



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Ausarbeitung Anwendungen 2

Jan Schönherr

Approaches For Mobile Peer-To-Peer
Environments

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Aktuelle Forschungsthemen	3
3	P2P-Protokolle für mobile Umgebungen	5
3.1	MADPastry	5
3.2	Virtual Ring Routing	7
3.3	Location-Aware Wireless Mobile P2P	7
3.4	Vergleich der Protokolle	8
4	P2P-Anwendungen in mobilen Umgebungen	9
4.1	Shark	9
4.2	MobiTip	10
4.3	Bewertung der beiden Anwendungen	11
4.4	iClouds	11
5	Fazit und Ausblick	12

1 Einleitung

Die Welt von morgen wird zunehmend ubiquitär und mobil. Das allgegenwärtige Rechnen ist in diesem Zusammenhang eine Entwicklung in den Bereichen Informationsverarbeitung und Kommunikation. Heutzutage trägt bereits jeder ein mobiles Gerät mit sich herum. Mobile Geräte werden dabei immer leistungsfähiger. Sie erhalten mehr Speicherplatz, mehr Rechenleistung und die Fähigkeit, sich zu Drahtlosnetzwerken zu verbinden. Dies geschieht mit Hilfe der 802.11 Standards, den WLAN Standards. Aber sie können sich auch ad-hoc über WLAN oder Bluetooth zu mobilen Ad-Hoc-Netzwerken (MANETs) zusammenschließen. Hierdurch könnte die Möglichkeit geschaffen werden, zukünftig auf eine Mobilfunkinfrastruktur zu verzichten. Der Bedarf für Server und Provider würde entfallen, und es könnten zu jeder Zeit an jedem Ort flexible Systeme entstehen.

Anwendungen lassen sich auf beinahe sämtlichen Mobiltelefonen vom Anwender installieren. Das ermöglicht diesen, an MANETs teilzunehmen. Diese Netzwerke werden bereits für eine Vielzahl an Anwendungen genutzt. Interessant wird es sein, die Möglichkeit von Person-zu-Person-Verbindungen auszuloten, bei denen Leute über ihre mobilen Geräte miteinander kommunizieren. Dabei sollen relevante Informationen und Daten ausgetauscht werden. Es soll ermöglicht werden, dass Situationen erschaffen werden, in denen Leute spontan und opportunistisch miteinander interagieren können. Nach dem Motto von Winer: „The P in P2P is People“ [Winer (2000)].

Dazu zeigt sich eine Entwicklung von Mobiltelefonen in Richtung mobiler Informationsumgebungen. Hier wird das Mobiltelefon zum Informationsbroker, zur Informationszentrale der modernen Zeit.

Mit der Verbreitung von MANETs wird es zunehmend interessant, verteilte Anwendungen, die man aus dem Internet kennt, hin zu MANETs zu portieren. Im Internet haben sich Distributed-Hash-Tables (DHTs) als Bausteine für Peer-to-Peer(P2P)-Applikationen bewährt. Allerdings sind DHTs nicht geeignet, um sie direkt auf MANETs zu übertragen, da sie weitestgehend das physikalische Routing nicht beachten. Trotzdem passen sowohl MANETs als auch P2P-Systeme gut zueinander, da sie eine Reihe von gleichen Anforderungen miteinander teilen. Vgl. [Conti u. a. (2004)].

In dieser Ausarbeitung werden aktuelle Forschungsarbeiten und Anwendungen betrachtet, die sich mit der Integration von P2P-Protokollen in mobilen Umgebungen auseinandersetzen. In Abschnitt 5 wird aus diesen Themen zusammenfassend ein Thema für die Masterarbeit abgeleitet.

2 Aktuelle Forschungsthemen

In diesem Abschnitt sollen zunächst offene Forschungsfelder betrachtet werden, die es im Themenbereich der P2P-Systeme für Drahtlosnetze gibt. Nach [Lindemann und Waldhorst (2006)] lassen sich diese in fünf Kategorien unterteilen:

Konstruktionsverfahren für Overlay-Netze Die Topologie der physikalischen Drahtlosnetze muss berücksichtigt werden.

Datentransport- und Streamingprotokolle Die Protokolle müssen die Topologie für einen effizienten Datentransfer ausnutzen.

Systemdienste- und Unterstützung Die Systemdienste müssen die Anpassung der P2P-Anwendung an den aktuellen Systemkontext unterstützen können. Etwa die aktuelle Prozessorlast oder den Energiezustand.

Anreizmechanismen Anreizmechanismen müssen Nutzer dazu animieren, ihre Ressourcen anderen Nutzern zur Verfügung zu stellen. Es muss die Kooperation sowohl auf Nutzerebene als auch auf Systemebene – z. B. reine Weiterleitungsfunktionen – zusammen betrachtet werden.

Modellierung, Simulation, Leistungsmessung Diese Methodiken und Verfahren müssen die Eigenschaften einer P2P-Anwendung und auch die eines Drahtlosnetzes berücksichtigen.

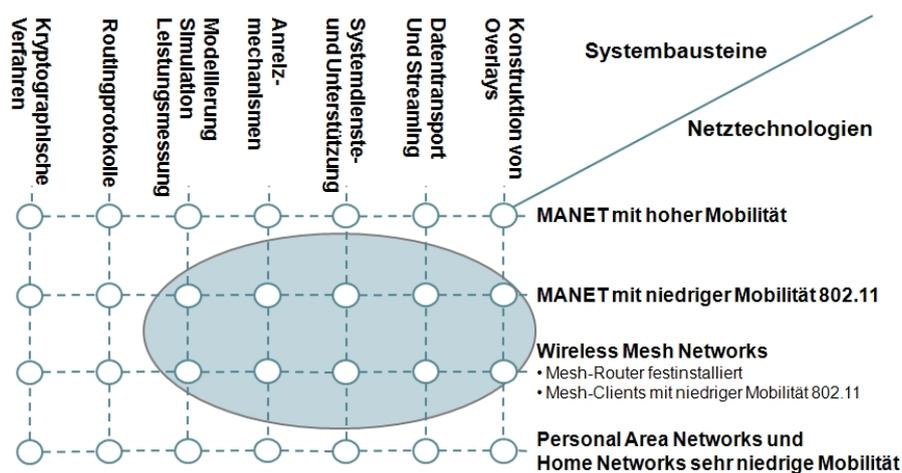


Abbildung 1: Aktuelle Forschungsfelder nach [Lindemann und Waldhorst (2006)]

Die Einordnung und Abgrenzung der Forschungsfelder wird in Abbildung 1 verdeutlicht. Für die vier aufgeführten Netztechnologien gelten die gleichen Forschungsbereiche. Die Systemeigenschaften erfordern allerdings einen separaten Blick auf MANETs mit hoher Mobilität und Personal-Area-Networks.

Während Lindemann und Waldhorst keinen zusätzlichen Forschungsbedarf beim Thema Sicherheit sehen, machen die Autoren des Artikels [Neumann u. a. (2007)] gerade im Gebiet des

Pervasive-Gaming noch unerforschte Sicherheitsfragen aus. Diese beziehen sich im Wesentlichen auf das Manipulieren von Spielzuständen.

Unter anderem gehen die folgenden Artikel [Peng u. a. (2004)], [Gruber u. a. (2004)] und [Zahn und Schiller (2005a)] genauer auf den Punkt der Konstruktion von Overlaynetzen ein. Allen gemeinsam ist die Erkenntnis, dass nur eine integrierte Betrachtung von Routingprotokollen auf der Netzwerk- und der Anwendungsschicht zu einem effizienten P2P-System führen kann.

In Abschnitt 3 werden strukturierte P2P-Protokolle¹ betrachtet, die in mobilen Umgebungen zum Einsatz kommen.

3 P2P-Protokolle für mobile Umgebungen

Es gilt eine Reihe von Herausforderungen zu beachten, die bei der Portierung von – für das Internet entworfenen – P2P-Protokollen zu MANETs entstehen (Siehe [Schönherr (2007b)]). Die folgenden Forschungsarbeiten haben sich dieser Problematik angenommen.

3.1 MADPastry

MADPastry ist von Thomas Zahn und Jochen Schiller an der freien Universität Berlin entwickelt worden. Vgl. [Zahn und Schiller (2005a)]. Grundlegend bietet MADPastry die Funktion des schlüsselbasierten Routings in MANETs. Das direkte Einsetzen von DHTs in MANETs ist aus den folgenden Gründen nicht sinnvoll:

Overlay-Stretch Eine Route, die in der Overlaysschicht nur weniger Schritte bedarf, kann in der physikalischen Schicht viele Schritte erfordern und Zigzack-Routen bilden.

Physical-Route-Discovery Ein Route-Discovery auf der physikalischen Ebene erfordert einen Broadcast, welcher das gesamte Netz belastet.

Pflege der Overlay-Routing-Tabelle Die Routingtabelle des Overlaynetzes muss gepflegt werden. Informationen über Nachbarn müssen auf dem neuesten Stand bleiben.

MADPastry wurde so entworfen, dass es die Charakteristiken von MANETs berücksichtigt. Es kombiniert die Funktionalität von Pastry² (DHT) und die des Ad-Hoc-Routingprotokolls AODV³ auf der Netzwerkschicht.

MADPastry hat eine Reihe von Eigenschaften, die es für den Einsatz in MANETs befähigen.

- MADPastry berücksichtigt die physikalische Position der Knoten. Dafür wird das Konzept der zufälligen Landmarken verwendet, um Overlaycluster zu bilden. Dadurch liegen physikalisch dichte Knoten auch im Overlaynetz eng beieinander. (Siehe Abbildung 2a). Es

¹Für eine Begriffserklärung sei auf diese Ausarbeitung [Schönherr (2007b)] hingewiesen.

²Rowstron und Druschel (2001)

³<http://moment.cs.ucsb.edu/AODV/>

3.2 Virtual Ring Routing

Virtual Ring Routing (VRR) wurde erstmalig in diesem Artikel [Caesar u. a. (2006)] beschrieben. VRR ist ein Routingprotokoll, das direkt auf der Sicherungsschicht angesiedelt ist. Wie MADPastry bietet auch VRR ein direktes Punkt-zu-Punkt-Routing und ein schlüsselbasiertes Routing in MANETs. Das Routing bietet DHT-Funktionalität. Es wird zu dem Knoten geroutet, der für den Hash-Table-Schlüssel verantwortlich ist. VRR flutet das Netzwerk nicht mit Routediscoverys, es benutzt lediglich lokationsunabhängige Knotenids für das Routing. Die Knoten sind, wie es von Chord⁴ und Pastry⁵ bekannt ist, in einem virtuellen Ring angeordnet. Jeder Knoten speichert eine kleine Anzahl an Pfaden zu seinen Nachbarn auf dem Ring. VRR benutzt diese Routingtabellen um Pakete zwischen beliebigen Nachbarn im Netzwerk zu senden.

Da VRR lokationsunabhängige Knotenids verwendet, sind diese auf pyhsikalischer Ebene verstreut über das Netzwerk verteilt. Soll jetzt von einem Knoten zu seinem Nachbarn im virtuellen Ring geroutet werden, so sind dies meistens Multi-Hop-Pfade auf physikalischer Ebene. Jeder Knoten entlang eines Pfades kann aber bestimmen, wohin das Paket weitergesendet wird. Dadurch werden die Routen entlang des virtuellen Rings stark verkürzt – Knoten entlang des virtuellen Pfades werden übersprungen.

3.3 Location-Aware Wireless Mobile P2P

In [Chiang u. a. (2007)] wird ein weiteres P2P-Protokoll für MANETs beschrieben. Die „Location-Aware Wireless Mobile“ (LAWM) P2P-Architektur greift auf Lokationsunterstützung zurück, um die Unabhängigkeit von physikalischer und virtueller Schicht aufzuheben.

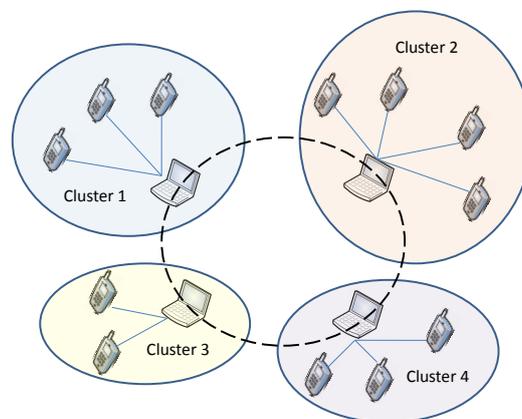


Abbildung 3: LAWM: Systemüberblick nach [Chiang u. a. (2007)]

⁴[Stoica u. a. (2003)]

⁵[Rowstron und Druschel (2001)]

LAWMs Architektur besteht aus zwei Schichten (Siehe Abbildung 3). Die Peers der oberen Schicht sind die sogenannten Super-Peers, und die der unteren Schicht sind die normalen Peers. Hier werden zwei Konzepte miteinander verbunden. Auf der oberen Schicht sind die Super-Peers in einem Chord-Ring⁶ angeordnet. Dadurch können Daten zuverlässig und schnell gefunden werden. In der unteren Schicht bilden die Peers – abhängig von ihrer physikalischen Position – einen Cluster, der einem nahen Super-Peer zugeordnet ist. Bei Ausfall eines der Super-Peers wird mit einem Wahlprotokoll, etwa dem Majority-Protokoll, ein neuer Super-Peer innerhalb des Clusters gewählt.

Die Lokationsbestimmung der normalen Peers verwendet gängige Technologien wie GPS oder Assisted-GPS⁷. Die Position des Peers wird dann mit in den Hashwert der Knotenid übernommen. Gibt es auf dem Chord-Ring keinen Knoten mit diesem Hashwert, so wird der Knoten ein Super-Peer und verbindet sich mit dem Chord-Ring. Ist aber bereits ein Knoten mit diesem Hashwert vorhanden, dann wird der neue Knoten zu einem Teilnehmer des Clusters des Super-Peers. Regelmäßig wird in den Clustern der Knoten gewählt, der sich am besten als Super-Peer eignet.

3.4 Vergleich der Protokolle

In diesem Abschnitt werden die drei in den vorigen Abschnitten vorgestellten Protokolle kurz miteinander verglichen. Sowohl MADPastry als auch LAWM benutzen lokationsabhängige Knotenids, um die Trennung von physikalischer und Overlay-Schicht aufzuheben. MADPastry verwendet dazu die Technik der zufälligen Landmarken, LAWM benutzt Lokationsbestimmungstechnologien wie GPS oder Assisted-GPS. VRR geht einen anderen Weg und verbindet die beiden Schichten auf der Sicherungsschicht. Die Autoren von [Caesar u. a. (2006)] sehen sogar einen Nachteil in den lokationsabhängigen Knotenids. Die Mobilität der Knoten kann ihrer Ansicht nach in Protokollen dieser Art zu erhöhter Netzwerklast und Fehlern beim Transport führen. Ob dieser Nachteil die Vorteile einer Ortsbestimmung allerdings aufhebt, müssten Untersuchungen zeigen. Diese Ergebnisse sind aber sicherlich von der Knotenmobilität abhängig.

In seiner Dissertation [Zahn (2006)] vergleicht Thomas Zahn MADPastry und VRR anhand einiger von ihm aufgestellter Kriterien. Hier unterscheiden sich beide Protokolle nur in zwei Kategorien. MADPastry ist nach Ansicht des Autors besser skalierbar. Es läuft also auch in großen Netzwerken noch performant und erzeugt nicht zuviel Overhead. Beim zweiten Aspekt der topologischen Anpassungsfähigkeit sieht er VRR vorne. Das Protokoll ist für lokationsunabhängige Knotenids ausgelegt und bedarf weniger Verwaltung, um mit Knotenmobilität umzugehen.

⁶Siehe [Schönherr (2007b)]

⁷Siehe [Schönherr (2007a)]

4 P2P-Anwendungen in mobilen Umgebungen

Im vorigen Abschnitt wurden Protokolle gezeigt, mithilfe derer sich P2P-Anwendungen im mobilen Umfeld realisieren lassen. In diesem Abschnitt sollen nun Anwendungen vorgestellt werden, die auf P2P-Protokollen aufbauen.

4.1 Shark

Shark wurde an der TU Berlin entwickelt. Es ist ein auf P2P basierendes Knowledge-Management-System. Es bietet eine Plattform für den Wissensaustausch zwischen mobilen Benutzern im Unternehmensumfeld. Unterstützt werden das Management, die Synchronisation und der Austausch von Wissen in mobilen Benutzergruppen. Vgl. [Schwotzer und Geihs (2002)].

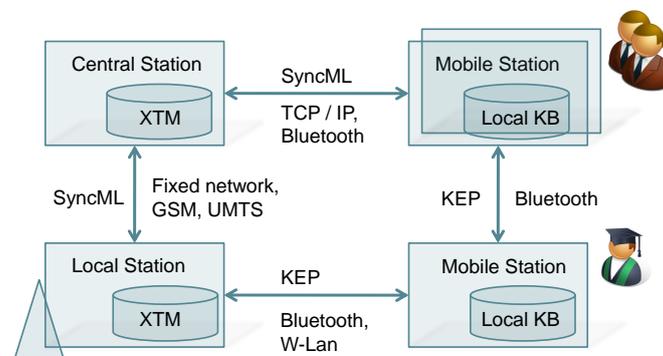


Abbildung 4: Shark: Architektur nach [Schwotzer und Geihs (2005)]

Abbildung 4 zeigt die Architektur der Anwendung. In der Architektur werden drei Komponenten unterschieden:

Mobile-Station Die mobilen Stationen laufen auf mobilen Telefonen und können Wissen mit zentralen, lokalen und anderen mobilen Stationen austauschen. Dabei wird Bluetooth für die Ad-Hoc-Kommunikation verwendet.

Central-Station Das Wissen wird in TopicMaps⁸ gespeichert, und die komplette Wissensdatenbank liegt in der zentralen Station.

Local-Station Die lokalen Stationen sind im Prinzip mobile Stationen, nur stationär. Dadurch erhalten sie einen Ortskontext und können damit einen einfachen Location-Based-Service ermöglichen.

⁸<http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/tao.html>

Für die Kommunikation zwischen den Stationen und die Verwaltung der Knoten wird ein P2P-Protokoll verwendet.

Eine mögliche Anwendung für das System ist Unternehmenssoftware. Hier erhält jeder Mitarbeiter eine mobile Station und kann auf Unternehmenswissen zugreifen. Lokale Stationen sind in den Filialen der Firmen installiert. Ein Kunde, ausgerüstet mit einer mobilen Station, kann auf Unternehmensinformationen wie etwa Produktinformationen und Preislisten zugreifen.

4.2 MobiTip

MobiTip wurde am Swedish Institute Of Computer Science entwickelt. [SICS (2005)]. Es ist ein System, das es erlaubt, die Meinung zu Dingen in der Umgebung auszudrücken (Siehe 5). Die Meinungen werden als Tipps oder Empfehlungen angesammelt. Der Austausch unter den Nutzern findet dann in Peer-to-Peer-Form über Bluetooth statt. Informationen werden dabei immer dann ausgetauscht, wenn sich andere Benutzer oder ein Hotspot in der Nähe befinden oder auf eine direkte Anfrage.



Abbildung 5: MobiTip: Screenshots nach [SICS (2005)]

Für den sinnvollen Einsatz ist die Anwendung typischerweise auf einen bestimmten Raum, wie etwa ein Einkaufszentrum, begrenzt. Hier teilen Benutzer anderen Benutzern ihre Meinungen und Empfehlungen zu Läden und Produkten mit. Neben den mobilen Clients kann das System auch um Connection-Hotspots erweitert werden. Diese bieten ein Gedächtnis, auf das zukünftige Benutzer zurückgreifen können. So kann solch ein Connection-Hotspot z.B. am Eingang des Einkaufszentrums aufgestellt werden. Besucher, die am Morgen als erste das Einkaufszentrum betreten, erhalten die Einträge der Besucher vom Vortag.

4.3 Bewertung der beiden Anwendungen

Shark ermöglicht den Wissensaustausch in mobilen Benutzergruppen. Der Austausch findet mit Hilfe eines Peer-to-Peer-Protokolls statt. Der Anwendungsgedanke von MobiTip geht in eine ähnliche Richtung, auch hier findet ein Informationsaustausch statt. MobiTip bietet darüber hinaus aber eine Reihe weiterer interessanter Funktionalitäten:

- Andere Benutzer in der Umgebung werden erkannt
- Nachrichtenaustausch
- Kontrolle über Informationsaustausch beim Benutzer
- Identitätsmanagement

Gerade im Identitätsmanagement liegt eine Schwäche von Shark, da ein Sicherheitssystem, das Aktionen einem bestimmten Nutzer zuordnen kann, hier nicht vorgesehen ist. Lediglich Benutzer einer Gruppe können von externen Benutzern unterschieden werden. Aber auch MobiTip implementiert darüber hinaus keinerlei Sicherheitssystem.

Weder Shark noch MobiTip bieten ein Belohnungssystem. Dabei ist es wichtig, Benutzern einer P2P-Anwendung Anreize zu bieten, damit sie ihre begrenzten Ressourcen anderen Benutzern und Geräten zur Verfügung stellen.

4.4 iClouds

Das Projekt iClouds entsteht an der TU Darmstadt und wird dort von Andreas Heinemann und Max Mühlhäuser entwickelt [Heinemann u. a. (2003)]. Es ist ein Framework für Entwickler von mobilen P2P-Anwendungen. Die Architektur (siehe Abbildung 6) ist in Java implementiert. Die Anwendungen, die auf dem Framework aufbauen, laufen auf J2ME-fähigen mobilen Geräten mit WLAN-Unterstützung.

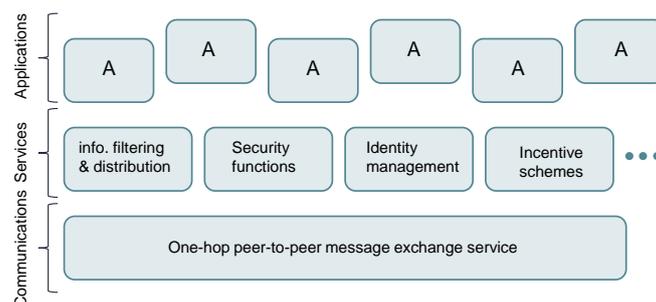


Abbildung 6: iClouds: Architektur nach [Heinemann u. a. (2003)]

Das Framework ermöglicht es, Anwendungen zu erschaffen, mit denen Benutzer – vorausgesetzt, sie sind in räumlicher Nähe zueinander – untereinander kommunizieren können. Es wird keinerlei Infrastruktur benötigt. Spontane Situationen, Treffen und Zusammenarbeit können mit dem System erreicht werden.

iClouds bietet ein System für Anreizmechanismen, ein Sicherheitssystem, Identitätsmanagement und verschiedene Formen der Interaktion. So können Informationen durchstöbert, es kann nach ihnen gesucht und sie können beworben werden.

Einschränkend ist zu erwähnen, dass iClouds auf One-hop-P2P-Netze beschränkt ist. Für zahlreiche Szenarien im mobilen Umfeld sind Multi-hop-P2P-Netze wünschenswert. Diese sind auch mithilfe der in Abschnitt [3] beschriebenen Protokolle realisierbar.

Einen ähnlichen Ansatz wie das iClouds-Projekt verfolgt auch Gregor Schiele in seiner Dissertation [Schiele (2007)]. In dieser stellt er das Modell der sogenannten Smart-Peer-Groups vor. Eine Smart-Peer-Group besteht dabei aus einer Anzahl von miteinander verbundenen mobilen Geräten, die sich gegenseitig entdecken und einen spontanen Zusammenschluss bilden. Die Koordination findet dabei durch die Geräte selbst statt. Ein Bedarf für eine Infrastruktur ist nicht gegeben. Daraus resultiert ein flexibles System, das irgendwann und irgendwo zum Einsatz kommen kann. Desweiteren wird eine Middleware für diese Smart-Peer-Groups gezeigt, die Entwickler vor den ressourcenarmen Geräten und den zugrundeliegenden Netzwerkverbindungen abschirmt.

5 Fazit und Ausblick

In dieser Ausarbeitung wurde gezeigt, dass es bereits Projekte und erste Produkte im Bereich von P2P in mobilen Umgebungen gibt. Diese Projekte sind erweiterbar und lassen, im Hinblick auf die anstehende Masterarbeit des Autors, interessante Fragestellungen offen. Durch Google werden mit der Mobilfunkplattform Android⁹ neue Möglichkeiten eröffnet. So lassen sich z. B. sämtliche Komponenten der Architektur – etwa der Location-Manager – durch eigene ersetzen. Auch ist eine Vereinheitlichung der heterogenen mobilen Softwarewelt zu erwarten, was die Entwicklung von Anwendungen stark vereinfachen sollte. Die LiMo Foundation¹⁰ verfolgt hier einen ähnlichen Ansatz.

Gerade das in Abschnitt 4.4 vorgestellte Projekt und die Dissertation [Schiele (2007)] zeigen die Aktualität des Themas. Angelehnt an diese Arbeiten wird der Rahmen für die Masterarbeit des Autors abgesteckt. Es soll eine Implementierung eines für das Internet entworfenen, strukturierten P2P-Protokolls in einer mobilen Umgebung eingesetzt und getestet werden. In Abschnitt 3 wurden dazu bereits Protokolle vorgestellt. Diese mobile Umgebung wird Android sein. Mithilfe des Protokolls soll dann eine Kommunikationsmiddleware für P2P-Gruppen entworfen werden. Im Rahmen des Projekts in diesem Semester wurde bereits an einem Pervasive-Gaming-Framework

⁹<http://code.google.com/android/>

¹⁰<http://www.limofoundation.org/>

gearbeitet. Die Einbettung in dieses Framework ist – neben der Entwicklung einer Beispielanwendung – Ziel der Arbeit.

Literatur

- [Caesar u. a. 2006] CAESAR, Matthew ; CASTRO, Miguel ; NIGHTINGALE, Edmund B. ; O'SHEA, Greg ; ROWSTRON, Antony: Virtual ring routing: network routing inspired by DHTs. In: *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.* 36 (2006), Nr. 4, S. 351–362. – ISSN 0146-4833
- [Chiang u. a. 2007] CHIANG, Heien-Kun ; CHEN, Hown-Wen ; KUO, Feng-Lan: Locality support for mobile P2P network. In: *IWCMC '07: Proceedings of the 2007 international conference on Wireless communications and mobile computing*. New York, NY, USA : ACM, 2007, S. 517–522. – ISBN 978-1-59593-695-0
- [Conti u. a. 2004] CONTI, Marco ; GREGORI, Enrico ; TURI, Giovanni: Towards Scalable P2P Computing for Mobile Ad Hoc Networks. In: *Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops* (2004)
- [Google 2007] GOOGLE: *Google-Android*. 2007. – URL [http://code.google.com/android/\(Stand:12.02.2008\)](http://code.google.com/android/(Stand:12.02.2008))
- [Gruber u. a. 2004] GRUBER, Ingo ; SCHOLLMEIER, Rüdiger ; KELLERER, Wolfgang: Performance evaluation of the mobile peer-to-peer service. In: *Proceedings of the 2004 IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid* (2004)
- [Heinemann u. a. 2003] HEINEMANN, Andreas ; KANGASHARJU, Jussi ; LYARDET, Fernando ; AND, Max M.: iClouds - Peer-to-Peer Information Sharing in Mobile Environments. In: *International Conference on Parallel and Distributed Computing (Euro-Par 2003)* (2003)
- [Lindemann und Waldhorst 2006] LINDEMANN, Christoph ; WALDHORST, Oliver: Peer-to-Peer Systeme für drahtlose Multihop-Netze. In: *Springer-Verlag* (2006)
- [Neumann u. a. 2007] NEUMANN, Christoph ; PRIGENT, Nicolas ; VARVELLO, Matteo ; SUH, Kyoungwon: Challenges in Peer-to-Peer Gaming. In: *ACM SIGCOMM Computer Communication Review* (2007)
- [Peng u. a. 2004] PENG, Gang ; LI, Shanping ; JIN, Hairong ; MA, Tianchi: M-CAN: a lookup protocol for mobile peer-to-peer environment. In: *Proceedings of the 7th International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Networks* (2004)
- [Rowstron und Druschel 2001] ROWSTRON, Antony ; DRUSCHEL, Peter: Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems. In: *Proceedings of the 18th IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms* (2001)

- [Schiele 2007] SCHIELE, Gregor A.: *System Support for Spontaneous Pervasive Computing Environments*, Institut für Parallele und Verteilte Systeme (IPVS) der Universität Stuttgart, Dissertation, 2007
- [Schönherr 2007a] SCHÖNHERR, Jan: *Location-based Services For Pervasive Gaming*, HAW Hamburg, Seminararbeit für Anwendungen 1, 2007
- [Schönherr 2007b] SCHÖNHERR, Jan: *Peer-To-Peer In Mobile Information Environments*. 2007. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master07-08-aw/vortraege.html>
- [Schwotzer und Geihs 2002] SCHWOTZER, Thomas ; GEIHS, Kurt: Shark: a System for Management, Synchronization and Exchange of Knowledge in Mobile User Groups. In: *The Journal of Universal Computer Science* (2002)
- [Schwotzer und Geihs 2005] SCHWOTZER, Thomas ; GEIHS, Kurt: Shark: a System for Management, Synchronization and Exchange of Knowledge in Mobile User Groups. In: <http://kbs.cs.tu-berlin.de/ivs/thsc/imi/SharkIKnow02Presentation.pdf> (2005)
- [SICS 2005] SICS: *MobiTip*. 2005. – URL [http://www.sics.se/humle/projects/mobitip/index.php\(Stand:05.01.2008\)](http://www.sics.se/humle/projects/mobitip/index.php(Stand:05.01.2008))
- [Stoica u. a. 2003] STOICA, Ion ; MORRIS, Robert ; LIBEN-NOWELL, David ; KARGER, David R. ; KAASHOEK, M. F. ; DABEK, Frank ; BALAKRISHNAN, Hari: Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Protocol for Internet Applications. In: *IEEE/ACM Transactions on Networking* (2003)
- [Winer 2000] WINER, Dave: *Dave: 'P2P is Bigger'*. 2000. – URL [http://davenet.scripting.com/2000/09/13/p2pisbigger/,2000\(Stand:04.01.2008\)](http://davenet.scripting.com/2000/09/13/p2pisbigger/,2000(Stand:04.01.2008))
- [Zahn 2006] ZAHN, Thomas: *Strukturierte Peer-to-Peer-Dienste für mobile Ad-hoc-Netze*, Fachbereich Mathematik u. Informatik, Freie Universität Berlin, Dissertation, 2006
- [Zahn und Schiller 2005a] ZAHN, Thomas ; SCHILLER, Jochen: MADPastry: A DHT Substrate for Practicably Sized MANETs. In: *Proc. of 5th Workshop on Applications and Services in Wireless Networks (ASWN2005)* (2005)
- [Zahn und Schiller 2005b] ZAHN, Thomas ; SCHILLER, Jochen: MAPNaS: A Lightweight, Locality-Aware Peer-to-Peer Based Name Service for MANETs. In: *Proceedings of the IEEE Conference on Local Computer Networks 30th Anniversary (LCN 05)* (2005)