

# Dienstgüte in strukturierten hierarchischen Overlay Netzwerken

Leo Petrak, Simon Rieche, Klaus Wehrle  
Protocol-Engineering & Verteilte Systeme  
Universität Tübingen  
*vorname.nachname@uni-tuebingen.de*

**Abstract:** Strukturierte Peer-to-Peer (P2P) Netzwerke weisen heutzutage immer weniger Fehleranfälligkeit oder signifikante Skalierbarkeitsprobleme auf. Sie bilden daher eine gute Basis für anspruchsvolle Aufgaben, wie z.B. Gruppenkommunikation oder Online-Spiele. Overlay-Netze bilden ein logisches Netzwerk für Anwendungen und ermöglichen logische Verbindungen zwischen den beteiligten Knoten, berücksichtigen aber meistens bei ihrer Konstruktion lediglich einzelne Parameter, wie Verzögerung oder Bandbreite. Sie unterstützen aber nicht Anwendungen, die mehrere Qualitätseigenschaften gleichzeitig erfordern.

Dafür soll ein neues Konzept entwickelt werden, welches das Wissen über das physische Netzwerk nutzt, um eine entsprechende Overlay-Struktur zu formen. Damit sollen Anwendungen wie Online-Kollaboration, Online-Spiele oder Videokonferenzen adäquat unterstützt und entsprechende Dienstgüten realisiert werden.

## 1 Einführung

Viele moderne Netzwerkanwendungen benötigen zunehmend eine Multicast-ähnliche Kommunikationsunterstützung [CRZ00]. Alle Gruppenkommunikationsanwendungen, egal ob sie das Multicast- oder Multipeer-Paradigma realisieren, erzeugen, verwalten und verteilen große Mengen von Nachrichten [SBK02, BLBS03]. In einem IP Multicast-fähigen Netzwerk werden diese Zustände in Routern verwaltet, was bei steigender Teilnehmerzahl zu hoher Komplexität führen kann. Eine einfachere und flexiblere Lösung ist es, diese Management-Aufgaben am Rand des Netzes zu betreiben, d.h. sie an die teilnehmenden Knoten zu verteilen. Dadurch ergeben sich jedoch Nachteile, sowohl bei der Geschwindigkeit als auch bei der Zuverlässigkeit, was aber im Vergleich zu der dadurch erzielten Flexibilität und Unabhängigkeit akzeptabel erscheint. Generell benötigt fast jede Gruppenkommunikationsanwendung eine Dienstgüteggarantie, um ihre Ziele erreichen zu können, z.B. eine Zustellgarantie für die gemeinsam erarbeiteten Daten innerhalb einer kollaborativen Umgebung. Teilnehmer eines Peer-to-Peer (P2P) Netzwerkes können u.a. ihre Bandbreite, Lokation oder vorhandene Ressourcen nutzen, um mit geringem Aufwand das Management ihres Netzes selbst zu organisieren [TW03].

Jedoch sind heutzutage viele Teilnehmer eines P2P-Systems nicht bereit, ihre vorhandenen Ressourcen mit anderen zu teilen, sondern beschränken sich meistens auf das Konsumieren von Diensten. Außerdem kommt es selten zu einer Aggregation von Ressourcen, z.B. für eine Gruppenkommunikationsaufgabe. Es lassen sich aber zahlreiche Vorteile für Anwendungen der Gruppenkommunikation finden, wenn die teilnehmenden Knoten ihren Ressourceneinsatz maximieren und dies den anderen Benutzern unbeschränkt zur Verfügung stellen würden [BXL03, THD04, BB01].

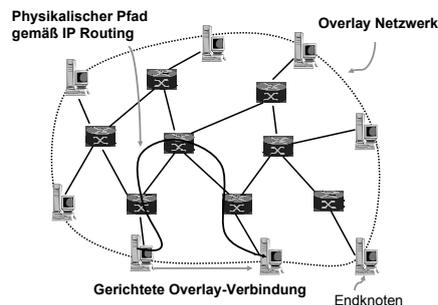


Abbildung 1: Beispiel für ein Overlay Netzwerk.

Die Herausforderung ist es, ein solches Netzwerk aufzubauen, das allen Teilnehmern eine faire Zuteilung der gemeinsamen Ressourcen garantiert.

## 2 Strukturierte hierarchische Peer-to-Peer-Netzwerke

Peer-to-Peer-Systeme lassen sich generell in strukturierte (Beispiele: Chord [Sea01], Pastry, CAN [RFH<sup>+</sup>01]) und unstrukturierte (Beispiele: Gnutella, Narada-1) Ansätze unterscheiden. Bis heute wurden zahlreiche Ansätze für die Konstruktion von strukturierten hierarchischen Netzwerken vorgeschlagen.

Jeder dieser Ansätze weist Vorteile für bestimmte Arten von Anwendungen auf, aber nur wenige berücksichtigen die zahlreichen und komplexen Eigenschaften der Peers, um die entstehenden Netze zu konfigurieren und bei Bedarf im laufenden Betrieb zu justieren. Heutzutage werden bei der Konstruktion von Overlay Netzwerken nur einzelne Parameter (typisch: Bandbreite oder Verzögerung) berücksichtigt, eine Methode für das Miteinbeziehen von beliebigen Parametern fehlt jedoch. Ein genereller Ansatz würde sowohl die zunehmend dynamische Charakteristik solcher Netzwerke im Bezug auf Rekonfiguration, Anpassbarkeit, Robustheit, etc. unterstreichen, als auch die Qualität der in solchen Systemen angebotene Dienste erhöhen.

In hierarchischen Overlay Topologien sind die Knoten (Peers) in Gruppen (Clusters) organisiert. Jeder der Cluster kann im Allgemeinen seine eigene Topologiestruktur aufweisen. Der Ausfall eines einzelnen Knoten betrifft dadurch nur seine direkte Nachbarschaft, die anderen Cluster arbeiten weitgehend ohne Beeinflussung ihrer Funktionalität weiter.

Eines der ersten annähernd hierarchischen Protokolle ist Narada. Es erweist sich als relativ geeignet für kleine Gruppen von Benutzern. Jedoch fehlen manche Fähigkeiten wie schnelle Rekonfiguration, Zuverlässigkeit und gute Skalierbarkeit teilweise. NICE [LSB03] ist ein weiteres Protokoll, das für bandbreitenintensive Anwendungen konzipiert wurde. Es kann große Mengen von Knoten verwalten, ist vollständig hierarchisch organisiert und läßt sich für viele Arten von Anwendungen anpassen. Speziell für Video Streaming wurde das ZigZag Protokoll [THD03] entwickelt. Es erweitert das Konzept von NICE indem es eine zusätzliche Aufgabenverteilung innerhalb einzelner Cluster bewirkt, die Trennung der Verantwortlichkeiten für die Datenverteilungs- und Kontrollaufgaben.

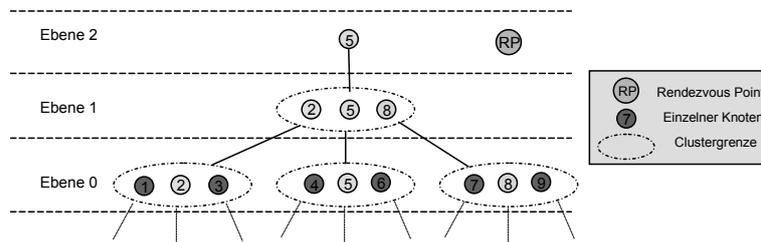


Abbildung 2: Cluster in einem Overlay Netzwerk.

### 3 Modellbeschreibung

Eine Fragestellung ist, wie ein hierarchisches und für die Gruppenkommunikation geeignetes Overlay Netzwerk schnell und effizient konstruiert werden kann. Dabei soll die Platzierung und die Aufgabenverteilung der einzelnen Knoten deren Eigenschaften (lokale Lage, Bandbreite, Delay, Mobilität, etc.) widerspiegeln, und die Teilnehmer solcher Netze sollen motiviert werden, mehr miteinander zu kommunizieren, Informationen auszutauschen und eigene Ressourcen zunehmend für Dritte zur Verfügung zu stellen. Dies soll jedoch bandbreitenschonend, reaktionsschnell und zuverlässig ablaufen. Die beiden Hauptziele sind:

- Verbesserung der Dienstgüte für Peer-to-Peer-Systeme.
- Vereinfachung des Beitritts, der gemeinsamen Ressourcen-Nutzung und Austausch-Aufgaben für Ressourcen-schwache Knoten durch Übernahme, bzw. Unterstützung durch Ressourcen-stärkere Knoten.

Das Konzept berücksichtigt konzeptionell alle möglichen Charakteristika der teilnehmenden Knoten, und beinhaltet sowohl die physischen Netzwerkeigenschaften, wie die Art der Anbindung (Modem, LAN, ad-hoc Netzwerk, etc.) als auch die Verzögerung, Jitter, geographische und netzwerktopologische Lage, Mobilitätsmodell, etc. Alle diese Parameter können benutzt werden, um Knoten zu positionieren und ihnen Aufgaben zuzuteilen.

Ein Knoten kann in der Cluster-Hierarchie nach oben wandern (Abb.2), wenn er die besten Eigenschaften innerhalb des lokalen Clusters für eine bestimmte Aufgabe aufweist. Jeder Aufstieg in der Hierarchie ist mit wachsenden Aufgaben, bzw. Verantwortung verbunden.

Der Knoten könnte aber auch einen Teil seiner Ressourcen dazu verwenden, schwächere Knoten zu unterstützen, indem seine Ressourcen von anderen gemeinsam benutzt werden. In diesem Konzept kann das vorausschauend erfolgen, weil die Knoten ihre Fähigkeiten kennen (zumindest innerhalb einer Nachbarschaft). Sie können dadurch dynamisch auf die Veränderungen im Netz reagieren, weil sie regelmäßig über Änderungen unterrichtet werden. Ressourcen-starke Knoten können auch Aufgaben in einem höher liegenden Cluster übernehmen, wenn ihre aktuellen Ressourcen dies zulassen.

Durch das Einführen von Gewichtungsfaktoren für die einzelnen Metriken lässt sich eine gezielte Beeinflussung der Klassifizierung der Knoten, inkl. dem Ausblenden der einzelnen Parametern, erreichen, was im Hinblick auf die Dienstgüte eine sehr flexible und robuste Lösung darstellt. Dieser Ansatz ermöglicht auch eine gute Anpassung der benutzten Anwendungen an die aktuelle Netzwerksituation. So müssen, um z.B. ein Chan-

cengleichheitsszenario für Online-Gaming zu gewährleisten, Parameter wie Bandbreite, Verzögerung und Jitter zu einer Metrik zusammengefasst und entsprechend der Auswertung ein Netzwerk konstruiert werden. Für eine Online-Gaming Anwendung könnte die Gewichtung der oben genannten Faktoren z.B. im Verhältnis 1:4:1 stehen, für eine Videokonferenzanwendung könnte dieses Verhältnis z.B. 3:3:2 betragen.

#### 4 Zusammenfassung

Ein Overlay Netzwerk, welches das Wissen über die darunter liegende physische Struktur besitzt, bietet eine bessere Unterstützung für anspruchsvolle Anwendungen (Gruppenkommunikation, Online-Gaming). Die Konstruktion solcher Netzwerke auf der Basis einer hierarchischen Overlay Struktur verspricht viele der heutzutage existierenden Probleme zu lösen.

Das Netzwerk berücksichtigt die Eigenschaften einzelner Knoten und kann sich dynamisch den Veränderungen anpassen. Durch ein gezieltes Gewichten einzelner Eigenschaften lassen sich Netzwerke erzeugen, die gegebenen Randbedingungen genügen. Die Ressourcen einzelner Knoten lassen sich dadurch aggregieren und z.B. gleichmäßig innerhalb der aufgebauten Hierarchie verteilen.

Durch das sorgfältige Platzieren von Knoten mit Berücksichtigung ihrer aktuellen Eigenschaften lassen sich Schwachstellen des Netzes dynamisch beheben und z.B. Ersatzpfade erzeugen, wenn die aktuelle Situation dies verlangt. Hierarchische Overlay Strukturen, die auf mehreren Metriken basieren, scheinen sehr robust, flexibel und stabil zu sein, was sie insbesondere für Gruppenkommunikations-Anwendungen sehr attraktiv macht.

#### Literatur

- [BB01] S. Banerjee und B. Bhattacharjee. A Comparative Study of Application Layer Multicast Protocols, 2001.
- [BLBS03] S. Banerjee, S. Lee, B. Bhattacharjee und A. Srinivasan. Resilient Multicast using Overlays. In *ACM SIGMETRICS*, San Diego, CA, 2003.
- [BXLT03] S. Banerjee, Z. Xu, S. Lee und C. Tang. Service Adaptive Multicast for Media Distribution Networks. Bericht HPL-2003-42R1, HP, 2003.
- [CRZ00] Y. Chu, S. Rao und H. Zhang. A Case for End System Multicast. In *ACM SIGMETRICS*, Santa Clara, CA, 2000.
- [LSB03] S. Lee, R. Sherwood und B. Bhattacharjee. Cooperative Peer Groups in NICE. In *IEEE INFOCOM*, San Francisco, CA, 2003.
- [RFH<sup>+</sup>01] S. Ratnasamy, P. Francis, M. Handley, R. Karp und S. Shenker. A Scalable Content-Addressable Network. In *ACM SIGCOMM*, San Diego, CA, August 2001.
- [SBK02] S. Banerjee, B. Bhattacharjee und C. Kommareddy. Scalable Application Layer Multicast. In *ACM SIGCOMM*, Pittsburgh, Pennsylvania, August 2002.
- [Sea01] I. Stoica und R. Morris et al. Chord: A scalable peer-to-peer lookup protocol for Internet applications. In *ACM SIGCOMM*, San Diego, CA, 2001.
- [THD03] D. Tran, K. Hua und T. Do. ZIGZAG: An Efficient Peer-to-Peer Scheme for Media Streaming. In *IEEE INFOCOM*, San Francisco, CA, 2003.
- [THD04] D. Tran, K. Hua und T. Do. A peer-to-peer architecture for media streaming. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Special Issue on Advances in Service Overlay Networks*, 22:121–133, 2004.
- [TW03] S. Tan und G. Waters. Building Low Delay Application Layer Multicast Trees. In *4th Annual PostGraduate Symposium: The Convergence of Telecommunications, Networking and Broadcasting*, Liverpool, June 2003.