

Beispielapplikationen für die Pervasive University

Alexander Höhfeld, Hannes Frey, Peter Sturm

Universität Trier
Abteilung Informatik, Systemsoftware & Verteilte Systeme
{hoehfeld, sturm}@syssoft.uni-trier.de

University of Southern Denmark
Department of Mathematics & Computer Science
frey@imada.sdu.dk

Abstract: Das Paradigma „Pervasive University“ als Nachfolgemodell einer Notebook-University gibt dedizierte Rahmenbedingungen für Applikationen im e-Learning und Campusumfeld vor, bietet aber auch Freiraum und Chancen für neue Betrachtungsweisen und Techniken. Die vorliegende Arbeit stellt einige ausgewählte Beispielapplikationen und die von Ihnen genutzten Middlewarekomponenten exemplarisch vor und beleuchtet in diesem Zusammenhang neuartige Kommunikationsmuster aus dem Umfeld der Pervasive University.

1 Einführung

Universitäten sind die ideale Umgebung für die Erprobung von Multihop-Adhoc-Netzen (MANETs) und damit auch für die Verwirklichung wichtiger Meilensteine des Pervasive Computing. Der Universitätscampus bildet die räumliche Basis für interagierende mobile Geräte, deren Besitzer ähnliche oder streckenweise sogar gleiche Ziele verfolgen. In diesem Umfeld kann zumindest während der Lehrveranstaltungen und der Mensazeiten eine hinreichend hohe Gerätedichte erreicht werden, die den Fortschritt in der Gesamtheit aller ausgeführten verteilten Anwendungen deutlich voran bringt. Nicht zuletzt sind junge Menschen die optimale Besetzung für groß angelegte Feldversuche, da sie gegenüber Neuerungen meist sehr aufgeschlossen sind und mehrheitlich als besonders technophil gelten. Aus wissenschaftlicher Sicht stellen sich gleichzeitig reizvolle Herausforderungen. Die realisierten Lösungsansätze müssen den sehr unterschiedlichen Lehr- und Lernansätze trotz der hohen Fehler- und Störanfälligkeit in Multihop-Adhoc-Netzen gerecht werden. Die unterstützten Anwendungen müssen teilweise längere Trennungen vom Universitätscampus überstehen und trotzdem für alle Beteiligten einen Nutzwert darstellen. Und Vorteile wie eine hinreichend hohe Gerätedichte können sich im Fall eines vollbesetzten Hörsaals schnell in einen Nachteil umkehren, wenn eine Sättigung des Mediums - im bevorzugten Fall einer funkbasierten Kommunikation - eintritt.

Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms 1140 „Basissoftware für selbstorganisierende Infrastrukturen für vernetzte mobile Systeme“ sollten im SOUL-Projekt die Möglichkeiten und Grenzen von Multihop-Adhoc-Netzen für Anwendungen aus dem Bereich des „e-Learnings“ untersucht werden. Aufgrund der besonderen Umstände können nur

Anwendungsklassen erfolgreich in einem MANET realisiert werden, die robust gegenüber Topologieänderungen und Kommunikationsfehlern sind und hohe Latenzen bei der Nachrichtenkommunikation verkraften. Da in einem MANET auch eine zuverlässige Routinginfrastruktur fehlt, müssen alle Anwendungsentscheidungen auf der Grundlage des lokalen Gerätezustands und der unmittelbaren Nachbarschaft getroffen werden, um globale Anwendungsziele synergetisch zu erreichen. Außerdem sind altruistische Verhaltens- und Kommunikationsmuster essentiell für den Gesamterfolg des Zusammenspiels an verteilten Anwendungen in einem MANET.

Die implementierten Anwendungen aus dem Bereich e-Learning werden im nachfolgenden Kapitel detaillierter vorgestellt. Anschließend wird auf die herausgearbeiteten Interaktionsmuster für MANETs und die im Verlauf des Projektes entwickelten Simulations- und Ausführungsumgebungen eingegangen.

2 Applikationen

Im Folgenden werden die einzelnen Applikationen, die im Rahmen des SOUL-Projektes entwickelt wurden, kurz beschrieben:

Campusradio - Zur Verbreitung von Informationen von großer Nachfrage, aber mit geringem Datenumfang wurde ein Hintergrundverbreitungsdienst [FLG04] entworfen, der Daten in vorgegebenen geographischen Räumen verteilt. Dieser eignet sich z.B. zur Verbreitung von Veranstaltungsinformationen auf einen Universitätscampus oder auch nur lokal im Umfeld eines Fachbereichsgebäudes. Die Verteilung der Informationen erfolgt dabei in zwei unabhängigen Phasen: Neu empfangene Informationen werden direkt weiterpropagiert, später werden sie nur noch mit geringer Periode wiederholt. Um eine maximale Netzlast nicht zu überschreiten, passt sich diese Periode an die Netzwerkdichte und an das allgemeine Nachrichtenaufkommen an. Das Campusradio wurde innerhalb der Simulationsumgebung JANE [FGL03, GF06] entwickelt und getestet.

Die Applikation **Distributed Script** [GTS06] erlaubt das Annotieren von Vorlesungsfolien zur gemeinsamen verteilten Erstellung eines Vorlesungsskripts. Grundlegend ist hier der jeweils für die Vorlesung geltende Veranstaltungskontext, der auf den beteiligten Geräten durch ein Objekt repräsentiert wird, das die zugehörigen Informationen verwaltet und zusätzlich die Kommunikation zwischen den Geräten an die vorhandene Netzwerktopologie anpasst. Innerhalb einer Veranstaltung kann eine zuverlässige Multihop Interaktion mit Rücksicht auf eine entsprechend hohe Gerätedichte stattfinden, außerhalb des Veranstaltungsortes kann zur Veranstaltungszeit mit Geräten innerhalb der Veranstaltung kommuniziert werden und unabhängig von Ort und Zeit können Informationen en-passant ausgetauscht werden. Die Anwendung wurde ebenfalls innerhalb der Simulationsumgebung JANE auf Basis der SELMA Middleware [GLF04] realisiert.

UbiBay [FGL04] ist eine verteilte Auktionsplattform, vergleichbar mit eBay. Jedes beteiligte Gerät kann dabei eigene Auktionen starten und in anderen Auktionen auf sog. Informationsmärkten (Orten mit hoher Gerätedichte) teilnehmen. UbiBay basiert dabei vollständig auf dem Kommunikationsmuster marktplatzbasierte Kommunikation, d.h.

der Nutzer muss sich nicht physisch am Ort des Marktplatzes befinden, sondern Softwareagenten übernehmen diese Rolle. Informationen über Marktplätze und Auktionen werden mit Hilfe eines auf Beaconing basierendem PeriodiCast Protokolls [FLG04] verteilt. Nach einer Auktion werden die beteiligten Nutzer über die Ergebnisse der Auktion informiert. Dazu versuchen die Agenten sich en-passant in Richtung einer durch den Benutzer definierten Homezone zu bewegen. Das Thema Sicherheit wurde im Rahmen der Entwicklung nicht betrachtet – UbiBay wurde für geringwertige Güter entwickelt, die auf einem Universitätscampus gehandelt werden könnten. Die Anwendung wurde in einem dreistufigen Entwicklungsprozess erst in der Entwicklungsumgebung JANE simuliert, im Hybridmodus emuliert und später auf reeller Hardware getestet.

UbiQuiz [GFH05] ist eine Applikation zum Austausch und Lernen von Prüfungsfragen im Stil von „Wer wird Millionär“. Hier bildet die en-passant Kommunikation das grundlegende Kommunikationsmuster für die Verteilung der Fragen und Antworten. Hierfür werden applikationsspezifische peer-to-peer Overlays gebildet, in denen lokal nur mit Geräten desselben Overlays Informationen ausgetauscht werden. Zusätzlich zur en-passant Verteilung der Fragen, kann aktiv mit benachbarten Geräten kommuniziert werden, z.B. zur Realisierung der Joker. UbiQuiz wurde auf Basis der in JANE implementierten Middleware SELMA entwickelt und prototypisch auf reeller Hardware getestet.

Ebenfalls auf Basis des Kommunikationsmusters marktplatzbasierte Kommunikation wurde auf der Middleware GecGo [SFG04] die Anwendung **al** (self-organizing system for arranging lifts) realisiert. Die Applikation erlaubt das Erstellen von Mitfahrangeboten und -gesuchen. Entsprechende Informationen werden en-passant in Richtung von Informationsmärkten verbreitet. Wird ein passendes Tupel aus Gesuch und Angebot gefunden, wird der entsprechende Sender darüber informiert. Die Anwendung **al** wurde prototypisch auf reeller Hardware realisiert.

3 Kommunikationsmuster

Marktplatzbasierte Kommunikation - Das marktplatzgestützte Kommunikationsmuster eignet sich zur Realisierung von Applikationen auf der Basis von Softwareagenten in großflächigen ad hoc Netzen, in denen eine zuverlässige Ende-zu-Ende-Kommunikation nicht immer möglich ist. Diese treten in bestimmten vordefinierten Regionen (Marktplätzen) miteinander in Verhandlung. Hierbei ist es nicht erforderlich, dass sich das Ursprungsgerät des Agenten auf dem Marktplatz selber befindet. Nach Erzeugung eines Agenten wird dieser durch geographisches Routing vom Ursprungsgerät in die Marktplatzregion transportiert und agiert auf lokalen Wirtsgeräten. Um eine zuverlässige Ende-zu-Ende-Kommunikation zwischen Agenten zu ermöglichen, befinden sich Marktplätze in Regionen mit hoher Knotendichte. Nach erfolgreichem Abschluss des Agentenprotokolls wird der Urheber des Agenten, der sich an einer zwischen Ursprungsgerät und Agenten verhandelten Homezone befindet, über das Resultat benachrichtigt.

En-passant Kommunikation - Das en-passant Kommunikationsmuster ermöglicht das effektive Austauschen von Daten über kurze Verbindungszeiträume zwischen zwei Geräten. Jedes Gerät ist hierbei einem oder auch mehreren Overlays zugeordnet. Für eine

gegebene Applikation definiert jeder Overlay eine bestimmte Zugehörigkeitsklasse. Beispielsweise ist in einem Informationsverteilungsdienst jede Informationskategorie ein Overlay. Daten werden bei einer Kommunikation jeweils nur an die benachbarten Knoten verteilt, in denen dasselbe Overlay genutzt wird.

4 Technische Umsetzungen

Im Rahmen des SOUL-Projektes wurden alle Applikationen und Middlewarekomponenten vor der Realisierung auf realer Hardware bereits in adäquaten Simulationsumgebungen implementiert und getestet. Die für die JAVA-Applikationen genutzte Middleware SELMA wurde dabei auf Basis von JANE (Java Ad-hoc Network Environment), einer komplett in JAVA implementierten Simulationsumgebung für Multihop Ad-hoc Netzwerke, entwickelt. GecGo (Geographic Gizmos) dagegen wurde auf dem .NET Compact Framework implementiert und ist ebenfalls eine Middleware für Multihop ad-hoc Netze, die auf der Idee basiert, dass Middleware und Applikationen in einem solchen Netz eng miteinander verknüpft sein müssen, um den Anforderungen an sie zu genügen.

Begleitend zu dem Entwurf der diskutierten Applikationen wurden im Verlauf des Projektes aus wiederholt auftretenden sich gleichenden Lösungsansätzen generische Basisdienste identifiziert und in den eigens für das SOUL Projekt implementierten Middleware-Plattformen zusammengefasst. Diese werden im Folgenden kurz dargestellt:

Beaconing-Dienst – Ein Beaconing-Dienst stellt durch periodischen Nachrichtenaustausch mit benachbarten Geräten Information über die gegenwärtig erreichbaren Nachbarknoten zur Verfügung. Den in JANE implementierten Beaconing-Diensten ist gemeinsam, dass sie in jeder Beacon-Nachricht je nach Einsatzzweck zusätzliche Daten von anderen Diensten als Nutzlast mitführen können. (vgl. hierzu auch den im Informationsradio genutzten PeriodiCast).

Neighbor-Discovery-Dienst – Der Neighbor-Discovery-Dienst stellt lokal Daten über benachbarte Geräte bereit und setzt in der Regel auf einem Beaconing-Dienst auf. Neighbor-Discovery wird beispielsweise im geographischen Routing dazu verwendet, um die aktuelle Position der unmittelbaren Nachbarn zu erfragen. In JANE ist jeweils eine One-Hop- und einen Two-Hop-Neighbor-Variante implementiert.

Link-Layer-Dienst – Dieser Dienst stellt eine plattformunabhängige Toolbox verschiedener Kommunikationsprimitiva (lokaler Uni-, Multi- und Broadcast) für die Kommunikation mit unmittelbaren Nachbarn zur Verfügung und bildet diese auf die zugrunde liegende MAC-Schicht ab. IN JANE sind mehrere Alternativimplementierungen vorhanden; von einer abstrahierten zuverlässigen Version bis hin zu einer realistischen IEEE 802.11 Implementation.

Routing-Framework – Routing wird in der JANE Umgebung durch ein Zusammenspiel mehrerer Dienste realisiert. Zentrales Element ist hierbei der Routing-Service, welcher die Multihop-Kommunikationsprimitiva Uni-, Multi-, Broad-, Any- und Geocast basierend auf Single-Hop Kommunikation zur Verfügung stellt.

5 Zusammenfassung

Die vorgestellten Applikationen und Middlewarekomponenten belegen das breite Spektrum an Möglichkeiten zur sinnvollen Unterstützung und Erweiterung des digitalen Campuslebens und des Paradigmas „Pervasive University“. Sie erfordern allerdings den Einsatz neuer dedizierter Kommunikationsmuster, wie der der Informationsmärkte oder der en-passant Kommunikation und müssen an die Gegebenheiten und Besonderheiten eines Universitätscampus angepasst sein (Bewegungsmodelle, Partitionierung, Gerätedichte etc.). Obwohl das SOUL-Projekt 2006 beendet wurde, werden die gewonnenen Erkenntnisse und entwickelten Middlewarekomponenten in Folgeprojekten weiterhin Verwendung finden.

Literaturverzeichnis

- [Ga04] Gabarenko, Y: Informationsverteilung in mobilen Ad-hoc-Netzwerken. Diplomarbeit, Universität Trier, 2004
- [GTS06] Görgen, D.; Transier, M.; Sturm, P.; Effelsberg, W.: Distributed Script – Prototyping a mobile application for multi-hop ad-hoc networks. Technischer Bericht TR-06-02, Universität Trier, 2006
- [GFH05] Görgen, D.; Frey, H.; Hutter, C.: Information Dissemination based on the en-passant communication pattern. In: Fachtagung Kommunikation in Verteilten Systemen (KiVS), Kaiserslautern, 2005
- [GF06] Görgen, D.; Frey, H.: JANE – The Java Ad-hoc Network simulation and evaluation Environment. In: 9th International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems, 2006
- [BGH05] Brust, M.; Görgen, D.; Hutter, C.; Rothkugel, S.: ADS as Information Management Service in an M-Learning Environment. In: 8th International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information & Engineering Systems (KES), Wellington, 2004
- [SFG04] Sturm, P.; Frey, H.; Görgen, D.; Lehnert, J.: Supporting Smart Applications in Multihop Ad-Hoc Networks – The GecGo Middleware. In: 8th International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information & Engineering Systems (KES), Wellington, 2004
- [FGL04] Frey, H.; Görgen, D.; Lehnert, J.; Sturm, P.: Auctions in mobile multihop ad-hoc networks following the marketplace communication pattern. In: 6th International Conference in Enterprise Information Systems (ICEIS), Porto, 2004
- [GLF04] Görgen, D.; Lehnert, J.; Frey, H.: SELMA: A Middleware platform for Self-Organizing Distributed Applications in Mobile Multihop Ad-hoc Networks. In: Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulations (CNDS), San Diego, 2004
- [FGL03] Frey, H.; Görgen, D.; Lehnert, J.; Sturm, P.: A Java-based uniform workbench for simulating and executing distributed and mobile applications. In: FIDJU 2003 International Workshop on Scientific Engineering of Distributed Java Applications, Luxembourg 2003
- [FLG04] Frey, H.; Lehnert, J.; Görgen, D.; Sturm, P.: A generic background dissemination service for mobile ad-hoc networks. Technischer Bericht TR-04-01, Universität Trier, 2004
- [FG05] Frey, H.; Görgen, D.: Planar graph routing on geographical clusters. In: Ad Hoc Networks, Special Issue on Data Communication and Topology Control in Ad Hoc Networks, Vol. 3, Nr. 5, Seite 560-574, 2005