

# Entwurf und Implementation eines umgebungsbasierten mobilen sozialen Netzwerks

Daniel Liesener

Hochschule für  
Angewandte Wissenschaften  
Hamburg, Deutschland

Email: [daniel.liesener@haw-hamburg.de](mailto:daniel.liesener@haw-hamburg.de)

## I. EINLEITUNG

Der Nintendo 3DS ist eine mobile Spielekonsole. Mittels der Funktion „Streetpass“ können mehrere in der Nähe befindliche Konsolen spontan im Vorübergehen Daten austauschen, welche Zugriff auf neue Spielelemente und Inhalte ermöglichen. Das Besondere ist, dass hierfür keine bestehende mobile Internetverbindung (2G, 3G) benötigt wird. Diese neu geschaffene Form der Interaktion verbindet Spieler nicht nur über größere Distanz sondern auch in naher Umgebung miteinander und motiviert nicht nur seinen 3DS mit sich zu führen, sondern sogar dazu, gezielte Treffen abzuhalten [1]. Ein wichtiges Kommunikationswerkzeug bilden heutzutage soziale Netzwerke (Social Networks). Auch diese werden immer mobiler und haben bereits als App ihren festen Platz auf Smartphones und Tablets gefunden. Hierbei wird schon von mobilen sozialen Netzwerken gesprochen [2]. Ebenso wie der 3DS ermöglichen sie es, Menschen miteinander zu verbinden. Um dies in naher Umgebung durchführen zu können werden jedoch einerseits Positionsdaten und andererseits eine Internetverbindung benötigt. Ist die Infrastruktur überlastet, ausgefallen oder erst gar nicht vorhanden, so ist die Nutzung nicht mehr möglich. Beispielszenarien hierfür sind Massenveranstaltungen, ländliche Regionen und Krisensituationen [3]. Die in dieser Ausarbeitung behandelte Fragestellung befasst sich mit dem Thema, wie sich die Funktionalität des Nintendo 3DS zum Verbinden von Menschen in unmittelbarer Umgebung ohne bestehende Infrastruktur auf soziale Netzwerke übertragen lässt. Zwei Ansätze hierfür stellen Mobile-ad-hoc-Networks (MANETs) und Delay-tolerant-Networks (DTNs) dar. Beide ermöglichen es mittels einer Funktechnologie für drahtlose Netzwerke mobile Geräte mit einander zu verbinden. Da noch kein einheitlicher Begriff für soziale Netzwerke dieser Art etabliert ist, wird für den weiteren Verlauf dieser Ausarbeitung von umgebungsbasierten mobilen sozialen Netzwerken (Proximity-based-Mobile-Social-Networks, PMSNs) gesprochen.

Die Ausarbeitung untergliedert sich in die folgende Bereiche. In Abschnitt II werden Grundlagen sozialer Netzwerke und der maßgeblichen, eingesetzten Technologien erläutert. Abschnitt III erläutert anhand von Szenarien verschiedene Möglichkeiten, wie PMSNs sinnvoll eingesetzt werden können. Abschnitt IV umfasst den aktuellen Stand der Forschung, wobei verschiedene Ansätze dargestellt, verglichen und diskutiert werden. Hierbei wird neben unterschiedlichen Implementationen intensiv auf das Thema Interessenvergleich eingegangen, die bisherige Erfahrungen aus Nutzersicht betrachtet und Problemstellungen erläutert. Abschnitt V beschreibt den eigenen Ansatz und das geplante Vorgehen. Abschnitt VI führt Risiken auf, welche

bei der Realisierung auftreten können. Abschnitt VII bildet eine abschließende Zusammenfassung der Ausarbeitung und erläutert das weitere Vorgehen für Projekt 1 und Anwendungen 2.

## II. GRUNDLAGEN

Dieser Abschnitt behandelt Grundlagen für das Thema PMSNs. Hierbei wird als Erstes eine Einführung in soziale Netzwerke gegeben, in welcher PMSNs näher eingeordnet werden. Anschließend werden die Ideen hinter Mobile-ad-hoc-Networks und Delay-tolerant-Networks näher erläutert. Abschließend wird kurz auf einsetzbare Funktechnologien eingegangen.

### A. Soziale Netzwerke

Soziale Netzwerke im Internet (Online-Social-Networks, OSNs), meist nur als soziale Netzwerke bezeichnet, sind ein Phänomen, welches in den letzten Jahren immer mehr in den Mittelpunkt gerückt ist. Große Plattformen wie Facebook und Twitter verzeichnen bereits mehrere 100-Millionen Nutzer monatlich, sowohl über ihre Website, wie auch mobil über ihre Apps auf Smartphones und Tablets [4] [5]. Durch die starke Präsenz von sozialen Netzwerken in Form von Apps auf mobilen Geräten wird auch bereits von mobilen sozialen Netzwerken (Mobile-Social-Networks, MSNs) gesprochen. Zu Kommunikation mit dem Netzwerk wird grundlegend eine Internetverbindung vorausgesetzt.

Von der Architektur lassen sich zwei verschiedene Ansätze bei OSNs und MSNs identifizieren [6]: Die zentrale Client-Server Architektur und die dezentrale Peer-to-Peer-Architektur. Der überwiegende Anteil an Anbietern, wie Facebook und Twitter, setzt auf eine Client-Server Architektur, bei welcher alle Teilnehmer auf die vom Anbieter des sozialen Netzwerkes zur Verfügung gestellten zentralen Server zugreifen. Diese stellen das Netzwerk bereit und speichern alle zugehörigen Daten. Einige wenige Netzwerke, wie Diaspora [7], setzen auf die dezentrale Architektur, bei welcher das Netzwerk und seine Daten auf verschiedene Peers aufgeteilt werden, welche miteinander kommunizieren. MSNs bieten zusätzlich noch einen dritten hybriden Ansatz, welcher eine Internetverbindung nutzt insofern diese verfügbar ist, jedoch auch jederzeit ad hoc arbeiten kann.

Viele dieser Netzwerke bieten standortbezogene Dienste, indem sie die aktuelle Position mittels WLAN oder GPS ermitteln. So ermöglicht es das Dating-Netzwerk Lovoo [8] zum Beispiel, andere Partnersuchende aus der Umgebung ausfindig zu machen und das nicht nur zuhause vor dem PC, sondern auch unterwegs auf der Straße.

PMSNs stellen zur Einordnung eine Form von dezentralen Peer-to-Peer-Netzwerk dar, bei welchem jeder Peer ein anderes mobiles Gerät ist. Im Gegensatz zu OSN wird keine Internetverbindung benötigt, da die Kommunikation ad hoc vor Ort zwischen den Geräten stattfindet. Auf Positionsdaten kann ebenfalls verzichtet werden, da die Nähe zwischen den Teilnehmern grundlegend gegeben ist.

### B. Mobile-ad-hoc-Networks (MANET)

Ad hoc Netzwerke erlauben das spontane Verbinden von verschiedenen Geräten mittels einer Technologie für drahtlose Netzwerke. Unterstützen mobile Geräte den Datenaustausch nicht nur mit direkten Nachbarn (Single-Hop), wie es bei dem 3DS der Fall ist, sondern auch über mehrere Etappen hinweg (Multi-Hop), so werden sie auch als Mobile-ad hoc-Network bezeichnet [9, S. 4] Diese arbeiten mittels einer End-zu-End Verbindung, wobei alle Funktionen der fehlenden Infrastruktur, wie das Routing, durch alle Teilnehmer eigenständig realisiert werden müssen. Hierfür wird auf entsprechende Routing-Protokolle zurückgegriffen. Diese lassen sich in proaktiv (Table-driven), reaktiv (On-Demand) und hybride Verfahren einteilen.

*Proaktive Protokolle*, wie Optimized-Link-State-Routing (OLSR) [10], bestimmen Pfade innerhalb des Netzwerkes bereits bevor diese benötigt werden und aktualisieren sie periodisch. Dies bietet den Vorteil, dass Daten verzögerungsfrei gesendet werden können. Nachteilig ist wiederum der hohe Datenverkehr für das Auffinden der Pfade, welche gegebenenfalls nicht benötigt werden.

*Reaktive Protokolle*, wie Ad-hoc-On-Demand-Distance-Vector (AODV) [11], bestimmen die Pfade innerhalb des Netzwerkes erst, sobald diese benötigt werden. Infolge dessen ist der Energieverbrauch geringer. Dies erfolgt wiederum auf Kosten der Geschwindigkeit beim Senden, bedingt durch die vorher notwendige Routenbestimmung.

*Hybride Ansätze*, wie das Zone-Routing-Protokoll (ZRP) [12], kombinieren proaktive und reaktive Verfahren, um deren Vorteile möglichst zu vereinen. Hierfür wird beispielsweise im nahen Umfeld (Intrazone) ein proaktives Verfahren verwendet und auf größere Distanz (Interzone) ein reaktives. Hierdurch kann weiterhin verzögerungsfrei innerhalb der Intrazone geroutet werden und zugleich kann der Energieverbrauch reduziert werden.

### C. Delay-tolerant-Networks (DTN)

MANETs sind darauf ausgelegt möglichst verzögerungsfrei und zuverlässig Nachrichten zu übermitteln. Aufgrund der End-zu-End Verbindung bei MANETs gibt es jedoch Einsatzszenarien, welche Probleme für diese darstellen. Hierzu gehört der Fall, dass sobald sich ein Teilnehmer aus dem Übertragungsbereich des Netzwerkes entfernt, er keine Nachrichten mehr erhalten kann. Selbst wenn der Teilnehmer zu einem späteren Zeitpunkt dem Netzwerk nochmals beiträgt oder er anderen Teilnehmern begegnet, welche länger anwesend waren als er, können nur neue Nachrichten übertragen werden. Delay-tolerant-Networks bzw. Disruption-Tolerant-Networks [9, S. 134-135] verfolgen hierbei einen anderen Ansatz als MANETs. Ursprünglich für das interplanetarische Internet angedacht, wird von unterbrochenen Verbindungen, langen bzw. variablen Verzögerungen, asymmetrischen Datenraten und hohen Fehlerraten ausgegangen. Hierfür greifen DTNs auf

eigene Protokolle zurück, welche mittels Store-and-Foreward Nachrichten auch ohne End-zu-End Verbindung über lange Distanzen transportieren können. Dabei werden die Nachrichten temporär auf Knoten zwischengespeichert und bei Gelegenheit weitergeleitet, bis die Nachricht endgültig ihr Ziel erreicht. Das Problem hierbei ist, dass dies nicht geprüft werden kann. Somit kann der Fall eintreten, dass Nachrichten nicht ankommen. Entsprechend wird mit Replikation gearbeitet, um über mehrere Wege die Chancen zu erhöhen. Einige der bekanntesten Protokolle im Bereich DTNs sind Spray-and-Wait [13], PRoPHET [14] und RAPID [15].

Im Kontext von PMSNs sind Routingansätze interessant, welche als Grundlage das soziale Umfeld mit einbeziehen. Diese werden als Social-aware bzw. Social-based-Routing bezeichnet [16]. Hierbei wird auf Metriken der sozialen Netzwerkanalyse zurückgegriffen um das Routing effizienter zu gestalten. Durch die Kombination mit einem MSN, welches Informationen bereitstellt, kann entsprechend der Synergieeffekt ausgenutzt werden. Einige Protokolle aus diesem Bereich sind: BUBBLE Rap [17], SimBet [18] und Label Routing [19].

### D. Hybrid DTN-MANET

Während MANETs eher für engmaschigere Bereiche geeignet sind und DTNs bei Netzen mit größeren Distanzen zwischen den Knoten eingesetzt werden können, gibt es auch einen Bereich genau zwischen diesen Lösungen. Hierbei sind einerseits die Pfade im Netzwerk nicht vollständig End-zu-End und stabil, andererseits sind die Knoten nicht so spärlich genug für ein DTN [9, S. 447]. Entsprechend werden hybride Verfahren entwickelt, welche versuchen beide Welten mit einander zu vereinen. Ein Protokoll aus diesem Bereich ist HYMAD [20].

### E. Funktechnologien

Die Etablierung eines MANETs und DTNs geschieht mittels einer Funktechnologie für drahtlose Netzwerke. Drei Möglichkeiten hierfür sind Wi-Fi (IEEE 802.11 - Ad hoc Modus), Bluetooth und Wi-Fi Direct. Einige Hauptmerkmale, in welchen diese sich unterscheiden, sind: Reichweite, Energieverbrauch, Sicherheit, Übertragungsrate und Verfügbarkeit auf Smartphones.

## III. EINSATZSZENARIEN

Umgebungsbasierte mobile soziale Netzwerke können in verschiedenen Bereichen sinnvoll eingesetzt werden. Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit möglichen Einsatzszenarien, welche zur Nutzung von PMSNs motivieren.

### A. Krisensituationen und Massenveranstaltungen

Krisensituationen weisen die Besonderheit auf, dass sich nicht mehr auf die Infrastruktur verlassen werden kann. Bei Naturkatastrophen beispielsweise kann diese unwiderrüflich beschädigt werden. Selbst wenn sie noch teilweise intakt ist kann es schnell zu einer Überlastung durch ungewöhnlich starke Belastung kommen, da eine untypisch große Anzahl an Personen gleichzeitig versucht sie zu nutzen, um Kontakt aufzunehmen. Diese Situation ist in Deutschland am Silvesterabend nicht unüblich, wenn versucht wird zu telefonieren oder SMS zu schreiben. Durch den Fakt, dass PMSNs keine Infrastruktur benötigen, kann die Kommunikation innerhalb der Umgebung gewährleistet und gleichzeitig die Infrastruktur

entlastet werden. Außerdem ermöglicht es Personen, welche beispielsweise eingeschlossen sind, auf sich aufmerksam zu machen. Des Weiteren treten Probleme bei Massenveranstaltungen, wie Musikfestivals und Sportevents auf, bei welchen sich 10-tausende Personen auf relativ engem Raum aufhalten. Dies hat ebenfalls eine Überlastung des Funknetzes zur Folge.

### B. Gebiete ohne Empfang

Während in Krisensituationen die Infrastruktur gestört oder überlastet sein kann, gibt es außerdem noch viele Gebiete, in denen die Infrastruktur nicht vorhanden oder erreichbar ist. Hierzu gehören ländliche Regionen, gut abgeschirmte Gebäude und unterirdische Anlagen wie Bahnhöfe und Tunnel. PMSNs bieten in diesen Bereichen weiterhin die Möglichkeit miteinander zu kommunizieren und können sogar über mehrere Personen hinweg einen Kommunikationsweg hinein in den Empfangsbereich bilden.

### C. Zusammenführen von Personen

Wie schon unter II-A angesprochen stellen PMSNs von Natur aus einen standortbezogenen Dienst bereit. Dies ermöglicht es folglich bestimmte Personen von Interesse, wie Freunde oder Gleichgesinnte, im Umkreis zu lokalisieren. Hierfür sind insbesondere Interessenvergleiche essentiell; auf sie wird unter IV-B näher eingegangen. Eine beispielhafte Situation stellen zwei befreundete Personen dar, welche das gleiche Konzert besuchen, ohne von der Anwesenheit des anderen zu wissen. Das PMSN ermöglicht es auf Basis der bekannten Beziehung zwischen den Personen beide darauf hinzuweisen, dass der Andere in der Nähe ist. Gleichgesinnte Personen, welche sich jedoch noch nicht kennen, können auf Grundlage gleicher Interessen aufeinander aufmerksam gemacht werden. Hierbei kann das PMSN zugleich unterstützen den Kontakt zu noch fremden Personen zu erleichtern, da zu Beginn mittels Nachrichten kommuniziert werden kann. Zugleich erlaubt es wiederum den sofortigen Wechsel zu einem Gespräch von Angesicht zu Angesicht. Eine besondere Kategorie stellt hierbei das Thema *Dating* dar. Ist eine Person auf Partnersuche, kann sie dies über ein PMSN öffentlich machen und so nicht nur direkt in ihrer unmittelbaren Umgebung auf Gleichgesinnte stoßen, sondern sich auch zugleich ein direktes Bild von der Person im echten Leben machen, ohne den Umweg über das Internet zu nehmen.

### D. Marketing und Werbung

Auch aus kommerzieller Sicht gibt es Gründe PMSNs einzusetzen. Marketing und Werbung gehören hierzu. Die Idee hierbei ist, den Kunden direkt dort mit Angeboten zu versorgen, wo es besonders ausschlaggebend ist: Vor-Ort beim Geschäft. Kunden, die gerade in der Nähe eines Geschäftes vorbei laufen, können mittels eines PMSN auf neue Angebote aufmerksam gemacht werden oder Gutscheine für den sofortigen Einkauf als Anreiz erhalten das Geschäft zu betreten.

## IV. VERWANDTE ARBEITEN

Der folgende Abschnitt zeigt den aktuellen Stand der Forschung im Bereich von umgebungsbasierten mobilen sozialen Netzwerken auf. Er ist untergliedert in vier Bereiche. Im Bereich IV-A werden verschiedene Ansätze für PMSNs aus technischer Sicht näher vorgestellt. Darauf wird in IV-B sich mit unterschiedlichen Möglichkeiten zum Interessenabgleich auseinandergesetzt. Anschließend werden in IV-C empirische

Erfahrungen aus Versuchen mit PMSNs näher betrachtet und letztlich unter IV-D Herausforderungen und Probleme aufgezeigt, welche im Bereich von PMSNs bestehen.

### A. Ansätze für PMSNs

In den letzten Jahren wurden bereits mehrere Ansätze vorgestellt um PMSNs zu realisieren. Sarigol zeigt mit *AdSocial* [21] einen Ansatz auf Basis einer lokalen Webapplikation. Mittels eines Browsers wird periodisch auf dem Smartphone über einen *lighttpd* Webserver auf AdSocial zugegriffen. Dieses bildet eine Art Vermittler und liefert Aktualisierung über naheliegende Personen und aktualisiert Personendaten. Informationen über eine Person werden direkt von der entfernten Webserverinstanz dieser Person abgerufen. Dies ist eine eher ungewöhnlich Struktur im Vergleich zu heutigen Apps auf Smartphones. Hingegen gestaltet sich die Kommunikation im Netzwerk besonders. Diese geschieht mittels des verteilten Verzeichnisdienstes MAND (Mobile-ad-hoc-Network-Directory), welcher auf Basis eines Tuple-Spaces arbeitet und Daten in Form von Tuples innerhalb des Netzwerkes austauscht und speichert. Daten werden zum Austausch mittels Piggybacking an Pakete des jeweils verwendeten Netzwerkprotokolls angehängt, wodurch kein zusätzlicher Datenverkehr entsteht. Als Funktechnologie wird auf den Wi-Fi ad hoc Modus gesetzt.

Mit *Twimight* [22], [3] zeigen Hossmann et al. eine Erweiterung von Twitter um einen zusätzlichen ad hoc Modus für Katastrophensituationen. Hierbei wird auf ein hybrides Modell gesetzt, bei welchem der Nutzer bei Störungen in der Internetverbindung auswählen kann, anstatt über die Twitter API Nachrichten direkt zwischen Geräten auszutauschen. Zur Vorbereitung des ad hoc Betriebes wird auf einen zusätzlichen Server gesetzt, welcher unter anderem die Verteilung von Zertifikaten regelt. Hierfür wird jedoch zugleich ein neuer Single-Point-of-Failure eingeführt und vollständig dezentrales Arbeiten ausgeschlossen. Im ad hoc Betrieb wird Bluetooth verwendet um regelmäßig nach neuen Nachbarn zu suchen. Nachrichten werden mittels eines simplen zwei Phasen Protokolls (Hello und Data-Phase) ausgetauscht. Timestamp und Nachrichten ID verhindern hierbei Duplikate.

*MobiClique* [23] baut zwar wie *Twimight* auf bereits bestehenden OSNs wie Facebook auf, nutzt hierbei jedoch nur die bereits vorhandenen Profile der Nutzer als Grundlage für seinen ad hoc Betrieb. Um die Profile aktuell zu halten wird von einer gelegentlichen Synchronisation mittels einer Internetverbindung ausgegangen. Ansonsten arbeitet es ad hoc mittels Bluetooth oder Wi-Fi ad hoc Modus. Hierbei wird periodisch in drei Schritten vorgegangen: Auffinden von einem oder mehreren Nachbarn entsprechend der Funktechnologie, identifizieren durch Austausch der Profile oder bei bekannten Personen nur der IDs und letztlich der Datenaustausch, welcher Multi-Hop-Unicast und Gruppennachrichten erlaubt. Der Kern des Systems bildet bei *MobiClique* *Haggle*. Haggle ist ein System für opportunistische Kommunikation, welches durch seinen Publish-Subscribe-Ansatz einem DTN ähnelt, sich zugleich unter anderem durch seine Datenorientierung und den Fokus auf die Applikation anstatt auf die Kommunikation abgrenzt [24].

He et al. [25] stellt ein PMSN vor, welches explizit für Content-Sharing ausgelegt ist. Besonders ist hierbei, dass für den Aufbau der Verbindungen zwischen den einzelnen Teilnehmern des Netzwerkes auf die Ähnlichkeit der Nutzer in

Hinsicht auf Interessen, vorherige Positionen und die aktuelle Position zurückgegriffen wird. Die Interessen sind hierbei in Form von Listen aus Schlüsselwörtern gegeben. Beim Eintreten eines neuen Teilnehmers in ein Netz werden die Informationen mittels Broadcast übermittelt. Empfänger ermitteln daraus einen Ähnlichkeitswert anhand dessen entschieden wird, ob eine Verbindung aufgebaut oder die Nachricht weitergeleitet wird. Hierdurch werden Knoten mit ähnlichen Interessen bereits in der Nähe voneinander angesiedelt, was die Wege und entsprechend die Last des Netzwerkes reduziert. Gegenüber anderen Verfahren werden jedoch zusätzlich Positionsdaten benötigt und Berechnungen durchgeführt, was insbesondere den Akkuverbrauch erhöht.

Es gibt noch weitere Ansätze wie *MobiSN* [26], *TWIN* [27] und *BASA* [28], welche an dieser Stelle jedoch nicht weiter betrachtet werden.

### B. Interessenabgleich (*Interest-Matching*) & Profilbildung

Ein essentieller Punkt bei sozialen Netzwerken ist das Auffinden von Personen und Themen, welche einen interessieren. PMSNs bieten hierbei den Vorteil, dass sich Personen automatisch in der Nähe voneinander befinden, wodurch gegebenenfalls bereits ein gemeinsames Interesse gegeben ist. Beispiel hierfür sind das Auffinden von Kollegen am Arbeitsplatz, Kommilitonen an der Universität, wie auch Gleichgesinnte auf Konzerten. Aber auch ohne sich an einem entsprechenden Ort zu befinden soll es möglich sein neue Personen kennenzulernen. Bei *TWIN* [27] zeigte sich, dass nur die Verständigung mittels eines Chats nicht genug ist und dass Nutzer zumindest die Interessen anderer Personen über Profile einsehen möchte um Gemeinsamkeiten zu finden. *AdSocial* [21] geht bereits einen Schritt weiter und ermöglicht neben dem Einsehen von Profilen direkt nach Personen zu suchen, welche gleiche Interessen haben. Diese werden darauf mittels eines direkten Zeichenkettenabgleichs (*String-Matching*) evaluiert. Es ist jedoch weiterhin notwendig, dass der Nutzer selbstständig agiert und auch der Abgleich könnte effizienter gestaltet werden.

*Twimight* [22] nutzt das Hashtag-System weiter, welches bereits ein fester Bestandteil von Twitter ist. Bei diesem werden Nachrichten mit Tags versehen, um eine Einordnung in Themenbereiche vorzunehmen. Aufgrund der gegebenenfalls geringen Zeitspanne und Übertragungsrates beim Austausch wird angemerkt, dass ein einfaches Replizieren aller Nachrichten nicht sinnvoll und zumindest eine Priorisierung notwendig ist, um entsprechend die wichtigsten oder interessantesten Inhalte zu übertragen. Darauf basierend sollen zuerst die Interessen der Benutzer in Form von Hashtags ausgetauscht werden. Anhand der Tags wird ein Graph von Benutzerinteressen und Benutzern erstellt. Durch das Austauschen der Graphen untereinander soll ein möglichst gutes Abbild der Interessen und Benutzer der Umgebung entstehen, anhand dessen Nachrichten priorisiert werden können. Gleichzeitig können mittels des Graphen Benutzer identifiziert werden, welche voraussichtlich Nachrichten zu Leuten übermitteln können, die Interesse an ihnen haben oder welche Nachrichten gerade allgemein von besonders großem Interesse sind, um sie weiter zu verteilen. Sind abseits von der Automatisierung Nachrichten höher zu priorisieren, so können sie weiterhin durch manuelles Weiterleiten höher priorisiert werden. Dieser Ansatz erlaubt zwar einen automatisierten Austausch von Nachrichten, benötigt

hierfür jedoch eine Erhöhung der auszutauschenden Daten bevor eigentliche Inhalte übermittelt werden. Insbesondere der Austausch der gegebenenfalls relativ mächtigen Graphen sollte hierbei mit Vorsicht betrachtet werden.

Der durch Li et al. [25] gezeigte Ansatz tauscht ebenfalls Interessen aus, nur dass der Austausch hier bereits für den Aufbau des MANET verwendet wird und Nutzer von vornherein nur mit anderen Nutzern verbunden werden, welche für sie interessante Inhalte bereitstellen. Dies kann auch außerhalb des Content-Sharing angewandt werden und bietet den Vorteil nicht unnötig mit Nutzern verbunden zu werden. Zugleich kann es verhindern, dass Nachrichten sich auch übergreifend verbreiten.

Lee et al. [29] schlägt einen ähnlichen Ansatz vor, welcher ebenfalls mit der Ähnlichkeit von Interessen arbeitet. Der maßgebliche Unterschied besteht darin, dass keine Positionen sondern nur Interessen ausgewertet und ein anderes Bewertungsmodell verwendet wird, welches auf Basis von Kosinus-Ähnlichkeit die Ähnlichkeit von zwei Vektoren bestimmt. Des Weiteren wird im Gegensatz zu allen anderen bisher gezeigten Ansätzen die Bildung der Interessen nicht händisch vorgenommen sondern durch eine Auswertung der URLs besuchter Websites durchgeführt, aus denen das Interessenprofil des Nutzers gebildet wird. Dies ist in erster Linie kritisch bezüglich der Privatsphäre des Nutzers zu betrachten.

Der von *MobiSN* [26] verwendete Ansatz basiert ebenfalls auf der Bestimmung von Ähnlichkeitswerten, verwendet hierbei wiederum als Grundlage einen semantischen Ansatz auf Basis von Ontologien. Hierdurch lassen sich nicht nur direkte Schlüsselwörter vergleichen, sondern sogar über- und untergeordnete Interessen ableiten und in die Suche mit einbeziehen. Außerdem werden keine Schlüsselwörter zwischen den einzelnen Nutzer übertragen sondern mittels eines bereits im Voraus bestimmbareren Ähnlichkeitswertes gearbeitet, was der Privatsphäre zugute kommt. Diese Berechnung ist im Gegensatz zu anderen Ansätzen möglich, da mittels einer auf allen Systemen gleichen übergeordneten Ontologie gearbeitet wird, auf der sich alle Nutzer-eigenen Ontologien abbilden lassen. Das Ganze geschieht auf Kosten größeren Rechen- und Speicheraufwandes.

### C. Empirische Erfahrung

Obwohl Versuche mit Nutzern [21], [23] auf Konferenzen durchgeführt wurden, waren die Testgruppen eher klein. Die Ergebnisse zeigen in erster Linie, dass die Umsetzung eines PMSN auf geringe Distanzen mit kleiner Personenzahl möglich ist. Bei der Studie *TWIN* [27] wurden deshalb explizit mit 250 Personen eine größere Teilnehmerzahl und die Auswertung der Nutzererfahrung in den Vordergrund gestellt. Die Feldstudie verlief über neun Wochen. Hierbei ergab sich, dass die Personenzahl nicht ausreichend ist, um regelmäßige Kommunikation mittels des PSMN zu ermöglichen und dies, obwohl das Einsatzgebiet in erster Linie aus dem Campus der Universität bestand. Dies entspricht zwar dem Prinzip, dass Social-Media-Dienste eine gewisse Anzahl an Personen benötigen um zu funktionieren (*Critical Mass Challenge*), hängt jedoch auch von der Implementation des Systems ab. Mittels einer DTN Unterstützung können auch weiterhin Nachrichten ausgetauscht werden, selbst wenn viele einzelne Personen unterwegs sind. Es konnte zumindest im Ansatz ermittelt werden, dass PMSNs die Nutzung von OSNs nicht

beeinflusst, sondern diese eher ergänzen, da ein komplett anderer Einsatzbereich abgedeckt wird. Folglich sind PMSNs ein Komplement zu OSN, wie es auch von Wang et al. angenommen wird [2]. Die Nutzung von *TWIN* wurde als spaßig empfunden und es ist gut geeignet zur eigenen Unterhaltung, im Gegensatz zur gezielten Lösung von festgelegten Aufgabenstellungen. Das Treffen von Bekannten wie auch unbekanntenen Personen motivierte die Nutzer. Bekannte verwendeten *TWIN* nur Kommunikation im Klassenraum wohingegen andere Freunde in überfüllten Bereichen ausfindig machen konnten. 22% der Teilnehmer haben während des Experiments mindestens einen neuen Freund hinzugewonnen. Interessant war auch, dass Privatsphäre keine große Rolle für die Teilnehmer spielte. Dies kann wiederum auf das Experiment an sich zurückgeführt werden, da die Teilnehmer weiterhin das Gefühl sich in einer geschlossenen Gruppe zu befinden oder auch die geringen Möglichkeiten sein Profil zu gestalten. Die Konnektivitätsprobleme, welche *TWIN* während der Versuchszeit bezüglich der Nachrichtenübermittlung und der Multi-Hop Verbindung hatte, zeigen zusätzlich wie essentiell die Zuverlässigkeit der Kommunikation für die Nutzer ist.

#### D. Herausforderungen und Probleme

Obwohl bereits mehrere PMSNs in den letzten Jahren in der Forschung implementiert wurden, bestehen noch viele Herausforderungen und Probleme, welche es zu lösen gilt um ein ausgereiftes System zu entwickeln. Im Folgenden wird diesbezüglich näher auf die Bereiche mobile Geräte, Routing, Sicherheit, Privatsphäre, Vertrauen und Critical-Mass-Challenge eingegangen. Themenüberblicke der letzten Jahre zeigen noch weitere Möglichkeiten auf [2], [30], [31], [6].

1) *Mobile Geräte*: Typische mobile Geräte von Interesse für die Benutzung von PMSNs sind Smartphones, Tablets und Laptops. Hierbei sind vor allem die ersten beiden von großem Interesse, da sie durch ihre Größe und Gewicht noch mobiler als Laptops sind und auch mittlerweile sehr weit verbreitet. Hierdurch besteht zugleich eine Limitierung bezüglich der Hardwareausstattung. Infolgedessen gibt es Beschränkungen [9, S. 426-427], [31] bezüglich der zur Verfügung stehenden Bandbreite, des Speichers und der Batterielaufzeit. Außerdem muss von sehr unterschiedlichen Geräten ausgegangen werden. Letztlich bleibt die Problematik der unterstützten Funktechnologien. Abhängig vom aktuell verwendeten Betriebssystem (iOS, Android) und der eingesetzten Version kommt es hierbei zu starken Einschränkungen [3]. Hierzu gehört, dass eine Technologie möglicherweise nicht unterstützt wird, Interaktionen, wie die Eingabe eines PINs bei jedem Verbindungsaufbau, benötigt wird oder Root-Rechte zur Benutzung erforderlich sind, da die Technologie sonst nicht zugänglich ist, wie es bei Android mit dem Wi-Fi ad hoc Modus der Fall ist.

2) *Routing*: Auch wenn MANETs und DTNs bereits seit vielen Jahren in der Forschung untersucht werden und es eine Vielzahl von Ansätzen für das Routing gibt, haben sich bis jetzt keine Standards etablieren können. Dies liegt vor allem daran, dass keine einheitliche Lösung existiert. Jedes Protokoll bietet in Abhängigkeit von der Situation Vor- und Nachteile bezüglich unterstützter Funktionalitäten und den Limitierungen mobiler Geräte. Wie bei den vorgestellten PMSNs unter IV-A zu sehen ist, gibt es keine Einheitlichkeit in der Wahl der eingesetzten Protokolle. Die Forschung neigt vermehrt zu Ansätzen im Bereich DTNs [2], [30], [31], [6]. Dies setzt

jedoch auch Beschränkungen bei den möglichen Funktionalitäten. So können direkte Nachrichten an Personen nicht zuverlässig übermittelt werden, wobei dies für Nutzer wichtig ist, wie unter IV-C aufgeführt. Für Chats beispielsweise ist die Technik von Natur aus nicht ausgelegt. Auch wenn es Realisierungsansätze gibt [32], wären MANETs entsprechend besser geeignet. Folglich gilt es weiterhin ein möglichst optimales Verfahren zu entwickeln, welches im Kontext von PMSNs eingesetzt werden kann und eine gewisse Funktionsvielfalt unterstützt. Hybride DTN-MANET Ansätze sind hierbei eine noch kaum betrachtete Rubrik.

3) *Sicherheit (Security)*: Die Sicherheit von Daten spielt eine wichtige Rolle, da die Übertragung von Daten nicht nur direkt sondern auch über andere Teilnehmer des Netzwerkes per Multi-Hop erfolgt. Entsprechend muss verhindert werden, dass andere Teilnehmer vertrauliche Daten nicht auslesen können. Hierfür werden Sicherheitsmechanismen wie Verschlüsselung und Authentifikation [2] benötigt. Die Realisierungen dieser Mechanismen in einer dezentralen Struktur stellt hierbei das Problem dar.

4) *Privatsphäre (Privacy)*: Aufgrund der Tatsache, dass in sozialen Netzwerken viele persönliche Daten ausgetauscht werden, spielt Privatsphäre eine wichtige Rolle [2], [30], [31], [6]. Der Nutzer muss immer in der Lage sein zu bestimmen, wer wie weit Einsicht in seine Daten erhält um entsprechend eingreifen können. Zugriffskontrollen sind ein üblicher Mechanismus hierfür. Privatsphäre beeinflusst ebenso die unter IV-B besprochenen Bereiche Interessenvergleich und Profilbildung. Bei ersterem werden in Abhängigkeit vom Verfahren Daten an andere Nutzer übermittelt um den Vergleich durchführen zu können. Um diese dabei privat zu halten, muss entsprechend ein Verfahren genutzt werden, welches einen Vergleich ohne Übermittlung der privaten Daten durchführt, wie es beispielsweise bei MobiSN [26] der Fall ist. Bei letzterem ist es kein Problem, wenn der Nutzer seine Daten manuell eingibt. Soll das Profil wiederum automatisch gebildet werden, so muss Transparenz herrschen um die Privatsphäre zu gewährleisten.

5) *Vertrauen (Trust)*: Vertrauen beschäftigt sich mit dem Thema, dass nicht jeder Teilnehmer in einem Netzwerk die gleiche Beziehung zu einem anderen Teilnehmer hat. Entsprechend wird einigen mehr oder weniger Vertrauen entgegen gebracht [2]. Dies kann bereits eine Grundlage sein, ob eine Verbindung zu dieser Person aufgebaut wird oder über sie Daten weitergeleitet werden. Das Problem hierbei ist die Ermittlung, ob ein Knoten vertrauenswürdig ist. Basis hierfür können vorherige Interaktionen und gemeinsame Interessen sein. Folglich geht Vertrauen mit den Themen Privatsphäre und Sicherheit einher und kann eine Grundlage im Social-based-Routing darstellen [18].

6) *Critical-Mass-Challenge*: Noch mehr als OSNs benötigen PMSNs eine gewisse Nutzerzahl, welche aktiv am Netzwerk teilnimmt, damit dieses funktionieren kann, denn ohne genügend Nutzer kann sich erst gar kein Netzwerk bilden. Dies kann als Critical-Mass-Challenge bezeichnet werden [27]. Entsprechend werden Anreize benötigt, um Nutzer zur Teilnahme am Netzwerk zu ermutigen und seine Daten und Ressourcen zu teilen. Generelle Systeme hierfür sind [2]:

*Micro-Payment-Systeme* um gewünschte Dienste zu erhalten. Diese sind unter anderem aus dem Bereich der Online-Videospiele bekannt, bei denen in sogenannten Item-Shops

virtuelle Gegenstände angeboten werden, welche den Spieler antreiben das Spiel weiter zu nutzen. Eine weitere Möglichkeit sind *Reputations-Systeme*. Diese arbeiten nach dem Prinzip, dass ein gutes Verhalten entsprechend durch andere belohnt wird. Des Weiteren bieten *soziale Ansätze* einen Reiz, indem Nutzern das Gefühl gegeben wird einen besonderen Beitrag zu leisten. Letztlich bleiben noch Gemeinschaftsstrukturen (Communities). Personen möchten an diesen teilhaben und sie aufrechterhalten. Wie genau diese Verfahren eingesetzt werden können, gilt es zu klären.

## V. EIGENER ANSATZ

Trotz vieler Ansätze in der Forschung innerhalb der letzten Jahre gibt es bis jetzt kein PMSN auf dem Markt. Ziel dieses Projektes ist es, ein Netzwerk zu entwickeln, welches im Anschluss öffentlich eingesetzt werden kann. Als Betriebssystem soll Android verwendet werden, welches im Gegensatz zu iOS Open Source ist und in der Entwicklung mehr Freiheiten ermöglicht. Das Netzwerk soll ähnlich Twitter und Facebook dem allgemeinen Zweck dienen Informationen zu verbreiten und Menschen zu verbinden. Die Problemstellung ist hierbei, einen entsprechenden Kompromiss bei den aufgeführten Herausforderungen und Problemen zu finden um die Anwendung realisieren zu können. Vorrangig erforscht werden sollen hierbei die Entwicklung eines Protokolls für das möglichst optimale Routing in einem PMSN, sowie der Interessenvergleich zur bestmöglichen Zusammenführung von Nutzern. Die Entwicklung soll in vier Phasen erfolgen: Evaluation, Entwurf, Implementierung und Test, welche im Folgenden kurz erläutert werden.

### A. Evaluation

Die Evaluation beschäftigt sich mit dem Festlegen der Rahmenbedingungen des PMSN. Hierbei gilt es zu entscheiden, welche Funktionalitäten das Netzwerk bereitstellen soll. Im Anschluss muss geprüft werden, wie diese Funktionen mittels MANET, DTN oder DTN-MANET realisiert werden können. Gegebenenfalls muss die Funktionsvielfalt eingeschränkt werden, wenn die Realisierung zu komplex ist. Nichtsdestotrotz sollen auch Funktionalitäten angestrebt werden, welche nicht explizit nur in den Rahmen von MANETs oder DTNs fallen. Eine Orientierungshilfe stellen hierbei typische Funktionen großer OSN dar.

### B. Entwurf

Während des Entwurfs gilt es aus den Rahmenbedingungen der Evaluationsphase die Architektur für das soziale Netzwerk zu erstellen. Hierbei sollen Referenzarchitekturen bereits entwickelter PMSNs betrachtet werden, um entsprechend Vor- und Nachteile verschiedener Ansätze einfließen zu lassen bzw. zu vermeiden.

### C. Implementierung

Während der Implementationsphase soll das soziale Netzwerk auf Basis der zuvor entworfenen Architektur prototypisch implementiert werden.

### D. Test

Für den abschließenden Test zum Ende des Projekts wäre eine große Nutzergruppe von Interesse, um möglichst viele Erkenntnisse für den öffentlichen Einsatz sammeln zu können. Neben der allgemeinen Nutzung sollte das Netzwerk auch in speziellen Szenarien und Sonderfällen getestet werden. Beispiele hierfür sind unter anderem viele Teilnehmer auf kleine Distanz, wenige Teilnehmer auf große Distanz und Lösung von speziellen Aufgabenstellungen. Ein geschlossener und öffentlicher Test an der HAW wäre denkbar ähnlich der Feldstudien bei *TWIN* [27].

## VI. RISIKEN

Bei der Aufgabe ein PMSN zu realisieren gibt es einige Risiken, welche das Erreichen des Zieles verhindern können. Erstens ist das Projekt relativ groß und entsprechend ambitioniert ist die Realisierung durch eine einzelne Person in dem gegebenen Zeitraum von drei Semestern. Um dem Problem entgegenzuwirken können weitere Teilnehmer gesucht werden, welche sich dem Projekt anschließen. Alternativ kann die Aufgabenstellung entsprechend in der Evaluationsphase möglichst überschaubar vom Funktionsumfang gestaltet werden. Ein weiteres Risiko stellen die bisher geringen Kenntnisse im Bereiche von MANETs, DTNs und Android dar. Hier können sich bei der Einarbeitung noch unerwartete Probleme ergeben. Gleiches gilt für das Testen von Protokollen und Peer-to-Peer Anwendungen, sowohl im begrenzten Maße während des Projekts, als auch im abschließenden großen Test zum Abschluss.

## VII. ZUSAMMENFASSUNG UND WEITERES VORGEHEN

In dieser Ausarbeitung wurde ein Einblick in das Thema umgebungsbasierte mobile soziale Netzwerke gegeben. Hierbei wurden Grundlagen zu den Themen sozialer Netzwerke, Mobile-ad-hoc-Networks, Delay-tolerant-Networks, DTN-MANET-Hybriden sowie Funktechnologien vermittelt. Anschließend wurde anhand von Szenarien aufgezeigt, wie PMSNs sowohl in Ausnahmefällen, wie Krisensituationen, als auch im Alltag innerhalb von Gebäuden oder zum Dating eingesetzt werden kann. Anschließend wurden verwandte Arbeiten innerhalb der Forschung der letzten Jahre näher betrachtet. Hierbei wurden als erstes verschiedene Ansätze für PMSNs aufgezeigt. Als nächstes wurden unterschiedliche Herangehensweisen des Interessenvergleichs und der Profilbildung diskutiert. Darauf erfolgte eine Darstellung der bisheriger empirischen Erfahrungen mit PMSNs. Als Letztes wurden anhand von Routing, Sicherheit, Privatsphäre, Vertrauen und Critical-Mass-Challenge einige der bestehenden Herausforderungen und Probleme näher betrachtet, welche es noch zu lösen gilt. Im Anschluss wurde das geplante weitere Vorgehen aufgezeigt, welches die Entwicklung eines PMSN von der Evaluation der Rahmenbedingungen, über einen Architekturentwurf und dessen Implementierung bis hin zu einem Testlauf des Systems vorsieht. Hierbei sollen die Schwerpunkte der Arbeit auf Routing und Interessenvergleich liegen. Letztlich wurden Risiken genannt, welche das Projekt behindern können. Diese liegen in der Größe des Projektes und geringen Kenntnissen in den Bereichen MANETs, DTNs, Android und dem Testen von Protokollen und Peer-to-Peer Anwendungen. Für das weitere Vorgehen ist angedacht, in Projekt 1 Erfahrungen mit Android in Kombination mit MANETs und DTNs zu

sammeln, indem ein kleiner Prototyp eines PMSN entwickelt wird. Zusätzlich sollen erste Schritte der Evaluationsphase angegangen werden, in welcher die Funktionen des späteren PMSN definiert werden und geprüft wird, wie diese mittels DTNs beziehungsweise MANETs realisiert werden können. Im Rahmen von Anwendungen 2 soll sich näher mit Architekturen von PMSNs befasst werden. Die Arbeit an dem Projekt findet als Teil der iNet Group unter Professor Schmidt statt.

## LITERATUR

- [1] A. Stein, "StreetPass-Germany." [Online]. Available: <http://streetpass-germany.de/>
- [2] Y. Wang, A. V. Vasilakos, Q. Jin, and J. Ma, "Survey on mobile social networking in proximity (MSNP): Approaches, challenges and architecture," *Wireless Networks*, vol. 20, no. 6, 2014, pp. 1295–1311.
- [3] T. Hossmann, D. Schatzmann, P. Carta, and F. Legendre, "Twitter in Disaster Mode: Smart Probing for Opportunistic Peers," in *Proceedings of the third ACM international workshop on Mobile Opportunistic Networks - MobiOpp '12*. New York, New York, USA: ACM Press, Mar. 2012, pp. 93–94. [Online]. Available: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doi=2159576.2159601>
- [4] Twitter Inc., "Twitter - Company and press information." [Online]. Available: <https://about.twitter.com/de/company>
- [5] Facebook Inc., "Facebook - Company Info." [Online]. Available: <http://newsroom.fb.com/company-info/>
- [6] N. Kayastha, D. Niyato, P. Wang, and E. Hossain, "Applications, Architectures, and Protocol Design Issues for Mobile Social Networks: A Survey," *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, no. 12, 2011, pp. 2130–2158.
- [7] Diaspora-Projekt, "Diaspora." [Online]. Available: <https://diasporafoundation.org/>
- [8] LOVOO GmbH, "LOVOO." [Online]. Available: <https://de.lovo.com/>
- [9] I. Basagni, Stefano; Conti, Marco ; Giordano, Silvia; Stojmenovic, Ed., *Mobile Ad Hoc Networking: The Cutting Edge Directions*, 2nd ed. Wiley-IEEE Press, 2013. [Online]. Available: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1118087283.html>
- [10] T. Clausen and P. Jacquet, "Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)," RFC 3626 (Experimental), 2003. [Online]. Available: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt>
- [11] C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," RFC 3561 (Experimental), 2003. [Online]. Available: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>
- [12] Z. J. Haas, M. R. Pearlman, and P. Samar, "The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks," Published Online, 2002. [Online]. Available: <http://www.ietf.org/proceedings/02nov/I-D/draft-ietf-manet-zone-zrp-04.txt>
- [13] T. Spyropoulos, K. Psounis, and C. S. Raghavendra, "Spray and Wait: An Efficient Routing Scheme for Intermittently Connected Mobile Networks," in *Proceedings of the 2005 ACM SIGCOMM Workshop on Delay-tolerant Networking*, ser. WDTN '05. New York, NY, USA: ACM, 2005, pp. 252–259. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1080139.1080143>
- [14] A. Lindgren, A. Doria, E. Davies, and S. Grasic, "Probabilistic Routing Protocol for Intermittently Connected Networks," RFC 6693 (Experimental), Aug. 2012. [Online]. Available: <http://www.ietf.org/rfc/rfc6693.txt>
- [15] A. Balasubramanian, B. N. Levine, and A. Venkataramani, "Replication Routing in DTNs: A Resource Allocation Approach," *Networking, IEEE/ACM Transactions on*, vol. 18, no. 2, Apr. 2010, pp. 596–609.
- [16] K. Wei, X. Liang, and K. Xu, "A Survey of Social-Aware Routing Protocols in Delay Tolerant Networks: Applications, Taxonomy and Design-Related Issues," *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, vol. 16, no. 1, 2014, pp. 556–578.
- [17] P. Hui, J. Crowcroft, and E. Yoneki, "Bubble Rap: Social-based Forwarding in Delay Tolerant Networks," in *Proceedings of the 9th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*, ser. MobiHoc '08. New York, NY, USA: ACM, 2008, pp. 241–250. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1374618.1374652>
- [18] E. M. Daly and M. Haahr, "Social Network Analysis for Routing in Disconnected Delay-tolerant MANETs," in *Proceedings of the 8th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*, ser. MobiHoc '07. New York, NY, USA: ACM, 2007, pp. 32–40. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1288107.1288113>
- [19] P. Hui and J. Crowcroft, "How Small Labels Create Big Improvements," in *Proceedings of the 2006 ACM CoNEXT Conference*, ser. CoNEXT '06. New York, NY, USA: ACM, 2006, pp. 34:1—34:2. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1368436.1368478>
- [20] J. Whitbeck and V. Conan, "HYMAD: Hybrid DTN-MANET Routing for Dense and Highly Dynamic Wireless Networks," in *World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks Workshops, 2009. WoWMoM 2009. IEEE International Symposium on a*, 2009, pp. 1–7.
- [21] E. Sarigöl, O. Riva, P. Stuedi, and G. Alonso, "Enabling social networking in ad hoc networks of mobile phones," *Proceedings of the VLDB Endowment*, vol. 2, no. 2, Aug. 2009, pp. 1634–1637. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.14778/1687553.1687611>
- [22] T. Hossmann, F. Legendre, P. Carta, P. Gunningberg, and C. Rohner, "Twitter in Disaster Mode: Opportunistic Communication and Distribution of Sensor Data in Emergencies," in *Proceedings of the 3rd Extreme Conference on Communication: The Amazon Expedition*, ser. ExtremeCom '11. New York, NY, USA: ACM, 2011, pp. 1:1—1:6. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/2414393.2414394>
- [23] A.-K. Pietiläinen, E. Oliver, J. LeBrun, G. Varghese, and C. Diot, "MobiClique: Middleware for Mobile Social Networking," in *Proceedings of the 2Nd ACM Workshop on Online Social Networks*, ser. WOSN '09. New York, NY, USA: ACM, 2009, pp. 49–54. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1592665.1592678>
- [24] "Haggle FAQ." [Online]. Available: <https://code.google.com/p/haggle/wiki/FAQ>
- [25] H. Li, K. Bok, and J. Yoo, "An Efficient Mobile Social Network for Enhancing Contents Sharing over Mobile Ad-hoc Networks," in *Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT), 2012 13th International Conference on*, 2012, pp. 111–116.
- [26] J. Li, H. Wang, and S. U. Khan, "A Semantics-based Approach to Large-Scale Mobile Social Networking," *Mobile Networks and Applications*, vol. 17, no. 2, Apr. 2012, pp. 192–205. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1007/s11036-011-0330-6>
- [27] K. Väänänen-Vainio-Mattila, P. Saarinen, M. Wäljas, M. Hännikäinen, H. Orsila, and N. Kiukkonen, "User Experience of Social Ad Hoc Networking: Findings from a Large-scale Field Trial of TWIN," in *Proceedings of the 9th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, ser. MUM '10. New York, NY, USA: ACM, 2010, pp. 10:1—10:10. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1899475.1899485>
- [28] D. Zhang, D. Zhang, H. Xiong, C.-H. Hsu, and A. V. Vasilakos, "BASA: building mobile Ad-Hoc social networks on top of android," *Network, IEEE*, vol. 28, no. 1, 2014, pp. 4–9.
- [29] J. Lee and C. S. Hong, "A Mechanism for Building Ad-hoc Social Network Based on User's Interest," in *Network Operations and Management Symposium (APNOMS), 2011 13th Asia-Pacific*, Sep. 2011, pp. 1–4.
- [30] N. Vastardis and K. Yang, "Mobile Social Networks: Architectures, Social Properties, and Key Research Challenges," *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, vol. 15, no. 3, 2013, pp. 1355–1371.
- [31] X. Hu, T. H. S. Chu, V. C. M. Leung, E.-H. Ngai, P. Kruchten, and H. C. B. Chan, "A Survey on Mobile Social Networks: Applications, Platforms, System Architectures, and Future Research Directions," *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, vol. PP, no. 99, 2014, p. 1.
- [32] M. Skjegstad, K. Lund, E. Skjervold, and F. T. Johnsen, "Distributed chat in dynamic networks," in *MILITARY COMMUNICATIONS CONFERENCE, 2011 - MILCOM 2011*, Nov. 2011, pp. 1651–1657.