

Can ISPs and P2P Users Cooperate for Improved Performance?

Marius Greitschus

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

28. Juli 2009

Inhalt

Einleitung

Metriken

Eigenschaften der Netzwerkgraphen

Simulationen im echten P2P-System

Testlab Experimente

Zusammenfassung

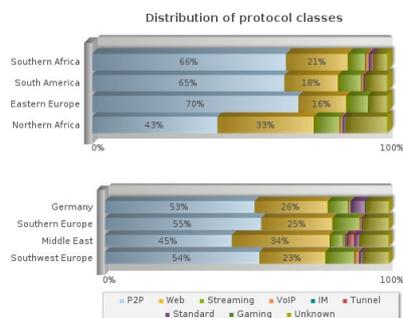
Kritik

Literatur

Das Internet und Peer-to-Peer (P2P)

Fakten

Über 50% des Internettraffics 2008/2009 ist P2P-Traffic



http://www.ipoque.com/resources/internet-studies/internet-study-2008_2009

Bedeutung für die Internet Service Provider (ISPs)

P2P-Traffic hilft den ISPs:

- ▶ Einer der Hauptgründe für Internetbenutzer, ihre Bandweite zu vergrößern, ist P2P.

P2P-Traffic stellt die ISPs vor eine Herausforderung:

- ▶ Anderer Traffic (Web, Mail, etc.) wird durch P2P-Anwendungen „unterdrückt“.
- ▶ P2P-Traffic überschwemmt das (ISP-)Netz.

Überschwemmung des (ISP-)Netzes durch P2P-Traffic

P2P-Systeme nutzen Routing auf der Anwendungsschicht.

⇒ Größtenteils unabhängig vom Routing im Internet und dessen Topologie.

Beispiel:

- ▶ Ein großer Teil einer Datei wird von einem Peer in Frankfurt angefordert.
- ▶ Die Daten kommen von einem anderen Peer in Sydney.
- ▶ Aber sie sind auch verfügbar von einem Peer in Berlin.

Probleme

Ein ISP hat nur begrenzte Mittel, seinen eigenen Traffic zu kontrollieren.

Die Kosten steigen für den Traffic, der das Autonome System (AS) des ISP verlässt.

Es unmöglich, selbst die Pakete des eigenen Netzwerks hinreichend zu untersuchen und umzuleiten.

P2P-Programme besitzen nur begrenzte Mittel, eine optimale Verbindung durch das zugrunde liegende Netz heraus zu suchen (keine Informationen über die Netz-Infrastruktur).

Jedes einzelne P2P-System muss die beste Verbindung für sich selbst bestimmen.

Lösungsvorschlag von Aggerwal, Feldmann und Scheideler

Können ISPs und P2P-Nutzer nicht zusammenarbeiten, um die Leistung zu verbessern?

Das Orakel

Der ISP bietet einen „Orakel-Service“ an, der von P2P- (und anderen) Programmen abgefragt werden kann, um Routing- und Verbindungsinformationen zu erhalten.

Dabei entspricht die erhaltene Verbindung der für den ISP – und möglichst auch für den Peer – günstigsten Verbindung.

Durch Wahl der entsprechenden Metrik kann das Orakel die gewünschten Informationen liefern.

Das Orakel

Metriken

Mögliche Metriken sind u.a.:

- ▶ Verbindung innerhalb oder außerhalb des AS
- ▶ Anzahl der AS-Hops auf dem (BGP-)Pfad
- ▶ AS-Durchmesser
- ▶ Geographische Informationen
- ▶ Delay, Bandweite
- ▶ Traffic (Congestion und Bottlenecks)

Vorteile des Orakels

1. P2P-Programme müssen die beste Verbindung nicht selbst wählen
2. Sie profitieren vom Wissen der ISP
3. Sie können verbesserte Leistung erwarten
4. Der ISP kann festlegen, welche Routen vom P2P-Traffic genommen werden sollen und kann so verhindern, dass es zu Engpässen kommt
5. Er vermeidet unnötigen Traffic über die Grenzen des eigenen AS hinweg

Inhalt

Einleitung

Metriken

Eigenschaften der Netzwerkgraphen

Simulationen im echten P2P-System

Testlab Experimente

Zusammenfassung

Kritik

Literatur

Metriken

Die folgenden Metriken werden betrachtet:

1. Grad
2. Durchmesser der Hopanzahl
3. AS-Durchmesser
4. Flow Conductance

Metriken

Grundsätzliches

Wir gehen aus von:

- ▶ Bigerichteter Graph $G = (V, E)$ mit Autonomen Systemen V und Kantenmenge E
- ▶ Kostenfunktion jeder Kante: $c : E \rightarrow \mathbb{R}^+$
- ▶ Kosten einer Nachricht von AS u zu AS v sind $c(u, v)$
- ▶ $AS : P \rightarrow V$ definiert, wie die Peers P in den AS's liegen
- ▶ $b : P \rightarrow \mathbb{R}^+$ definiert die Bandweite jedes Peers
- ▶ Peernetzwerk $H = (P, F)$ ist ein gerichteter Graph
 - ▶ Jede Kante $(p, q) \in F$ hat Kosten $c(AS(p), AS(q))$

Metriken

Grad

Der *Grad* eines Peers ist die Anzahl der ausgehenden Verbindungen.

Ideal:

- ▶ Große Anzahl von Verbindungen zu Peers innerhalb des AS
 - ▶ Bevorzugte Kommunikation innerhalb des AS
- ▶ Geringe Anzahl von Verbindungen zu Peers in anderen AS's
 - ▶ Hohe Verbindungskosten
 - ▶ Hohe Aktualisierungskosten bei Änderungen der Peers

Metriken

Durchmesser der Hopanzahl

Die Anzahl der Hops in H sollte klein sein.

- ▶ Durchmesser der Hopanzahl D von H ist definiert als $D := \max\{(p, q) \in P \times P, p \neq q \mid \# \text{Kanten in } (p, q) \text{ minimal}\}$.
- ▶ Untere Grenze des Durchmessers in jedem Graphen ist $D_L = \log_{d-1} n$ mit Grad $d > 2$ und n Knoten.
- ▶ Dynamische Netze kommen dieser Grenze sehr nahe.
- ▶ Es kann vorkommen, dass D sehr klein, der AS-Durchmesser aber sehr groß ist.

Metriken

AS-Durchmesser

Neben dem Durchmesser der Hopanzahl sollte auch der AS-Durchmesser möglichst klein sein.

- ▶ $D := \max\{(p, q) \in P \times P, p \neq q \mid \# \text{Kanten in } (p, q) \text{ minimal}\}$
- ▶ $D_{AS} := \max\{(p, q) \in P \times P, p \neq q \mid \text{Pfadkosten minimal}\}$
- ▶ Pfadkosten = Summe der Kosten aller Kanten des Pfades
- ▶ Die beste (theoretische) Konstruktion ist das LAND Overlay-Netzwerk.

Metriken

AS-Durchmesser – Beispiel

Die Kosten einer Kante einer P2P-Verbindung innerhalb eines AS seien 0 und 1, wenn sie das AS verlässt.

Der höchste Grad eines Peers sei d .

Fall 1: Alle Kanten eines Peers verlassen das AS

- ▶ Damit ist der bestmögliche AS-Durchmesser $\log_{d-1} n$.

Metriken

AS-Durchmesser – Beispiel

Fall 2: Nur eine Kante eines Peers verlässt das AS

- ▶ Organisieren der Peers in Cliques der Größe $d - 1$ innerhalb der AS's.
- ▶ Vereinfachung: Anzahl der Peers in jedem AS ist $m \cdot (d - 1)$.
- ▶ Jede Clique sei dann ein Knoten mit Grad $d - 1$.
- ▶ Die Anzahl der Cliques ist $\frac{n}{d-1}$.
- ▶ Damit ist der Graphendurchmesser mindestens $\log_{d-2} \left(\frac{n}{d-1} \right)$.

Metriken

AS-Durchmesser – Ergebnis

Alle Kanten verlassen das AS: $D_{AS} = \log_{d-1} n$

Nur eine Kante verlässt das AS: $D_{AS} = \log_{d-2} \left(\frac{n}{d-1} \right)$

Wenn Verbindungen in andere AS's reduziert werden, wird ein besserer AS-Durchmesser erreicht.

Metriken

Flow Conductance

Kleiner Durchmesser der Hopanzahl und kleiner AS-Durchmesser reichen nicht aus, um die beste Performance zu erreichen.

So hat ein Baum sehr niedrige Hopanzahl- und AS-Durchmesser.

Der Ausfall eines Peers kann das Netzwerk in zwei Teile spalten.

Ideal wäre ein gut verzweigtes Netz, das Fehler ausgleichen und schnell Routen kann.

Ein Maß dafür ist die so genannte Flow Conductance.

Metriken

Flow Conductance

Sei $G = (V, E)$ ein gerichtetes Netzwerk mit Kantenbandweiten von $b: E \rightarrow \mathbb{R}^+$.

Sei $E(v)$ die Menge von ausgehenden Kanten des Knotens v .

Dann sei für alle Knoten $v \in V$ die Bandweite $b(v) = \sum_{e \in E(v)} b(e)$.

Für jede Teilmenge $U \subseteq V$ sei $b(U) = \sum_{v \in U} b(v)$.

Metriken

Flow Conductance

Jedes Knotenpaar $v, w \in V$ beansprucht die Bandweite $d_{v,w} = \frac{b(v) \cdot b(w)}{b(V)}$.

Jeder Knoten versucht, mit der vollen Bandweite jeder seiner Kanten zu senden.

Die Flow Conductance C ist ein Maß dafür, wie gut das Netzwerk mit dieser Last zurecht kommt.

Metriken

Flow Conductance – Formal

Sei λ der größtmögliche Wert, bei dem der Netzwerkverkehr noch brauchbar ist für $\lambda d_{v,w}$.

In einem Netzwerk gilt also $0 \leq \lambda \leq 1$.

Je größer λ ist, desto besser ist das Netzwerk.

Die Flow Conductance C ist das Inverse des größten λ .

Metriken

Zusammenfassung

Es wurden Metriken vorgestellt, die nützlich sind, um die Effizienz von P2P-Netzwerken bestimmen zu können.

Es wurde gezeigt, dass es lokalisierte Netzwerktopologien gibt, deren AS-Durchmesser und Flow Conductance sehr effizient sind.

Da angenommen wird, dass lokaler P2P-Traffic billiger ist, als über die Grenzen des AS hinweg, lohnen sich diese Netzwerkstrukturen.

Inhalt

Einleitung

Metriken

Eigenschaften der Netzwerkgraphen

Simulationen im echten P2P-System

Testlab Experimente

Zusammenfassung

Kritik

Literatur

Grapheigenschaften

Simulationsumgebung

Wie wirkt sich die Benutzung des Orakels auf die P2P-Overlay Topologie aus?

Simulationen mit „Subjects“-Umgebung

- ▶ 5 Graphen
- ▶ 300 AS's pro Graph
- ▶ 4.372 P2P Knoten gesamt, also durchschnittlich 14,6 Knoten pro AS
- ▶ Unterteilung jedes Graphen in unterschiedlich große AS's

Grapheigenschaften

Simulationsumgebung

P2P-Nachbarverbindungen werden hergestellt, indem ein Knoten zufällig ausgesucht wird und dieser entweder

- ▶ ausgeglichen (zu einem zufällig ausgesuchten Knoten) oder
- ▶ unausgeglichen (zu einem Knoten aus einer gegebenen Liste)

eine Verbindung herstellt.

Grapheigenschaften

Struktureigenschaften

Wird das Overlay-Netzwerk des Orakel-Graphen in unterschiedliche Teile gespalten, wenn Knoten ausfallen?

- ▶ Nein. Der Graph bleibt verbunden. Somit gibt es keine Beeinträchtigung des Overlay-Netzwerkes.

Wie ändert sich der Grad von P2P-Knoten von der ausgeglichenen zur unausgeglichenen Version?

- ▶ Der Grad ändert sich von durchschnittlich 9.138 (ausgeglichen) auf 8.8 (unausgeglichen) pro Knoten.
- ▶ Diese kleine Änderung impliziert, dass die Overlay-Netzwerkstruktur nicht ausschlaggebend beeinträchtigt wird.

Grapheigenschaften

Struktureigenschaften

Die durchschnittliche Pfadlänge und der AS-Durchmesser ändern sich nicht signifikant im unausgeglichenen (Orakel-)Netzwerk.

Die unausgeglichene Netzwerklösung beeinflusst die Struktur des Overlay-Netzwerkes nicht negativ.

Grapheigenschaften

Lokalität

Die Lokalität im Overlay-Netzwerk erhöht sich (gemessen am AS-Durchmesser).

Kleinerer AS-Durchmesser bedeutet geringere Latenz.

Ohne Orakel gehen nur 4% der Kanten eines Knotens in sein eigenes AS.

Mit Orakel sind es 59%.

Das Orakel sorgt dafür, dass der Traffic mit erhöhter Wahrscheinlichkeit innerhalb des AS's bleibt.

Grapheigenschaften

Flow Conductance

Ist das Netzwerk mit Orakel weiterhin dazu in der Lage, den Traffic mit niedriger Congestion zu routen?

Für kleine Graphen wird folgendes beobachtet:

- ▶ Ohne Orakel: $\lambda \geq 0,5$
- ▶ Mit Orakel: $\lambda \geq 0,25$

Das wirkt sich jedoch nur aus, wenn ein Benutzer etwas sucht, was sich nicht in seinem direkten Umfeld befindet.

Inhalt

Einleitung

Metriken

Eigenschaften der Netzwerkgraphen

Simulationen im echten P2P-System

Testlab Experimente

Zusammenfassung

Kritik

Literatur

Gnutella und SSFNet

Simulationsumgebung

SSFNet ist ein Netzwerksimulationstool
(<http://www.ssfnet.org>).

Implementierung von Gnutella als SSFNet-Anwendung.

Modifikation von Gnutella um die Benutzung eines Orakel-Services.

Zufällige Suchanfragen und Hinzukommen und Wegfallen von Peers.

Gnutella und SSFNet

Simulationsergebnisse – „Normales“ P2P ↔ Orakel-P2P

Konnektivität:

Der Graph bleibt während der gesamten Versuchszeit verbunden.

Durchschnittlicher Knotengrad:

Der Grad der Knoten verringert sich nur minimal über den Testzeitraum; die Netzwerkstruktur bleibt unverändert.

Graphdurchmesser:

Der Durchmesser des Overlay-Netzwerkes erhöht sich innerhalb der Normen.

Der Durchmesser des Underlay-Netzwerkes bleibt konstant.

Gnutella und SSFNet

Simulationsergebnisse – „Normales“ P2P ↔ Orakel-P2P

Durchschnittliche Overlay-Pfadlänge:

Keine signifikante Änderung.

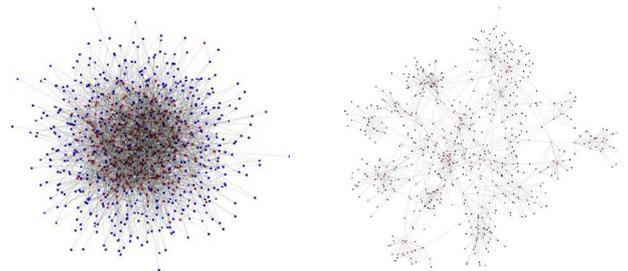
Durchschnittliche AS-Entfernung:

Die meisten P2P-Verbindungen bleiben innerhalb des AS's und P2P-Traffic erzeugt keine Bottlenecks zwischen ISPs.

Die Simulationsergebnisse mit Gnutella weichen kaum von den theoretischen Simulationen ab.

Gnutella und SSFNet

Simulationsergebnisse – „Normales“ P2P ↔ Orakel-P2P



Herkömmliches P2P

P2P mit Orakel

Quelle: Paper

Inhalt

Einleitung

Metriken

Eigenschaften der Netzwerkgraphen

Simulationen im echten P2P-System

Testlab Experimente

Zusammenfassung

Kritik

Literatur

Testlab Experimente

Tests mit echten P2P-Anwendungen in echten (lokalen) Netzwerken.

15 Computer, auf denen je 3 Instanzen von Gnutella-Anwendungen laufen.

Zwei Schemata:

1. Jeder Knoten bietet 6 Dateien an.
2. Aufteilung in Ultrapeers (12 Dateien), deren Hälfte der Blattknoten je 6 Dateien anbieten, die andere Hälfte keine.

In beiden Schemata werden jeweils insgesamt 270 Dateien angeboten.

Testlab Experimente

Ergebnisse

Alle Anfragen, die im herkömmlichen P2P-Netzwerk abgearbeitet wurden, werden auch im „Orakel-Netzwerk“ abgearbeitet.

Die Nachrichten (Anfragen und Antworten) neigen dazu, innerhalb der jeweiligen AS's zu verbleiben.

Inhalt

Einleitung

Metriken

Eigenschaften der Netzwerkgraphen

Simulationen im echten P2P-System

Testlab Experimente

Zusammenfassung

Kritik

Literatur

Zusammenfassung

Es wurde ein Vorschlag erbracht, wie die Kosten für ISPs reduziert werden können, indem sie P2P-Benutzern lokalisierte Verbindungen anbieten.

P2P-Benutzer können mit verbesserten Latenzen und Geschwindigkeiten rechnen.

Mit den vorgestellten Metriken wurden die Effektivität des Orakel-Systems und die Verbesserungen gegenüber herkömmlichen P2P-Netzwerken gezeigt.

Inhalt

Einleitung

Metriken

Eigenschaften der Netzwerkgraphen

Simulationen im echten P2P-System

Testlab Experimente

Zusammenfassung

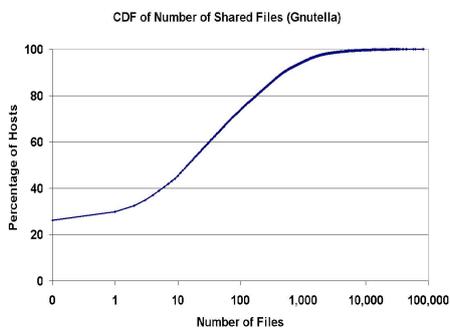
Kritik

Literatur

Kritik

Testlab:

6 Dateien pro Knoten, 45 P2P-Anwendungen, 270 Dateien gesamt



Quelle: Stefan Saroiu, P. Krishna Gummadi, Steven D. Gribble: „A Measurement Study of Peer-to-Peer File Sharing Systems“, University of Washington, Seattle, 2002

Kritik

„Subjects“-Simulation:

Gute Flow Conductance nur, wenn der Benutzer etwas sucht, was sich in seinem direkten Umfeld befindet.

Allgemeines:

Wie teuer ist es wirklich, wenn Netzwerkverkehr ein Autonomes System verlässt? (Monatliche Gebühren, Kosten der Hardware, usw.)

Wie groß sind die zu tauschenden Daten? (Metrik)

Wie aussagekräftig ist die Studie? (Paper: 2007, Gnutella: 2000, Gnutella2: 2002)

Kritik

Wie realistisch ist es, dass ISPs Infrastrukturen wie Orakelsysteme einrichten, um sich und P2P-Benutzern zu helfen?

Literatur

- ▶ Aggarwal, Vinay / Feldmann, Anja / Scheideler, Christian (2007): *Can ISPs and P2P Users Cooperate for Improved Performance?* Berlin/München: ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 37, No. 3, 31-40.
<http://www.net.t-labs.tu-berlin.de/papers/AFS-CIP2PIP-07.pdf>
- ▶ Schulze, Hendrik / Mochalski, Klaus (2009): *Internet Study 2008/2009*. Leipzig: ipoque.
http://www.ipoque.com/resources/internet-studies/internet-study-2008_2009
- ▶ Abraham, Ittai / Malkhi, Dahlia / Dobzinski, Oren (2004): *LAND: Stretch $(1 + \epsilon)$ Locality-Aware Networks for DHTs*. Jerusalem: SODA
<http://www.cs.huji.ac.il/~ittai/papers/LAND-SODA.pdf>
- ▶ Saroiu, Stefan / Gummadi, P. Krishna / Gribble, Steven D. (2002): *A Measurement Study of Peer-to-Peer File Sharing Systems*. Seattle: MMCN'02
<http://www.cs.washington.edu/home/gribble/papers/mcn.pdf>

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!