

# Verlässliche Peer-to-Peer Technologie als Steuerungsverfahren für zukünftige mobile Zugangsnetze

Dipl.-Inf. Frank-Uwe Andersen, Siemens Communications Mobile Networks, Berlin, Deutschland

Dr. Kurt Tutschku, Dipl.-Inf. Tobias Hoßfeld, Dipl.-Inf. Simon Oechsner, Universität Würzburg, Deutschland

## Kurzfassung

Gegenstand unserer Untersuchung ist der Einsatz von verlässlicher „Peer-to-Peer“ (P2P) Technologie innerhalb Betreiber-eigener Kernnetze mit dem Ziel, eine Dezentralisierung von Steuerungsdiensten zu erreichen. Als Anwendung besonders aussichtsreich erscheint die Unterstützung von Handover-Vorgängen in heterogenen Radio-Zugangsnetzen (z.B. 802.11x und 3G). Während hierfür zwar recht schnell P2P-Lösungen gefunden werden können, die grundsätzlich funktionieren, besteht die Herausforderung darin, die als immanent angenommenen Vorteile von P2P wie Skalierbarkeit, Selbstorganisation und Robustheit [1] den hohen Anforderungen von Betreibern nach „Verlässlichkeit“ gegenüberzustellen, und, wo möglich, die Zuverlässigkeit zu erhöhen. Anhand zweier Beispiele werden solche Optimierungen beschrieben. Als Referenz dienen ein neues Handover-Verfahren für „Beyond 3G“ (B3G) Netze mit heterogenen Funktechniken sowie ein verallgemeinertes, klassisches Netzwerkmanagement in 3G-Netzen.

## 1 Einleitung

Seit mehreren Jahren erleben P2P Netze und Anwendungen, die der Familie der verteilten Systeme zugeordnet sind, eine Renaissance. Sie sorgen dafür, dass der Aspekt der direkten Interaktion zwischen Endsystemen untereinander und speziell die dezentrale Erbringung von bisher zentralen Diensten in den Vordergrund gerückt wird, in Abkehr vom client-server-Prinzip. Die Kopplung mit der Technologie des paketorientierten Telefonierens ergab Dienste wie das bekannte „Skype“. Die Bildung einer entsprechenden Arbeitsgruppe „P2PSIP“ in der IETF steht kurz bevor. Im Vordergrund dieses Beitrages steht die Unterstützung von netzinterner Signalisierung und Steuerung.

Wenn es auch bereits viele Definitionsversuche von P2P gibt, lässt sich unser Verständnis von P2P wie folgt formulieren: Eine möglichst nicht geringe Anzahl von Netzknoten teilt untereinander Ressourcen (Speicher, CPU, Informationen) so auf, dass sie kooperativ von der Gesamtheit genutzt werden können, insbesondere ohne den Einsatz von spezialisierten Netzknoten, welche globales Wissen über die Ressourcen haben.

Ebenfalls vielfältig belegt ist der Begriff der „carrier-gradeness“. Wir definieren dagegen eine eigene Kenngröße in Kapitel 2, die hiermit vereinbar, jedoch nicht auf die meist auf Hardware-Angaben bezogenen sog. „fünf Neunen“, 99.999%, beschränkt ist.

Die Wahl der Anwendungen „vertikaler Handover“ und „Netzwerkmanagement“ war das Ergebnis eines

Auswahlverfahrens für die Anwendbarkeit von P2P Technologie im Mobilfunk-Kernnetz, siehe auch [2].

## 2 P2P und Verlässlichkeit

Für P2P Systeme sind zwei Eigenschaften im Rahmen unserer Betrachtungen zentral: *Leistungsfähigkeit* und *Robustheit*. Die gegenseitige Abstimmung beider Eigenschaften kann dabei zu einem Zielkonflikt führen, so dass eines zu Lasten des anderen geht. Die Konvergenz beider Eigenschaften kennzeichnet ein Charakteristikum, das für den tatsächlichen Einsatz eines P2P Systems zum Beispiel im Mobilfunk wesentlich ist: Verlässlichkeit.

Das Merkmal *Robustheit* kann durch die Wahrscheinlichkeit dafür ausgedrückt werden, dass eine Suchanfrage erfolgreich beantwortet wird, auch wenn Netzknoten ausfallen. Das Merkmal *Leistungsfähigkeit* kann für unsere Zwecke durch die Wahrscheinlichkeit erfasst werden, wie oft die o.a. Suchanfrage zeitlich innerhalb bestimmter Grenzen bleibt.

Die *Verlässlichkeit* als Kombination dieser beiden kann damit als die Fähigkeit eines Systems gesehen werden, nach Knoten-Ausfällen die Funktionalität wiederherzustellen und dabei nicht wesentlich an Leistungsfähigkeit zu verlieren. Für P2P Systeme wird die Verlässlichkeit durch Selbstorganisation erreicht.

## 3 Anwendung auf mobile Zugangsnetze

Zwei algorithmisch auf P2P basierende Systeme werden hier vorgestellt. Sie wurden in Richtung Verlässlichkeit weiterentwickelt und mit einer Ereignis-

orientierten Simulation leistungsbewertet. Anhand der Modifikation eines existierenden, jedoch zentralistisch konzipierten Ansatzes für ein hybrides Handover-Informationssystem für heterogene Zugangsnetze [1] wird eine Alternative mittels P2P entwickelt (Abb. 1). Bei dieser erfolgen sowohl die Datenspeicherung wie auch die Datenaufbereitung dezentral auf Ebene der jeweiligen Zugangsknoten einer Technologie, zum Beispiel NodeB (UMTS) und Access Points (WLAN). Im zweiten vorgestellten System wird mittels P2P Technologie ein verteiltes Netzwerkmanagement für B3G realisiert.

Die Steigerung der Verlässlichkeit kann durch Verbesserung der Leistungsfähigkeit oder der Robustheit erreicht werden. Für beides werden im Folgenden die oben angesprochenen Systeme näher erläutert.

### 3.1 Merkmal Leistungsfähigkeit

Durch Modifikation eines existierenden, jedoch zentralistisch konzipierten Ansatzes für ein hybrides Handover-Informationssystem in heterogenen Zugangsnetzen [1] wird eine Alternative mittels P2P entwickelt (Abb. 1). Bei dieser erfolgen sowohl die Datenspeicherung wie auch die Datenaufbereitung dezentral auf Ebene der jeweiligen NodeB (UMTS) und Access Points (WLAN).

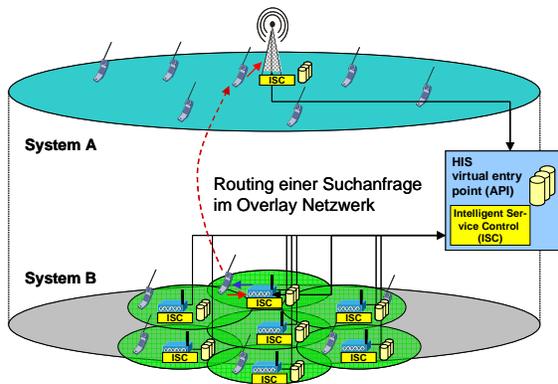


Abbildung 1 Dezentrales, P2P basiertes Handover-Informationssystem (HIS)

Mittels eines neu eingeführten Geo-Location-Hashings [6, 7, 10] und Pastry prefix-matching können nicht nur scharfe oder unscharfe ortsbezogene Anfragen bearbeitet werden, sondern auch Daten lokal nahe der Orte gespeichert und verarbeitet werden, an denen sie später benötigt werden. Zusätzlich wird das Auffinden nächstgelegener Zugangsknoten (attachment points) anderer Zugangstechnologien ermöglicht. Die Folge ist eine deutliche Leistungssteigerung beim Suchen, was mittels der Suchzeit (Abb. 2) oder anschaulich anhand der Anzahl der zu durch-

laufenden Knoten beim Suchen (Abb. 3) bewertet werden kann. In Abb. 2 wird die CDF gezeigt für eine Server-basierte, zentrale Lösung (blau), sowie für eine P2P-basierte Lösung, die auf Pastry beruht und entsprechend modifiziert wurde, um die Leistungsfähigkeit zu steigern. Abb. 3 zeigt, dass durch die Modifikationen am Pastry-Algorithmus ein Verhalten erreicht wird, das bereits nahe bei der Server-basierten Lösung liegt. In Kombination mit der Eigenschaft, dass die Entfernung zu dem Datenspeicherort aber durchschnittlich wesentlich kleiner ist als beim Design mit einem zentralen Server (der weit weg aufgestellt sein kann), wird die Leistungsfähigkeit der Server-Variante sogar übertroffen im Hinblick auf die Ausbreitungsverzögerung und die damit verbundene Suchzeit.

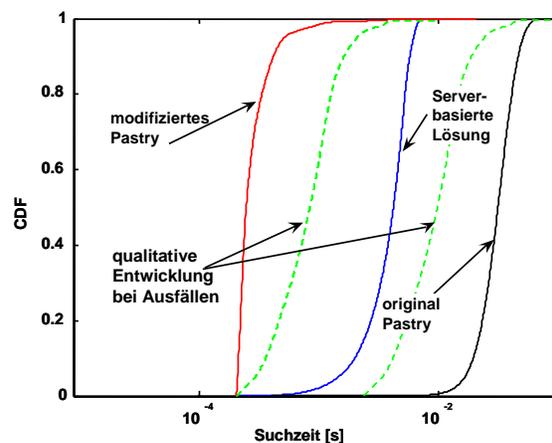


Abbildung 2 Leistungsfähigkeit in Bezug auf Suchzeit

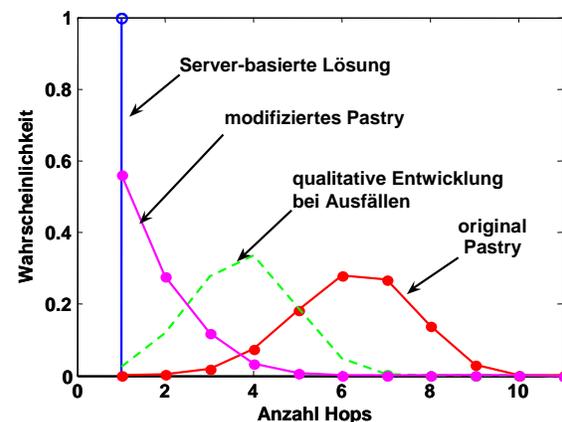


Abbildung 3 Leistungsfähigkeit in Bezug auf Hops

### 3.2 Merkmal Robustheit

Am Beispiel „verteiltes Netzmanagement“ führen wir die Steigerung des Merkmals Robustheit aus. Abb. 4 zeigt ein Netz mit zwei unterschiedlichen Funktechnologien. Alle Knoten sind direkt oder indirekt via P2P Overlay erreichbar. Letzteres ermöglicht auch, dass existierende oder neu hinzukommende Knoten, abhängig von ihrer Geo-Position über Nachbarschaftsbeziehungen automatisch informiert werden können und notwendige Konfigurationsparameter oder Statusinformationen als Dienst vom P2P-Netz erhalten, sobald sie Teil des Overlays sind und entsprechende Anfragen an beliebige, erreichbare Nachbarn stellen.

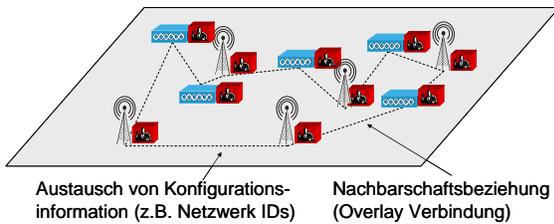


Abbildung 4 Verteiltes Netzmanagement

Eine Fragestellung ist nun, ob und wie schnell sich neu hinzugekommene oder verändernde Knoten im Overlay anmelden können und eine für den stabilen Betrieb ausreichende Anzahl von Nachbarn finden. Wir haben für einen modifizierten Kademia Algorithmus [9] das Simulationsergebnis aus Abb. 5 erhalten. Es besagt, dass eine deutliche Stabilisierung bereits nach kurzer Zeit möglich ist. Gemessen wurde die Anzahl der den teilnehmenden Knoten bekannten Nachbarn, was als ein Maß für den Grad der durch die Selbstorganisation erzielten Robustheit betrachtet werden kann. Zugrunde gelegt wurden die Zeitpunkte, bei dem alle Knoten im Overlay registriert waren (rote Kurve), sowie kurze Zeit später, während der die Zugangsknoten Nachrichten zur Stabilisierung des Netzes selbständig austauschen (blaue Kurve). Die benötigte Zeitspanne ergibt sich dabei als Trade-Off Parameter aus dem durch diesen Nachrichtenaustausch bedingten Overhead.

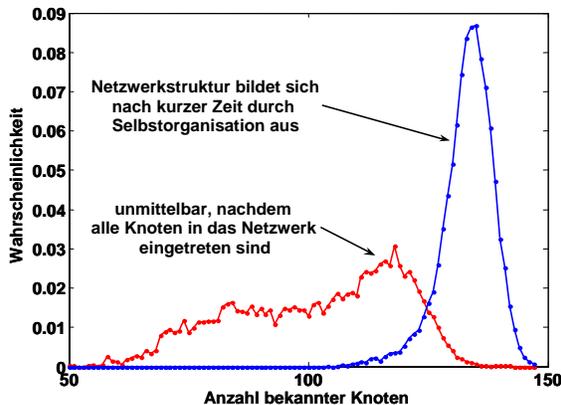


Abbildung 5 Robustheit des Netzes wird durch Selbstorganisation erreicht

## 4 Zusammenfassung

P2P ist zwar grundsätzlich als unzuverlässig anzusehen aufgrund des im P2P Einsatz-Umfeld sehr häufig zu beobachtenden Ausfall-(„churn“-Verhaltens von Knoten sowie der Unabhängigkeit der Knoten voneinander. Dem wird jedoch durch Selbstorganisation und geeignete Maßnahmen begegnet [MP2Pa, MP2Pb]. Standardverfahren können damit erheblich in Richtung verlässlicher Systeme weiterentwickelt werden anhand geeigneter Metriken für Leistungsfähigkeit und Robustheit. Weitergehende Untersuchungen sind jedoch notwendig, die die orthogonalen Eigenschaften, deren Interaktion sowie das Verhalten bei Ausfällen von Knoten untersuchen, was bisher [8] hauptsächlich nur für Standardalgorithmen erfolgte.

Die präsentierten Ergebnisse stellen eine Zusammenfassung von Ergebnissen eines vor kurzem abgeschlossenen Forschungsprojektes von Siemens Communications mit der Universität Würzburg dar.

## 5 Literatur

- [1] Matthias Siebert, Daniel Bültmann, and Matthias Lott. *Inter-system handover and coverage detection for 3G/WLAN cooperation*. In the Proceedings (invited) of 11th European Wireless Conference 2005, Nicosia, Cyprus, Apr 2005, pp. 328–336.
- [2] F.-U. Andersen. *Carrier-Grade P2P – Ansätze zur Selbstorganisation und Dezentralisierung in mobilen B3G-Netzen*. VDE ITG Fachbericht 187, Juni 2005, Osnabrück
- [3] A. Binzenhöfer, D. Staehle, R. Henjes. *On the Stability of Chord-based P2P Systems*. GLOBE-COM 2005, St. Louis, MO, USA, November 2005.
- [4] A. Binzenhöfer, K. Tutschku, B. auf dem Graben, M. Fiedler, P. Arlos. *A P2P-based Framework for Distributed Network Management*. In the Proceedings of New Trends in Network Architectures and Services, LNCS 3883, Lovenno di Menaggio, Como, Italien, 2006.
- [5] S. Chevul, A. Binzenhoefer, M. Schmid, K. Tutschku, M. Fiedler. *A Self-Organizing Concept for Distributed End-to-End Quality Monitoring*. Technical Report No. 378, Institut für Informatik, Universität Würzburg, Dezember 2005.

- [6] T. Hoßfeld, S. Oechsner, K. Tutschku, F.-U. Andersen, L. Caviglione. *Supporting Vertical Handover by Using a Pastry Peer-to-Peer Overlay Network*. Mobile Peer-to-Peer Computing MP2P'06, in conjunction with the 4th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'06), Pisa, Italien, März 2006.
- [7] T. Hoßfeld, S. Oechsner, K. Tutschku, F.-U. Andersen. *Evaluation of a Pastry-based P2P Overlay for Supporting Vertical Handover*. IEEE Wireless Communications and Networking Conference, Las Vegas, NV, USA, April 2006.
- [8] G. Kunzmann, A. Binzenhöfer, and R. Henjes. *Analyzing and Modifying Chord's Stabilization Algorithm to Handle High Churn Rates*. MICC & ICON 2005, Kuala Lumpur, Malaysia, November 2005.
- [9] S. Oechsner, T. Hoßfeld, K. Tutschku, F.-U. Andersen, L. Caviglione. *Using Kademia for the Configuration of B3G Radio Access Nodes*. Mobile Peer-to-Peer Computing MP2P'06, in conjunction with the 4th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'06), Pisa, Italien, März 2006.
- [10] S. Oechsner, T. Hoßfeld, K. Tutschku, F.-U. Andersen. *Supporting Vertical Handover by a Self-Organizing Multi-Dimensional P2P Overlay*. IEEE 63rd Vehicular Technology Conference, Melbourne, Australien, Mai 2006.
- [11] K. Tutschku, H. de Meer. *Network Efficient P2P-Services and their Management*. Tutorial at ITC 18, Berlin, Deutschland, August 2003.
- [12] K. Tutschku, P. Tran-Gia. *Traffic Characteristics and Performance Evaluation of Peer-to-Peer Systems*. *Peer-to-Peer-Systems and Applications*. In R. Steinmetz, K. Wehrle (Ed.) Springer, Juli 2005.