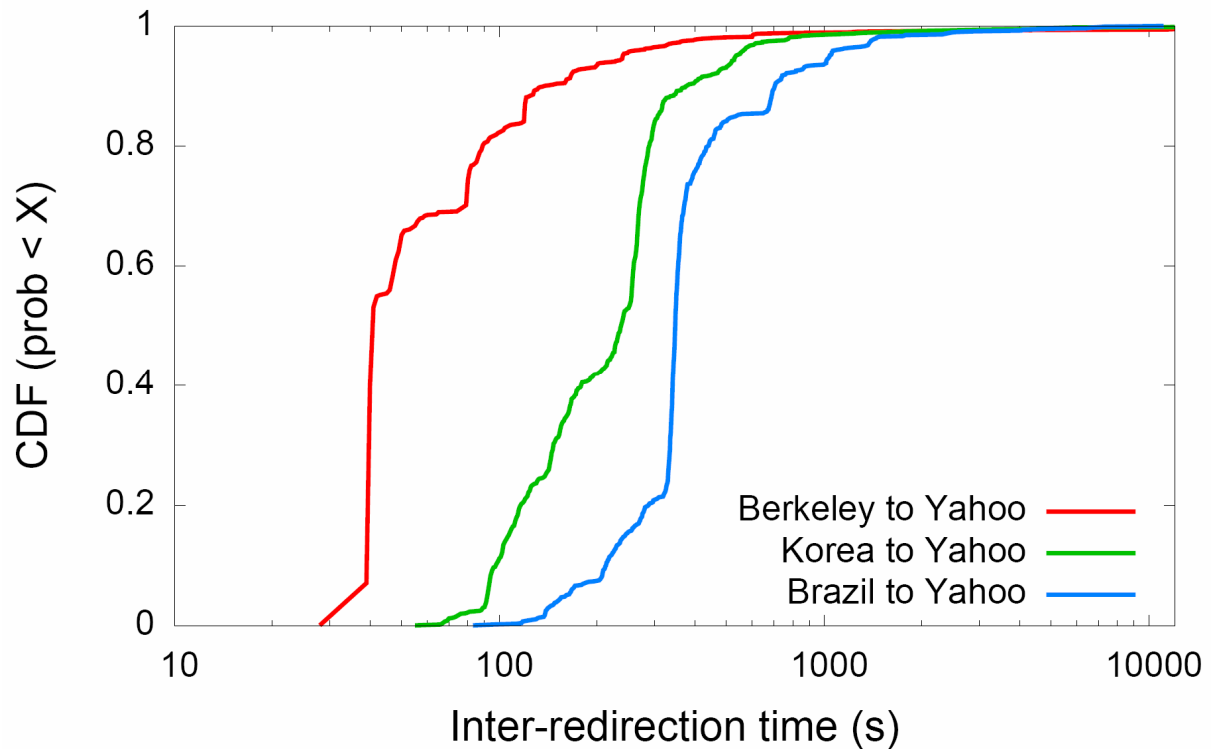


Abbildung 7: Umleitungszeiten für drei repräsentative PL-Clients

Quelle: [1]

Noch ausstehende Punkte vom Paper:

(hier müssten wir noch einmal besprechen, welches die relevanten Kernpunkte dieses Themas im Seminar sein sollen)

Bewertung der durch Akamai gelieferten Internetpfade

Vergleich der Top-Ten von Akamai's Edge-Server-Angeboten untereinander und mit dem direkten Pfad

Verwendbarkeit der von Akamai gelieferten Pfade für eine Beispielanwendung (one-hop routing in a large scaled overlay network, KaZaa)

Schlußwort (ebenfalls noch zu erstellen)

## 5 Quellen-Verzeichnis: (noch zu überarbeiten)

- [1] Ao-Jan Su, David R. Choffnes, Aleksandar Kuzmanovic und Fabián E. Bustamante:  
Drafting Behind Akamai  
<http://www.aqualab.cs.northwestern.edu/publications/Ajsu06DBA.pdf>
- [2] Rajkumar Buyya, Al-Mukaddim Khan Pathan, James Broberg and Zahir Tari:  
A Case for Peering of Content Delivery Networks

Akamai. <http://www.akamai.com>

Coral, The Coral Content Distribution Network. <http://www.coralcdn.org/>

Limelight networks. <http://www.limelightnetworks.com/>

PlanetLab. <http://www.planet-lab.org/>

VeriSign. <http://www.verisign.de/>

TV1.DE. <http://www.tv1.de/>

Internet engineering task force. <http://tools.ietf.org/html/rfc3507>

Wikipedia. <http://www.wikipedia.de>

[http://www.itwissen.info/definition/lexikon//\\_cdncdn\\_cdncontent%20delivery%20networkcdn\\_cdncdn-netzwerk.html](http://www.itwissen.info/definition/lexikon//_cdncdn_cdncontent%20delivery%20networkcdn_cdncdn-netzwerk.html)