

# Erfahrungsbericht zur praktischen Umsetzung eines Auktionssystems für großflächige mobile multihop Ad-hoc-Netzwerke

Hannes Frey, Daniel Görgen, Johannes K. Lehnert, Peter Sturm

## 1 Einleitung

Mobile multihop Ad-hoc-Netzwerke, die auf jegliche Backbone-Strukturen in der Form von stationären Servern (bzw. Access Points) und leitungsbasierten Kommunikationsstrecken verzichten, sind eine große wissenschaftliche und technische Herausforderung. Aufgrund der zunehmenden Miniaturisierung mobiler Geräte in der Form von PDAs, PocketPCs und Smartphones und den anhaltenden Fortschritten im Bereich der drahtlosen Kommunikation (WLAN, Bluetooth) werden darauf aufsetzende mobile Netze in der näheren Zukunft eine wachsende Bedeutung gewinnen. Charakteristisch für derartige Netze ist die Notwendigkeit zur Kooperation zwischen allen beteiligten Geräten, um rechnerübergreifende Ziele, wie z.B. die Interaktion zwischen entfernten Mobilgeräten, zu erreichen. Ein wesentlicher Teil dieser Kooperation besteht sogar in einem eher altruistischen Systemverhalten, indem eigentlich unbeteiligte Dritte zeitlich und in begrenzbarem Umfang Speicher-, CPU- und Kommunikationsressourcen für andere zur Verfügung stellen. Die Ziele verteilter mobiler Anwendungen werden in diesem Fall synergetisch durch alle im Mobilnetz beteiligten Geräte erbracht.

Die hohe Dynamik in Multihop-Netzen insbesondere aufgrund der Gerätebewegung und das stetige Kommen und Gehen von Nachbarn in Sendereichweite eines mobilen Geräts können nur durch selbstorganisierende Systemarchitekturen beherrscht werden. Ein in diesem Artikel vorgestellter möglicher Systemansatz setzt auf einem marktplatzbasierten Kommunikationsmuster für mobile Anwendungen auf (vgl. hierzu auch „Marketplaces as Communication Patterns in Mobile Ad-Hoc Networks“, KiVS 2003). Ein wesentlicher Teil des verteilten Zustands einer mobilen Anwendung konzentriert sich in dieser Architektur in ein oder mehreren geographischen Arealen, den sogenannten Marktplätzen. Daten und/oder mobiler Code (Agenten) werden von mobilen Geräten durch ein positionsbasiertes Routingverfahren zu einem ausgewählten Marktplatz weitergeleitet. Code oder Daten verweilen – ggf. durch einen stetigen Wechsel des Wirtsgerätes – in der unmittelbaren Nähe des gewählten Marktplatzes, bis ein anwendungsspezifisches Ziel erreicht wurde. In diesem Fall wird das ermittelte Ergebnis wieder über positionsbasiertes Routing an den Initiator zurückgesendet.

Ein Prototyp einer marktplatzbasierten Systemarchitektur wird aktuell für die Implementierung und Erprobung von mobilen Anwendungen eingesetzt, die ein zum zentralen Kommunikationsmuster der Marktplätze passendes Interaktionsprofil haben und die mit den vergleichsweise hohen inhärenten Latenzen

einer selbstorganisierenden mobilen Systemarchitektur zurecht kommen. Zu diesen mobilen Anwendungen gehört UBIBAY, eine mobile Auktionsplattform für räumlich begrenzte Gebiete wie z.B. Innenstädte, Universitäten, Firmen oder Großveranstaltungen (vgl. hierzu auch „Auction in mobile multihop ad-hoc networks following the marketplace communication pattern“, PWC 2003). Nachfolgend wird in Abschnitt 2 die Applikation UBIBAY genauer erläutert. Die Darstellung der bisher implementierten Systemarchitektur für mobile Anwendung erfolgt im anschließenden Abschnitt 3. Schließlich wird in Abschnitt 4 eine Evaluationsplattform vorgestellt, welche sich sowohl zur Simulation als auch zur realen Umsetzung mobiler Anwendungen wie z.B. UBIBAY eignet. Hier erfolgt auch eine kurze Darstellung eines interaktiven UBIBAY Versuchsaufbaus, wie er auf der CeBIT 2003 vorgestellt werden soll.

## 2 Das mobile Auktionssystem UBIBAY

UBIBAY ist ein Onlineauktionssystem, welches für den Einsatz auf mobilen Kleincomputern wie PDAs oder Notebooks konzipiert ist. Die Grundlage der Kommunikation bildet hierbei ein multihop Ad-hoc-Netzwerk, welches von den mobilen Geräten selbst getragen wird. Eine zusätzliche Infrastruktur wird nicht benötigt. Insbesondere werden keine dedizierten Auktionsserver von dem System verlangt. Heutige mobile Kleincomputer stehen hinsichtlich Rechenleistung und Speicherkapazität älteren Desktoprechnern zwar in keiner Weise nach, das Hauptproblem solcher mobilen Geräte bildet jedoch die fehlende externe Energieversorgung und der „erhöhte“ Energiebedarf für die drahtlose Kommunikation. Ziel des UBIBAY Prototypen ist es somit, eine möglichst nachrichteneffiziente, funktionierende Auktion unter den gegebenen Voraussetzungen zu realisieren. Weiterhin sind Ad-hoc-Netzwerke der vorausgesetzten Ausdehnung einer Innenstadt inhärent partitioniert. Somit ist in der Regel die Kommunikation unter alleiniger Verwendung des Ad-hoc-Netzwerkes zwischen verhandelnden Partnern auf direktem Wege nicht möglich. Um dennoch unter diesen erschwerten Bedingungen eine funktionierende Kommunikation zwischen verhandelnden Partnern zu ermöglichen, verwendet UBIBAY das oben beschriebene marktplatzbasierte Kommunikationsmuster.

UBIBAY Auktionen finden in geographisch beschränkten Bereichen, den sogenannten UBIBAY Marktplätzen, statt. Die blaue Kreislinie in Abbildung 1 stellt beispielsweise solch einen Auktionsmarktplatz dar. Benutzer, die eine eigene Auktion starten bzw. sich an einer laufenden Auktion beteiligen wollen, müssen jedoch nicht physisch auf dem Marktplatz präsent sein. Es ist vielmehr jedem Benutzer erlaubt, fremde Geräte für Auktionszwecke zu verwenden. Hierzu werden Softwareagenten auf fremde Geräte, die sich auf Auktionsmarktplatz befinden, platziert. Diese verhandeln anschließend mit anderen Agenten im Auftrag des Benutzers. Agenten sind nicht an ein einzelnes Gerät gebunden, sondern können während ihrer Lebenszeit Geräte wechseln. Damit ist es möglich, daß sich ein außerhalb des Marktplatzes gestarteter Agent durch Wechseln seines Wirts in Richtung Marktplatz bewegen kann, bis er diesen schließlich erreicht. Um einem Agenten nach Beendigung seiner Verhandlungen zu ermöglichen seinem Urheber das Verhandlungsergebnis mitzuteilen, definiert das Marktplatzkommunikationsmuster sogenannte Homezones. Die Homezone eines Benutzers definiert einen feststehenden beschränkten geographischen Bereich, an dem dieser

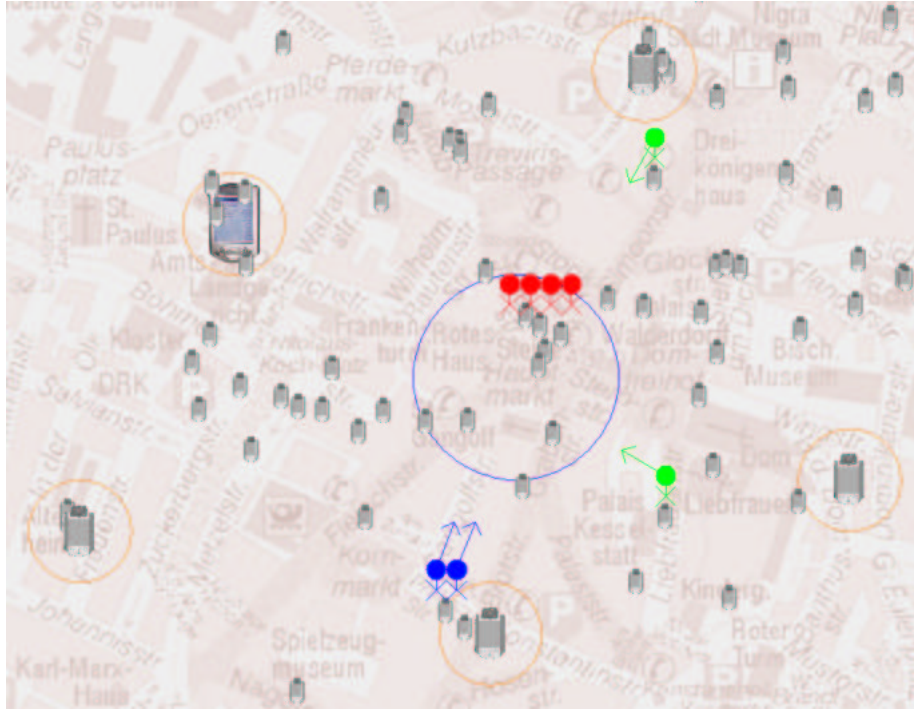


Abbildung 1: Screenshot einer simulativen Ausführung von UBIBAY

mit erhöhter Wahrscheinlichkeit anzutreffen ist. Dies kann z.B. eine geographische Region um seine Wohnungsadresse sein. Homezones lassen sich jedoch auch individuell für Agenten festlegen. Diese stellen dann eine Übereinkunft zwischen Urheber und Agent dar, wann und wo der Besitzer über die Ergebnisse einer Verhandlung benachrichtigt werden will. Ein Agent der seinen Benutzer über das Resultat seiner Verhandlungen zu benachrichtigen hat, wechselt von seinem Marktplatz in seine Homezone und verweilt dort, bis er auf das Gerät seines Urhebers wechseln kann. In Abbildung 1 stellen die gelben Kreislinien die Homezones der dort abgebildeten mobilen Geräte dar.

UBIBAY unterscheidet drei Agentenklassen: Bietagenten, Auktionsagenten und Informationsagenten. Diese sind in Abbildung 1 grün, rot bzw. blau dargestellt. Ein Auktionsagent ist genau einer Auktion zugeordnet, die dieser auf dem Marktplatz verwaltet. D.h. der aktuelle Gebotsstand bzw. Gewinner und die einkommenden neuen Gebote werden von diesem Agenten verwaltet. Bevor ein UBIBAY Benutzer an einer laufenden Auktion teilnehmen kann, muß dieser zunächst Informationen über die aktuellen Auktionen auf dem Marktplatz erfragen. Hierzu dient der Informationsagent, welcher auf dem Marktplatz Auktionsinformationen von allen dort befindlichen Auktionsagenten ermittelt und diese anschließend seinem Urheber in der Homezone zur Verfügung stellt. Im Anschluß können Bietagenten für die Auktionsteilnahme auf den Marktplatz verschickt werden. Ein Bietagent sendet sukzessive Gebote an den Auktionator bis sein Maximalgebot erreicht ist, bzw. bis dieser von keinem anderen Agenten weiter überboten wird. Im ersten Fall kehrt der Bietagent in seine Homezone

zurück, um den Besitzer über die momentane verlorene Auktion zu benachrichtigen. Nach Ablauf der Auktion kehren der Auktionator und der Gewinner der Auktion in ihre entsprechenden Homezones zurück, um deren Urheber über das Resultat der Auktion zu informieren.

### 3 Eine Middleware für mobile Applikationen

Neben der Evaluierung der Anwendbarkeit der marktplatzbasierten Kommunikation für „große“ Ad-hoc-Netzwerke, wird UBIBAY mit anderen innerhalb dieser Arbeitsgruppe implementierten mobilen Applikationen auch auf generische Komponenten untersucht, welche sich als mögliche Komponenten einer Middleware eignen. Die im Rahmen dieser Arbeiten mittlerweile ermittelten Komponenten sollen hier kurz dargestellt werden (vgl. hierzu auch Abbildung 2).

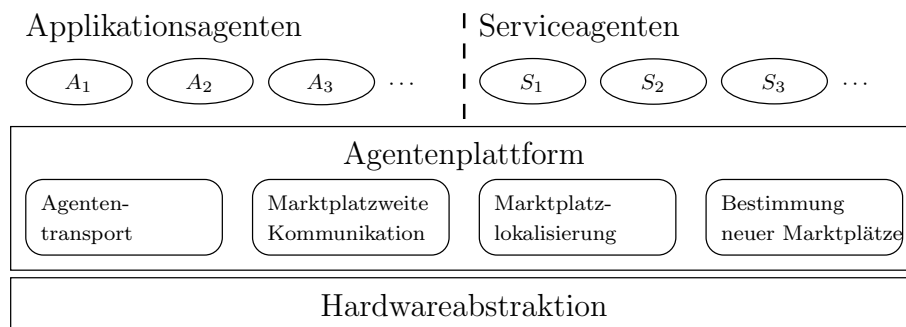


Abbildung 2: Vereinfachtes Architekturbild einer Middleware für mobile agentenbasierte Applikationen

Die komplexeren Komponenten der Middleware benötigen eine gewisse Grundfunktionalität, welche von der konkreten Hardware zur Verfügung gestellt werden muss. Um die Middlewareplattform in einem heterogenen Umfeld mobiler Kleincomputer sinnvoll umsetzen zu können, wird diese Grundfunktionalität von einer abstrakten Hardware-schicht zur Verfügung gestellt. Die gegenwärtigen Aufgaben dieser Schicht sind die Bestimmung der eigenen Geräteposition in karthesischen Koordinaten, eine abstrakte Schnittstelle zum Versenden von „lokalen“ Unicast- und Broadcastnachrichten und das Ermitteln der aktuellen unmittelbaren Nachbarn, d.h. der Geräte, mit denen eine direkte Kommunikation möglich ist.

Auf dieser abstrakten Hardware basiert die Agentenplattform mit den gegenwärtig implementierten Diensten, die folgende Aufgaben erfüllen: Transport der Agenten, marktplatzweite Kommunikation, Lokalisierung existierender Marktplätze und Bestimmung geeigneter neuer Marktplatzpositionen.

Der Service für den Agententransport sichert, trotz Gerätemobilität und daraus resultierenden möglichen permanenten Kommunikationsabbrüchen, eine verlustfreie Übertragung von Agenten zwischen den mobilen Geräten. Weiterhin wird mithilfe positionsbasierten Routings Agenten ermöglicht, die Position ihres

Zielmarktplatzes zu erreichen. Kommunikationsabbrüche während einer Agentenübertragung können jedoch zu Agentenduplikaten führen. Das Übertragungsprotokoll gewährleistet jedoch stets, dass jedes Duplikat über eine mögliche Duplizierung informiert wird. Die umgekehrte Richtung gilt jedoch nicht, d.h. erhält ein Agent eine Benachrichtigung über ein mögliches Duplizieren, so muß nicht notwendigerweise ein Duplikat entstanden sein.

Die Marktplatzkommunikation umfaßt marktplatzweites Adressieren eines Empfängeragenten. Hierbei sind Agenten während der Kommunikation nicht an ihr gegenwärtiges Trägergerät gebunden, sondern können während der Kommunikation ihr Gerät wechseln. Kommunikation zwischen zwei Agenten wird mittels topologiebasierten Routings realisiert. Eine weitere Komponente dieses Services ist ein marktplatzweites Fluten. Hierbei werden Nachbarschaftsinformationen verwendet, um ein möglichst effizientes Fluten zu ermöglichen.

Die Position von Marktplätzen, wie z.B. die eines UBIBAY Marktplatzes muß nicht notwendigerweise vorab festgelegt sein. Vielmehr können Marktplätze dynamisch erzeugt bzw. auch wieder entfernt werden. Damit ist es notwendig, einen Dienst zu haben, welcher das Auffinden von Marktplätzen zu einer gewünschten Applikationsklasse ermöglicht. Der Marktplatz-Lokalisierungsdienst ermöglicht das Verteilen dieser Information mithilfe epidemischer Nachrichteninfektion im gesamten Ad-hoc-Netzwerk.

Um Agenten einen möglichst guten Zugang zu Marktplätzen zu ermöglichen und eine möglichst zuverlässige Kommunikation auf Marktplätzen zu ermöglichen, sollten diese sinnvollerweise in Bereichen mit hoher Gerätepopulation (Hotspots) erzeugt werden. Der Dienst für die Erstellung neuer Marktplätze ermittelt in verteilter Weise eine Karte von Aufenthaltswahrscheinlichkeiten, mit deren Hilfe solche Hotspots erkannt werden können.

Die Agenten, die die Dienste der Agentenplattform verwenden, werden in zwei Klassen unterschieden. Applikationsagenten realisieren die verteilten Anwendungen, wie z.B. die Auktions-, Biet- und Informationsagenten in UBIBAY. Neben den Applikationsagenten gibt es noch Serviceagenten, welche an keine speziellen Applikationen gebunden sind, sondern spezielle Aufgaben auf dem Marktplatz, wie z.B. Duplikatseliminierung, Lastmonitoring oder Ticketservice übernehmen.

## **4 Eine Evaluationsplattform für mobile Anwendungen**

Zur Untersuchung von UBIBAY und anderen Applikationen für mobile multihop Ad-hoc-Netzwerke steht eine in der Arbeitsgruppe entwickelte Simulationsumgebung zur Verfügung. Simulationen sind im Bereich von selbstorganisierenden Anwendungen für Ad-hoc-Netzwerke sehr wichtig, da Applikationen aufgrund vielfältiger Beschränkungen (verfügbare Anzahl von Testgeräten und -personen etc.) nur selten oder gar nicht in Feldversuchen untersucht werden können. Zudem können Algorithmen bzw. Applikationen in Simulationen viel schneller auf ihre Tauglichkeit untersucht werden. Die Simulationsumgebung konzentriert sich auf die makroskopische Simulation der Applikationen, d.h. der Fokus liegt weniger auf der detailgetreuen Simulation des drahtlosen Netzwerks, sondern auf der möglichst einfachen Umsetzbarkeit von Algorithmen bzw. Applikationen in

Kombination mit großen Geräteanzahlen.

Die möglichst einfache Umsetzbarkeit von Applikationen wird in mehrfacher Hinsicht durch die Simulationsumgebung unterstützt. Zum einen existieren für alle wichtigen Aspekte wie Kommunikation zwischen Geräten, Device Discovery, Positionsbestimmung, Simulation von Benutzerinteraktion, Erhebung statistischer Daten etc. Abstraktionen, die die Programmierung erleichtern. Zum anderen können alle Aspekte einer Applikation visualisiert werden, was die schnelle Analyse des Applikationsverhaltens ermöglicht.

Falls eine Applikation nach ausführlicher Analyse in Simulationen in einem Feldversuch sozusagen im „richtigen Leben“ getestet werden soll, so ist die Verwendung herkömmlicher Simulationsumgebungen für mobile multihop Ad-hoc-Netzwerke problematisch, da die Portierung der Anwendung auf reale Hardware oft eine komplette Neuentwicklung der Anwendung erfordert.

Der hohe Abstraktionsgrad der oben beschriebenen Simulationsumgebung erlaubt es, für die Simulation implementierte Applikationen direkt auf realer Hardware auszuführen. Einzig das simulierte Benutzerverhalten muß gegen eine entsprechende graphische Oberfläche ausgetauscht werden. Alle anderen Abstraktionen der Simulationsumgebung verhalten sich für die Anwendung gleich, werden aber durch hardware-spezifische Implementierungen ausgetauscht. So wird z.B. die Gerätekommunikation auf UDP-Kommunikation über IEEE802.11b abgebildet. Durch die Austauschbarkeit der Abstraktionsimplementierungen ist gleichzeitig eine leichte Anpaßbarkeit an verschiedene Hardwareumgebungen gegeben.

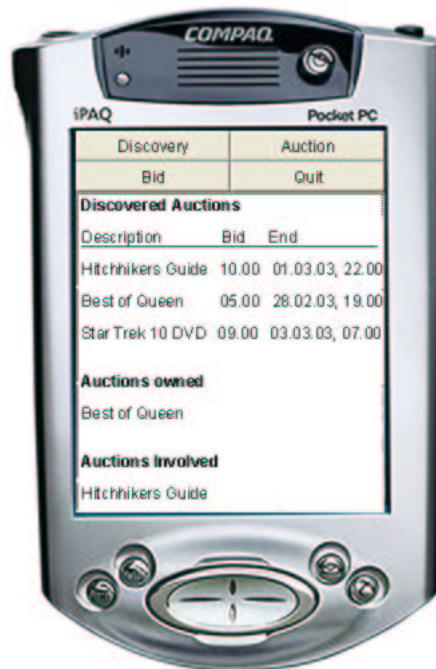


Abbildung 3: Umsetzung von UBIBAY auf reale Hardware

Die Simulationsumgebung hat sich im bisherigen Einsatz bewährt. Der ma-

kroskopische Ansatz erlaubt die Konzentration auf die Algorithmen- und Anwendungsentwicklung und ermöglicht die Simulation großer Gerätezahlen. Auch die Portierung der Anwendungen von der Simulation auf reale Hardware erwies sich als problemlos; in der Regel ist die Implementierung einer graphischen Oberfläche auf der Hardware erheblich einfacher als die Definition des Benutzerverhaltens in der Simulation. Erste Versuche mit drei bis fünf mobilen Geräten, GPS-Empfängern zur Positionsbestimmung und IEEE802.11b zur Kommunikation sind erfolgreich durchgeführt worden.

Im Rahmen der Präsentation von UBIBAY (vgl. auch Abbildung 3) auf der CeBIT 2003 ist zudem eine Demonstrationsschnittstelle für die Simulationsumgebung entwickelt worden. Mobile Geräte wie z.B. PDAs können per RMI und IEEE802.11b an eine laufende Simulation angekoppelt werden und dort eines der Geräte steuern. Auf diese Weise kann – ohne den Aufwand des Feldversuchs – die Anwendung mit graphischer Oberfläche auf realer Hardware demonstriert und benutzt werden, während die nötige kritische Masse an mobilen Geräten mittels simuliertem Benutzerverhalten in der Simulation bereitgestellt wird.