
DIANE: Dienste in Ad-hoc-Netzen

Teilprojekt des DFG Schwerpunktprogramms 1140

“Basissoftware für selbstorganisierende Infrastrukturen für vernetzte mobile Systeme”



Zwischenbericht zur 2. Projektphase, März 2006

Effektive und effiziente Dienstsuche und -nutzung in Ad-hoc-Netzen

Prof. Dr. Birgitta König-Ries¹

Dr. Philipp Obreiter²

Dr. Michael Klein²

¹Friedrich-Schiller-Universität Jena

Institut für Informatik

Ernst-Abbe-Platz 1-4

07743 Jena

²Universität Karlsruhe

Institut für Programmstrukturen und Datenorganisation

Am Fasanengarten 5

76128 Karlsruhe

Kurzfassung

Der folgende Bericht beschreibt die im Projekt DIANE (Dienste in Ad-hoc-Netzen) in den vergangenen anderthalb Jahren im Rahmen der Förderung als Teilprojekt des SPP 1140 erzielten Ergebnisse. Das Ziel des DIANE-Projektes ist es, die in Ad-hoc-Netzen verteilt vorliegenden Ressourcen integriert nutzbar zu machen. Basierend auf dem dienstorientierten Paradigma gehen die Arbeiten davon aus, dass Ressourcen in Form von Diensten verfügbar gemacht werden. Dabei werden Mechanismen benötigt, um diese Dienste *effektiv* und *effizient* nutzen zu können.

Aufbauend auf den Basisdiensten der ersten Förderperiode haben wir uns in der zweiten Förderperiode des SPP mit der Entwicklung von Mechanismen zur Beschreibung, Vermittlung, Erbringung und motivierten Bereitstellung von komplexen Diensten beschäftigt. Das sind zum einen zusammengesetzte Dienste, die – für den Benutzer transparent – aus der statischen oder dynamischen Kombination von Basisdiensten entstehen. Das sind zum anderen Mehrparteien-Dienste, bei denen die Rollen des Dienstnehmers und Dienstgebers nicht zuordenbar sind, sondern die Beteiligten gemeinsam einen Dienst erbringen und nutzen. Im Einzelnen wurde an folgenden Punkten gearbeitet:

- *Nutzung zusammengesetzter Dienste.* Anfragen nach benötigter Funktionalität können häufig nur durch die Nutzung mehrerer Dienstgeber erfüllt werden. Die Middleware wurde daher so erweitert, dass für eine gegebene Anfrage versucht wird, deren gewünschte Effekte mittels mehrerer Dienstgeber zu überdecken, weitere Dienstgeber zur Erzielung nicht erfüllter Vorbedingungen voranzustellen und zusätzliches Wissen durch Nutzung externer Wissensdienste einzubeziehen. Die Koordination der Ausführung der diversen Teildienstgeber wird durch die Zuweisung situationsabhängiger Prioritäten gesteuert ([KSK05, Lic04, Sch05, DK04, Dom04, Ste05a, Ste05b, SKKK06]).
- *Nutzung von Mehrparteiendiensten.* Mehrparteien-Dienste werden von einer Gruppe von Teilnehmern gleichberechtigt erbracht und genutzt. Trotz dieses andersartigen Paradigmas gelang die Integration in die bestehende Middleware durch Herunterbrechen der Funktionalität in atomare Lese- und Schreibdienste. Durch geschicktes Veröffentlichen, Nutzung und Zurückziehen dieser Basisdienste ergibt sich genau die gewünschte Gesamtfunktionalität und die Fähigkeiten der Middleware werden voll ausgenutzt. Durch Einbringen zusätzlicher Proxy-Dienste und durch Replikation konnte sich eine skalierbare Lösung erreicht werden ([Mat04]).
- *Anreize zur Dienstbereitstellung.* Die an Ad-hoc-Netzen teilnehmenden Geräte sind autonom und haben daher keine inhärente Motivation, Dienste zu erbringen. Bei zusammengesetzten Diensten lassen sich die Anreizmechanismen für Basisdienste aus der ersten Projektphase direkt übertragen. Bei Mehrparteien-Diensten wurde eine Entwurfsmethodik entwickelt, die auf der wirtschaftswissenschaftlichen Theorie der Externalität beruht ([Obr06, Kue06, OKP04]).
- *Konstruktionstechnik für Anreizschemata.* Die Vielzahl von existierenden und zu erwartenden Kooperationsprotokolle für Ad-hoc Netze macht den Einsatz einer Konstruktionstechnik für Anreizschemata unumgänglich. Wir haben gezeigt, dass nur ein ganzheitlicher Entwurf des Kooperationsprotokolls unter Berücksichtigung sowohl der Effizienz als auch der Robustheit des Protokolls zweckmäßig ist. Zur Konstruktion des Anreizschemas stehen die modularen Anreizkomponenten der entwickelten Bausteinbibliothek, insbesondere das verteilte Reputationssystem EVIDIRS, zur Verfügung. Die vorgeschlagene Evaluationsmethodik besteht aus zwei Stufen und ermöglicht mit ihrer Werkzeugunterstützung sowohl eine realitätsnahe Evaluation als auch Aussagen, über die Parametrisierung und den Anwendungsbereich des Anreizschemas ([Obr06, OK05, OK06, OFN04, Obr04, Fae05, Zou05, Doe04, ON04]).
- *Demonstratoren.* Die zweite Projektphase war von Kooperationen mit anderen Teilprojekten des SPP geprägt. DIANE beteiligte sich an der Mitentwicklung von zwei lauffähigen Demonstratoren: In Kooperation mit der FU Berlin wurde ein Aufgabentauscher erstellt, der ein faires und atomares Austauschen elektronischer Güter möglich macht; mit der RWTH Aachen und der Universität Karlsruhe entstand eine dreischichtige dienstorientierte Middleware, in der Multicast-Routing, Service Management und semantische Dienstfindung vereint wurden. Diese Middleware wird von einer beispielhaften E-Learning-Anwendung genutzt ([BPK06]).

Anmerkung

Der folgende Zwischenbericht der zweiten Phase des Projektes DIANE (Dienste in Ad-hoc-Netzen) wurde nach einer Laufzeit von 18 Monaten (Oktober 2004 bis März 2006) bei einer bewilligten Projektdauer von 24 Monaten (Oktober 2004 bis September 2006) angefertigt. Anlass für die Erstellung ist die Einreichung eines Folgeantrags durch die Antragstellerin. Sämtliche Veröffentlichungen sowie die entstandenen Studien-, Bachelor und Diplomarbeiten finden sich in elektronischer Form auf der beiliegenden CD.

Einleitung

Die Verwendung eines dienstorientierten Ansatzes zur Nutzung der Ressourcen innerhalb eines Ad-hoc-Netzes hat sich als sehr vorteilhaft erwiesen [HK06]. Teilnehmer des Systems können Probleme mit den beschränkten Fähigkeiten ihrer mobilen Geräte lösen, indem sie für den jeweiligen Zweck angemessene Funktionalität anderer Geräte nutzen. Diese Nutzung führt jedoch nur dann zu einem Mehrwert, wenn sie für den Benutzer weitestgehend transparent, d.h. von der jeweiligen Anwendung gesteuert möglichst automatisch geschieht. In der ersten Phase des DIANE-Projekts wurden daher Verfahren erforscht, mit denen die Nutzung von Diensten in Ad-hoc-Netzen automatisiert werden konnte: Angebotene und benötigte Dienste wurden über die im Projekt entwickelte Dienstbeschreibungssprache *DIANE Service Description (DSD)* beschrieben und verglichen, über halbsemantische Overlays vermittelt und innerhalb eines Containermanagers ausgeführt. Da die teilnehmenden Geräte eines Netzwerks autonom sind und daher nicht inhärent zur Erbringung von Diensten motiviert sind, wurden zusätzlich Anreizmechanismen entwickelt. Alle Entwicklungen bezogen sich zunächst auf einfache Basisdienste, d.h. Dienste, die ohne Benutzerinteraktion ausgeführt werden können, nicht aus Teildiensten zusammengesetzt sind und auf klassischer Client-Server-Kooperation beruhen.

Bereits in der ersten Phase stellte sich heraus, dass solche Basisdienste zwar die Grundlage für eine dienstorientierte Architektur darstellen, für praktische Zwecke jedoch nicht ausreichen: Typischerweise ist die benötigte Funktionalität eines Benutzers so komplex, dass sie nicht mehr alleine von einem einzigen Dienstgeber erbracht werden kann, sondern eine Kombination mehrerer Dienste nötig wird. Zudem existieren gerade im Bereich E-Learning Anwendungen wie schwarze Bretter oder Lerndiskussionen, an denen eine Gruppe von Benutzern gleichberechtigt teilnimmt und somit das bipolare Client-Server-Paradigma nicht mehr angewendet werden kann. Mit solchen komplexen Diensten hat sich das DIANE-Projekt in den letzten anderthalb Jahren befasst. Insbesondere wurde untersucht, wie komplexe Dienste beschrieben, vermittelt und erbracht werden können und wie Anreize für ihre Bereitstellung aussehen müssen. Da solche Anreizmechanismen aufgrund der Komplexität der Protokolle nicht mehr spontan entwickelt werden können, wurde darüber hinaus ein Konstruktionsschema zur Erstellung von Anreizmechanismen entwickelt.

Besonderer Wert wurde in der zweiten Phase auf die Integration der Arbeiten mit anderen Teilprojekten des Schwerpunktprogramms gelegt. Entstanden sind zwei Demonstratoren: Erstens entstand in Zusammenarbeit mit der Gruppe von Prof. Schweppe (FU Berlin) ein System zum fairen und atomaren Austausch von Übungsaufgaben. Zweitens wurden die Arbeiten des DIANE-Projekts mit denen der Gruppen von Prof. Spaniol (RWTH Aachen) und Prof. Zitterbart (Uni Karlsruhe) zu einem Demonstrator vereint und so eindrucksvoll die Mächtigkeit des dienstorientierten Ansatzes in spontan gebildeten Netzen demonstriert.

Im Folgenden werden zunächst die abschließenden Ergebnisse der 1. Phase, die als Grundlage für die zweite Phase dienen, zusammengefasst. Anschließend wird im Einzelnen auf die Ergebnisse zu den Arbeitspunkten (AP) aus dem Arbeitsplan des Antrags zur zweiten SPP-Phase eingegangen und der Bearbeitungsstand geschildert.

Abschluss der 1. Projektphase

Grundlage für eine automatische Nutzung von Basisdiensten ist eine geeignete Dienstbeschreibungssprache. Im Projekt wurde hierzu die DIANE Service Description (DSD) [Kle04] sowie eine Reihe von Ontologien [Kle05a] entwickelt. Mit DSD wurde versucht, eine verwendbare und effiziente Lösung für eine semantische Dienstvermittlung

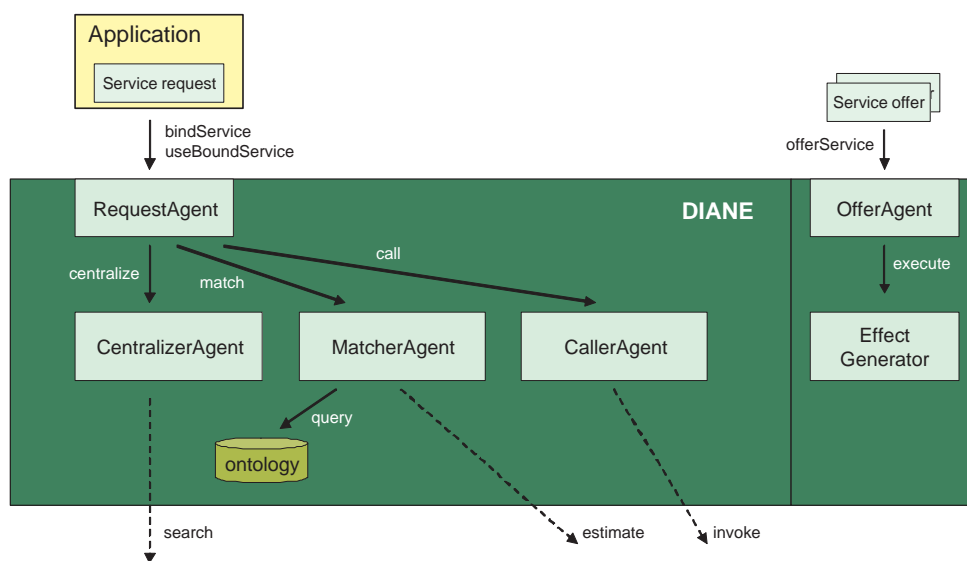


Abbildung 1: Ausgangspunkt für die 2. Phase: Die DIANE-Middleware auf Basis von DSD.

zu erreichen. DSD hat eine leichtgewichtige objektorientierte Basis und führt eine Reihe spezieller neuer Sprachkonstrukte ein, um so die Eigenheiten von Diensten erfassen zu können [KKM05]. Damit nach Diensten gesucht werden kann, muss eine dienstorientierte Architektur auch Sprachkonstrukte zu Erstellung von Dienstanfragen bereitstellen. In der ersten Phase wurden hierzu Elemente vorgeschlagen, die es ermöglichen, Anfragen sehr präzise zu formulieren, um so die Präferenzen des Anfragers für Dienste bereits in der Anfrage eindeutig zu hinterlegen [KK04a, KK04c]. Der Vergleich von Dienstbeschreibungen stellt die zentrale Komponente einer dienstorientierten Architektur dar. Seine Aufgabe ist es, zu einer gegebenen Anfragebeschreibung diejenigen Angebote zu bestimmen, die die Anforderungen der Anfrage möglichst gut erfüllen. Das Problem ist insbesondere schwierig, da Beschreibungen von Diensten nicht alle Informationen enthalten und vor der Dienstausführung konfiguriert werden können, was bei ungeschickter Wahl der Sprache leicht zu einem nicht mehr praktikablen Vergleichsaufwand führen kann. Der in der 1. Phase entwickelte semantische Vergleichler leidet nicht unter diesen Problemen, was durch die spezielle Gestalt von DSD-Beschreibungen ermöglicht wird (vgl. [KK04b, KK05]).

Ein wichtiges Ergebnis der 1. Phase des DIANE-Projekts ist die entstandene Java-basierte dienstorientierte Middleware auf Basis von DSD [Kle06], die in Abbildung 1 abgebildet ist. Auffallend ist ihre Zweiteilung: Auf der rechten Seite unterhalb des OfferAgents befinden sich Komponenten, die verwendet werden, wenn die Anwendung als Dienstgeber auftritt, auf der linken Seite unterhalb des RequestAgents Komponenten für eine Nutzung als Dienstnehmer. Für jede Dienstanfrage werden hier zunächst über den CentralizerAgent möglicherweise passende Dienstangebote im Netz eingeholt (*search*). Phase 1 hat gezeigt, dass sich hierzu Overlaystrukturen hervorragend eignen. Die eintreffenden Angebote werden dann vom MatcherAgent unter Zuhilfenahme von Ontologien (*query*) und unter Rückfragen beim jeweiligen Dienstgeber (*estimate*) verglichen, das beste ausgewählt und seine optimale Parametrisierung bestimmt. Abschließend stößt der CallerAgent die Ausführung des Dienstes an (*invoke*) und transformiert die Rückgabewerte in das von der Anwendung erwartete Format. Durch die Verwendung von DSD als Dienstbeschreibungssprache können alle Schritte dieser Dienstnutzung automatisch erfolgen.

AP 1 Zusammengesetzte Dienste

Thema des ersten Arbeitspunktes waren *zusammengesetzte Dienste*, d.h. Dienste, die ihre Leistung nicht alleine erbringen, sondern auf mehrere Teildienstgeber zurückgreifen. Man unterscheidet dabei drei Arten:

- Fall 1: Teildienstgeber können *statisch eingebunden* sein, d.h. sie werden bereits zur Entwurfszeit des Dienstes fix zugeordnet.
- Fall 2: Ausgehend von einem größeren Gesamtdienst können Teildienstgeber *dynamisch eingebunden* werden, d.h. ihre Zuordnung erfolgt erst zur Laufzeit unter Berücksichtigung der konkreten Anforderungen. Welche Arten von Dienstgebern benötigt werden, ist jedoch bereits zur Entwurfszeit bekannt.
- Fall 3: Ausgehend von einem größeren Gesamtdienst können Teildienstgeber *dynamisch eingebunden* werden, wie ihre Zerlegung in Teildienste aussieht wird, wird auch erst fallweise zur Laufzeit bestimmt.

Ziel des Arbeitspunktes war es, die nötigen Techniken im Bereich der Beschreibung, Vermittlung, Erbringung und Anreize zu entwickeln, um mit solchen zusammengesetzten Diensten umgehen zu können.

AP 1.1 Beschreibung

In diesem Arbeitspunkt wurde untersucht, welche Erweiterungen an der Dienstbeschreibungssprache der ersten Phase nötig sind, um auch zusammengesetzte Dienste beschreiben zu können. Dies stellte sich für die drei Fälle unterschiedlich dar. Zunächst wurde festgestellt, dass eine Dienstkomposition wie in *Fall 1* basierend auf statisch eingebundenen Dienstgebern für dynamische Ad-hoc-Netze ungeeignet ist. Da die Teilnehmer autonom handeln, könne Dienstgeber ausfallen bzw. ihre angebotenen Dienste ändern oder die Verbindung zu diesen abreißen, was den Gesamtdienst unbrauchbar macht. Im Folgenden wurden daher ausschließlich die dynamische Bindung betrachtet.

Im *Fall 2* ist die Zerlegung des Dienstes in Teildienste bekannt. Der Dienst kann daher als Sammlung von Dienstanfragen aufgefasst werden, die durch verschiedene Kontrollkonstrukte wie Schleifen oder Verzweigungen verbunden sind. Bei einem Aufruf des Dienstes wird dieser Ablauf durchlaufen und passende Dienstangebote für die hinterlegten Dienstanfragen genutzt. In der Literatur werden zur Beschreibung dieser Abläufe eine Vielzahl eigenständiger Prozessdefinitionssprachen vorgeschlagen, allen voran die *Business Process Execution Language for Web Services (BPEL4WS)*. Dieses Vorgehen führt jedoch zu einer Reihe von Problemen, da die Sprache sich in die existierende Sprachlandschaft aus Programmier- und Dienstbeschreibungssprache integrieren muss. Im Projekt wurde daher ein anderer Weg eingeschlagen: Die Definition eines zusammengesetzten Dienstes soll mittels einer gewöhnlichen Programmiersprache wie Java möglich sein, in der bereits alle Kontrollkonstrukte existieren. Aus dem Programmcode kann dann über spezielle Methoden der Middleware auf Subdienstgeber zugegriffen werden. Dazu stehen die Funktionen `bindService` zur Hinterlegung einer Dienstanfrage und `useBoundService` zur Konfiguration und Verwendung einer zuvor hinterlegten Dienstanfrage zur Verfügung. Ein solches Vorgehen wird möglich, da Entwickler bereits zur Entwurfszeit angeben können, wie der gewünschte Dienst aussehen soll. Ein zur Laufzeit gefundenes geeignetes Dienstangebot wird stets so von der Middleware adaptiert, dass es das vom Entwickler festgelegte Aussehen hat. In der Beschreibung des zusammengesetzten Dienstes ist wie üblich von der internen Implementierung nicht zu sehen, d.h. die Verwendung von Teildienstgebern bleibt hinter der Dienstschnittstelle verborgen.

In Fall 3 ist die Zerlegung in Teildienste unbekannt, was insbesondere für Dienstanfragen von Bedeutung ist. Der Dienstnehmer benötigt eine bestimmte Funktionalität, wie diese erbracht wird, d.h. insbesondere ob für ihre Erbringung mehrere Dienstgeber benötigt werden, spielt dabei prinzipiell für ihn keine Rolle. Beschreibungen von benötigten Diensten sollten daher nach wie vor deklarativ erfolgen, also das gewünschte Ziel beschreiben und nicht das Vorgehen, wie dieses Ziel erreicht werden kann. Zunächst war also zur Beschreibung solcher Anfragen keine Änderung an DSD nötig.

Dennoch: In vielen Fällen besteht der Wunsch nach Funktionalität nicht nur aus einem Ziel, sondern umfasst mehrere Effekte, die teilweise voneinander abhängen. Beispielsweise könnte der Anfrager ein Übungsblatt und die zugehörige Lösung oder alle Übungsblätter einer Vorlesung benötigen. Gesucht werden also Sprachelemente, die es einerseits ermöglichen, Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Effekten darstellen zu können (im Beispiel: die Lösung gehört zum Übungsblatt), und andererseits zum Ausdruck bringen können, wie viele Effekte einer Art zu erbringen sind (im Beispiel: *alle* Übungsblätter mit bestimmten Eigenschaften). Erreicht wurde dies durch zwei Spracherweiterungen: Konstrukte zur Wertübergabe innerhalb einer Beschreibung erlauben die Angabe von Zusammenhängen, Quantoren

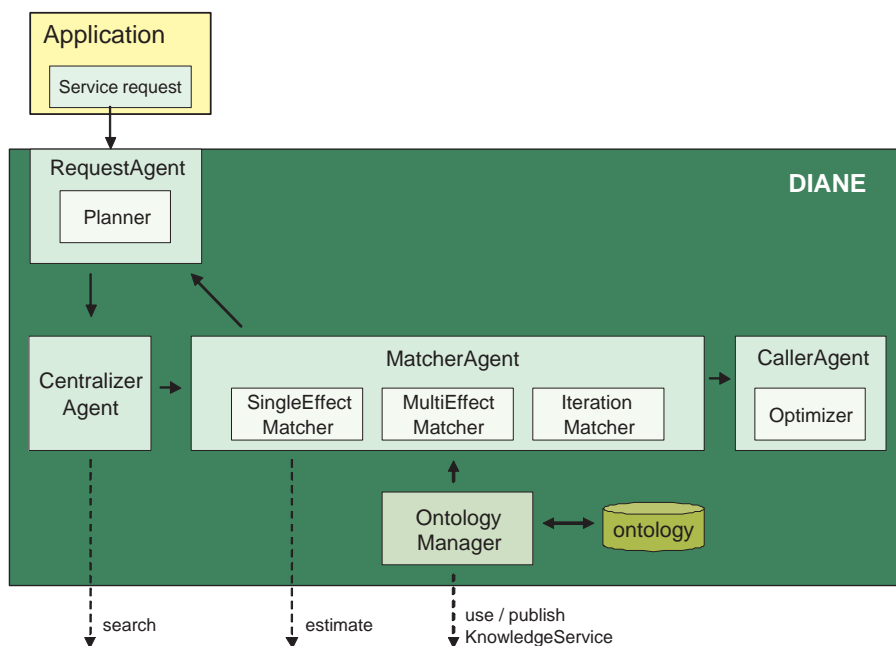


Abbildung 2: Architektur mit neuen Komponenten zur Erreichung der Ziele von AP 1.

wie `all, best 3` die Festlegung der Anzahl [Ste05a]. Die neuen Sprachelemente sind dabei so gewählt, dass ihre Verarbeitung innerhalb des Vergleichs nicht zu einer unhandhabbaren Komplexität führt.

AP 1.2 Vermittlung

Für die Vermittlung zusammengesetzter Dienste führte nur Fall 3 zu neuen Problemen; die Fälle 1 und 2 konnten direkt auf den aus der ersten Projektphase bekannten Vergleich zurückgeführt werden. Für Anfragen ohne bekannte Zerlegung hingegen muss der Vergleich um zusätzliche Logik erweitert werden, die die Anfrage auch gegebenenfalls mit mehreren Dienst Anbietern erfüllt. Dass es nicht ausreicht, für eine Anfrage nur ein Dienstangebot heranzuziehen, kann mehrere Gründe haben (vgl. [KSK05]):

- Fall A: Es steht zwar ein Dienst zur Verfügung, der den oder die gewünschten Effekte erbringen kann, seine *Vorbedingungen* sind jedoch nicht vollständig erfüllt. In einem solchen Fall ist es möglich, die Vorbedingungen über die Nutzung weiterer Dienste zunächst zu erfüllen, was zu Ketten oder Pipelines von Dienst Anbietern führt.
- Fall B: Es steht zwar ein Dienst zur Verfügung, dieser kann jedoch nur *einen Teil* der Effekte bzw. einen Teil eines Quantors erfüllen. Durch Nutzung mehrerer ähnlicher Dienste kann jedoch gegebenenfalls eine vollständige Überdeckung der in der Anfrage geforderten Effekte erreicht werden. Dabei ist darauf zu achten, dass kein Effekt mehrfach erzielt wird und die Effekte zueinander passen.
- Fall C: Es steht zwar ein Dienst zur Verfügung, aufgrund *fehlenden Wissens* kann der Vergleich jedoch nicht feststellen, ob dieser in der Lage ist, die gewünschten Effekte oder Teile davon zu erbringen. Hilfreich ist hier das Einbeziehen zusätzlicher Wissensdienste, die den Vergleich mit hilfreichen Instanzinformationen versorgen können. Ein spezieller Fall ist der einer grobgranularen Anfrage (z.B. der Wunsch, eine Reise zu buchen) und eigentlich passender, aber nicht erkannter feingranularer Angebote (z.B. die Möglichkeit, einen Flug zu buchen).

Der Fall unerfüllter Vorbedingen stellte sich als schwieriger heraus als angenommen. Problem ist, dass Vorbedingungen in den wenigsten Fällen explizit angegeben sind, sondern als implizit nicht erfüllte Bedingungen in der Anfrage

auftreten. Beispielsweise könnte nach einem Informationsdienst für ein Dokument im PDF-Format gefragt sein, jedoch nur ein Dienstangebot für das Dokument im PS-Format. Hier ist zu erkennen, dass die Bedingung nach dem Format passend gemacht werden kann, wenn ein entsprechender Konverterdienst verwendet wird. Der **RequestAgent** wurde daher um einen **Planer** erweitert (siehe Abbildung 2), der die Anfrage – falls sie nicht von einem Dienstgeber direkt erbracht werden kann – geschickt variiert, etwa indem konjunktive Bedingungen in disjunktive umgewandelt werden, Bedingungen verallgemeinert werden oder sehr spezielle Bedingungen [Den04]. Die Ergebnisse, die daraufhin vom **MatcherAgent** berechnet werden, werden dann darauf untersucht, ob sich durch Verkettung das gewünschte Gesamtergebnis zusammenstellen lässt.

Um die Fälle B und C behandeln zu können, wurde der **MatcherAgent** selbst um eine Reihe weiterer Komponenten erweitert, welche die Überdeckung der Anfrage mit mehreren Angeboten übernehmen [Ste05b]. In Abbildung 2 ist der Aufbau abgebildet. Vom **CentralizerAgent** erhält er diejenigen Dienstangebote, die sich für eine Überdeckung eignen könnten, d.h. bewusst auch solche, die den Dienst nicht vollständig erfüllen können. Der **SingleEffectMatcher** der ersten Projektphase berechnet dann, wie gut sich diese im Detail eignen. Fehlendes ontologisches Wissen fragt er bei seinem **OntologyManager** nach. Dieser hat es entweder lokal verfügbar oder versucht es über die Nutzung externer Wissensdienste oder dem direkten Austausch mit anderen **OntologyManagern** zu beschaffen – ein Thema, das selbst sehr komplex ist [Lic04, Sch05]. Auch die direkte Kontaktierung des Dienstgebers, um genauere oder aktuellere Informationen über das Angebot zu erhalten, ist nach wie vor möglich. Der **MultiEffectMatcher** berechnet hieraus dann eine geeignete Überdeckung in der Breite, d.h. er sorgt dafür, dass alle Effekte überdeckt sind; der **IterationMatcher** erstellt dagegen Überdeckungen in der Tiefe, d.h. er sorgt dafür, dass die verlangten Quantoren jedes einzelnen Effekts erfüllt sind.

AP 1.3 Erbringung

Dieser Arbeitspunkt beschäftigte sich mit der Erbringung zusammengesetzter Dienste in Ad-hoc-Netzen. Hier bestand das Problem, dass die von der Vermittlung gefundenen Dienstanbieter, welche in der Lage sind, die Anfrage zu überdecken, während ihrer Ausführung ausfallen oder unerreichbar werden können. Für die Ausführung einer Anfrage durch mehrere Dienstgeber muss also ein entsprechender Plan erstellt und laufend an die aktuellen Verhältnisse angepasst werden. In [DK04] und [Dom04] wurden dabei zwei generelle Typen von Anfragen unterschieden: Bei *Hoarding-Anfragen* legt der Dienstnehmer Wert auf Vollständigkeit, d.h. es müssen alle oder sollten möglichst viele der Teileffekte erbracht werden; bei *Selective-Anfragen* brauchen nicht alle, sondern nur n Effekte insgesamt erfüllt zu sein, diese aber möglichst schnell (First- n) oder möglichst zufriedenstellend (Top- n).

Zur Umsetzung der Ideen wurde die Ausführungskomponente (**CallerAgent**) um einen **Optimizer** ergänzt (siehe Abbildung 2). Dieser verwendet situationsabhängige Faktoren wie die Bewegung der Dienstgeber, Kosten der Dienstleistung, Dauer der Dienstleistung, Anzahl der Wege zum Dienstgeber etc., um die einzelnen an einem Ausführungsplan beteiligten Dienstgeber mit einer Priorität zu versehen. Beispielsweise erhält bei einer Hoarding-Anfrage ein Dienstgeber, dessen Dienst exklusiv von diesem erbracht werden kann und dessen Gerät sich vom Dienstnehmer fortbewegt, eine hohe Priorität. Anhand dieser Priorität werden sie in eine Warteschlange eingereiht und entlang dieser Reihenfolge abgearbeitet. Hierbei ist zu beachten, dass eine parallele Ausführung verschiedener Dienste oft aufgrund der geringen Bandbreite nicht möglich ist. Werden noch nicht ausgeführte Dienste vorzeitig unerreichbar, so muss der Dienstgeber aus der Warteschlange entfernt und eine Alternative gefunden werden. Dazu berechnet der **MatcherAgent** bei der Zusammenarbeit mit dem **Optimizer** nicht nur die beste Überdeckung, sondern gibt auch inhaltlich suboptimale Überdeckungen an den **CallerAgent** weiter. Dieser kann daraus alternative Dienstgeber extrahieren, deren Priorität berechnen und in die Warteschlange einreihen.

AP 1.4 Anreize zur Dienstbereitstellung

In diesem Arbeitspunkt war zu untersuchen, warum ein Netzteilnehmer gewillt sein kann, zusammengesetzte Dienste bereitzustellen. Die Entwicklung des verteilten Reputationssystems EVIDIRS im Rahmen des Arbeitspunkts 3.2 legte nahe, dass diesem Problem weniger durch Austauschprotokolle als durch die Mechanismen der verteilten Vertrauensbildung beizukommen ist.

Konkret bedeutet dies Folgendes: Der Gesamtdienstgeber muss nicht nur über entsprechende Ressourcen verfügen, sondern er benötigt auch Vertrauen in die Teildienstbringer. Unter diesem Gesichtspunkt werden im Gesamtsystem spezialisierte Gesamtdienstgeber hervortreten, die dadurch die Skalenvorteile bei der Vertrauensbildung mit bestimmten Teildienstgebern ausnutzen können. Damit verringert sich das Risiko dafür, als Gesamtdienstgeber aufzutreten. Ein weiterer Skalenvorteil ergibt sich aus der Entlohnung der einzelnen Teildienstgeber mit Hilfe von entsprechenden Anreizmustern (wie zum Beispiel die Inhaberwechsel [Obr06]). Als Folge dieser beiden Skalenvorteile erzielt der Gesamtdienstgeber einen Synergieeffekt bei der Bereitstellung zusammengesetzter Dienste. Dieser schafft den erforderlichen Anreiz für die Bereitschaft zur Unternehmerschaft, die bei der Zusammensetzung von Diensten benötigt wird.

Entsprechend der Ausrichtung dieses Arbeitspunkts an dem verteilten Reputationssystem ist keine gesonderte Implementierung eines Transaktionsprotokolls erforderlich. Die Auslegung des Reputationssystems als Unterstützung für utilitaristische Vertrauensentscheidungen ermöglicht es, dass Gesamtdienstgeber die obengenannten Skalenvorteile auch tatsächlich erzielen können.

AP 2 Mehrparteien-Dienste

In diesem Arbeitspunkt wurden *Mehrparteien-Dienste* betrachtet, d.h. Dienste, die von mehreren Teilnehmer gleichzeitig und gleichberechtigt erbracht und genutzt werden und somit die klassische Client-Server-Rollenverteilung nicht mehr möglich ist. Typische Vertreter solcher Dienste sind schwarze Bretter, Auktionen, gemeinsame Dateiablagen, Chat-Anwendungen etc. Bereits in der ersten Phase ergaben Befragungen, dass für Studierende solche Dienste besonders wünschenswert sind. Ziel des Arbeitspunktes war daher, die Techniken zur Beschreibung, Vermittlung, Erbringung und Anreizung solcher Mehrparteien-Dienste in Ad-hoc-Netzen zu entwickeln.

AP 2.1 Beschreibung

Das generelle Problem bei der Realisierung solcher Mehrparteien-Dienste auf Basis einer klassischen dienstorientierten Middleware sind die unterschiedlichen Paradigmen: Mehrparteien-Dienste gehen von einer Gleichberechtigung vieler Teilnehmer aus, die Dienstonutzung in der Middleware operiert jedoch jeweils streng bilateral mit den klar zugewiesenen Rollen Dienstnehmer und Dienstgeber. Die triviale Umsetzung der Mehrparteien-Dienste, bei der ein zentraler Knoten als klassischer Dienstgeber auftritt und den Dienst als Ganzes anbietet, passen nicht zu diesem Paradigma und sind auch aufgrund der nicht garantierten Verfügbarkeit der Zentrale problematisch.

Im Projekt wurde daher ein anderer Ansatz gewählt, bei dem die Funktionalität des Gesamtdienstes auf eine Reihe von atomaren Basisdiensten herunter gebrochen wird. Der Mehrparteien-Dienst kann dann als Folge klassischer Basisdienste gesehen werden, die dann in gewohnter Art und Weise über die in der ersten Projektphase entwickelte DIANE-Middleware vermittelt und ausgeführt werden können [Mat04].

Um das Herunterbrechen zu ermöglichen, wurden zunächst Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Mehrparteien-Dienste bestimmt:

- Sehr ähnlich sind gemeinsame Dateiablage und schwarzes Brett. Hier können Benutzer *Entitäten* (konkret also Dateien oder Notizen) ablegen, die dann später von anderen Benutzern abgerufen werden. Hier liegt also eine *PULL*-Semantik vor, da Informationen aktiv beschafft werden müssen.
- Umgekehrt funktioniert eine Chat-Anwendung. Hier können Benutzer sich für den Erhalt von *Entitäten* (konkret also Chat-Nachrichten) registrieren. Legt ein Benutzer eine solche Entität ab, wird sie sofort allen registrierten Benutzern zugestellt. Hier liegt also eine *PUSH*-Semantik vor.
- In jedem Fall existieren *Behälter* (konkret also Verzeichnisse, schwarze Bretter und Chaträume), in denen die Entitäten abgelegt werden können. Diese können von Benutzern eröffnet oder geschlossen werden.

Diese Anwendungsfunktionalität muss auf die folgenden klassischen Funktionen einer dienstorientierten Middleware abgebildet werden: (1) Veröffentlichen und Zurückziehen von Dienstangeboten sowie (2) Registrieren von Dienst Anfragen und automatisches Nutzen dazu passender Angebote.

Im Arbeitspunkt wurde eine Abbildung entwickelt, bei der einzelne Anwendungsfunktionen je nach Bedarf Dienste erstellen und veröffentlichen, zurückziehen und löschen bzw. suchen und nutzen, um so die Entitäten in einem Behälter abzulegen, abzurufen oder zu entfernen. Das intelligente Ankündigen, Nutzen und Zurückziehen von geschickt gewählt Basisdiensten erbringt also in der Summe die gewünschte Funktionalität der Anwendung. Bei einem Mehrparteien-Dienst mit PULL-Semantik wie dem schwarzen Brett führt das Schreiben einer Notiz zur Erstellung eines *Lesedienstes*, dessen Nutzung gerade den Inhalt der Nachricht ausgibt. Zum Lesen der Notizen eines schwarzen Brettes nutzt man demnach alle passenden Lesedienste, d.h. die Anfrage ist wie in AP 1 beschrieben allquantifiziert. Das Löschen einer Notiz kann nur sein Ersteller, indem er den Lesedienst zurückzieht. Bei Mehrparteien-Diensten mit PUSH-Semantik wie der Chat-Anwendung hingegen führt der Eintritt in einen Chatraum zur Erstellung eines *Schreibdienstes*, durch dessen Nutzung der Ersteller des Dienstes die Nachricht angezeigt bekommt. Zum Schreiben einer Nachricht müssen also alle Schreibdienste des gewünschten Chatraums genutzt werden. Ein Austritt aus einem Chatraum erfolgt durch Zurückziehen des eigenen Schreibdienstes.

Die Vorteile dieses Vorgehens liegen auf der Hand: Es wird kein zentraler Dienstgeber benötigt, wodurch kein zentraler Fehlerpunkt entsteht. Fällt einer der Teilnehmer aus, sind seine Entitäten zwar nicht mehr sichtbar, die Anwendung als Ganzes läuft jedoch weiter. Vorausgesetzt die Dienstvermittlung verläuft dezentral (wie es durch Overlay-Protokolle möglich wird), wird der Mehrparteien-Dienst bei dieser Umsetzung gleichberechtigt von seinen Teilnehmern erbracht. Zudem wird die gesamte vorhandene Infrastruktur genutzt, insbesondere die an das Ad-hoc-Netz angepassten Dienstvermittlungsprotokolle basierend auf Multi- oder Anycast. Die Anwendung ist aus diesem Grund unabhängig von dem zugrunde liegenden Netz.

AP 2.2 Vermittlung

Da Mehrparteien-Dienste wie im letzten AP vorgestellt auf gewöhnliche Basisdienste herunter gebrochen werden konnten, waren keine Änderungen an der Architektur nötig, um ihre Vermittlung durchzuführen. Sie konnte auf die standardmäßige Vermittlung durch die Middleware der ersten Projektphase zurückgeführt werden. Wichtig ist jedoch, dass ein effizientes Vermittlungsprotokoll zum Einsatz kommt, welches die Ressourcen des Ad-hoc-Netzes schont. Als Beispiele eignen sich hier das in der ersten Projektphase entwickelte LANES-Protokoll oder ein Service Management, wie es in einem der Demonstratoren verwendet wird (siehe AP 5.2).

Der Vergleich der Beschreibungen der Basisdienste verwendet bereits Techniken aus dem ersten AP. Insbesondere sind bereits Dienst Anfragen nötig, die mittels eines Allquantors ausdrücken, dass sie an der Nutzung jedes verfügbaren passenden Dienstes interessiert sind. Auch die Integration der einzelnen Basisdienste zum endgültigen Mehrparteien-Dienst erfolgt nach dem Schema der Dienstkomposition mit dynamischer Zerlegung und bekannter Zerlegung (Fall 2).

AP 2.3 Erbringung

Auch die in diesem Arbeitspunkt zu betrachtende Erbringung des Mehrwert-Dienstes benötigt prinzipiell keine Erweiterungen der Middleware – die zugrunde liegenden Basisdienste werden von den *OfferAgents* der anbietenden Geräte verwaltet und bei Bedarf ausgeführt. Aufgrund der feinen Granularität und der damit einhergehenden großen Zahl an Basisdiensten kann es jedoch zu Skalierungsproblemen kommen. Beispielsweise müssen für die Abfrage der n Nachrichten eines schwarzen Brettes im schlechtesten Fall n verschiedenen Dienstgeber kontaktiert werden. Auch durch das häufige Anbieten und Zurückziehen von Lese- und Schreibdiensten kann die Effizienz des Gesamtsystems leiden.

Um diesem Problem zu begegnen liegt es nahe, ähnliche Lese- und Schreibdienste zusammenzufassen und als ein gebündeltes Dienstangebot anzubieten, sodass einem Dienstnehmer bei einer Dienstnutzung mit weniger Dienstgebern in Kontakt treten muss und somit die Effizienz deutlich gesteigert werden kann. Es entsteht ein *Stellvertreter*-

oder *Proxy-Dienstangebot*, welches mehrere Dienstangebote bündelt und die Einzeldienstangebote nach außen hin quasi verdeckt. Auch die zugehörigen Einzeldienstbeschreibungen werden zu einer neuen Gesamtbeschreibung summiert und veröffentlicht. Diese enthält in der Regel Möglichkeiten zur Parametrisierung, um auch auf die ursprünglichen Einzeldienste zuzugreifen. Der Knoten, der diese Bündelung vornimmt, wird *Proxy-Dienstgeber* genannt. Zu seinen Aufgaben gehört neben der Zusammenfassung der Beschreibungen auch die Abwicklung der Dienstbringung der hinter dem Proxy-Dienstangebot verborgenen Einzeldienste sowie das gebündelte Zurückliefern der Ausführungsergebnisse. Proxy-Dienstgeber nehmen zwar eine besondere Rolle in der Erbringung eines Mehrparteien-Dienstes ein, dürfen aber nicht mit einem zentralen Dienstgeber verwechselt werden, da sie Einzeldienstbringung nur beschleunigen, nicht vollständig ersetzen. Ein Ausfall eines Proxy-Dienstgebers führt daher nur zu einer Effizienzverschlechterung, nicht aber zum Zusammenbruch der Anwendung. Die Mehrbelastung eines Proxy-Dienstgebers muss gegebenenfalls gesondert angereizt werden (siehe AP 2.4).

Eine weitere Effizienzsteigerung der Dienstbringung kann durch *Replikation* der Einzeldienste erreicht werden. Ein Dienst wird dabei nicht mehr nur vom ursprünglichen Anbieter angeboten, sondern auch von anderen, bevorzugt leistungsstarken Knoten im Netz. Im Falle einer Anfrage nach einem solchen vervielfältigten Dienst kann der Proxy-Dienstgeber den Dienst sofort lokal ausführen und muss den ursprünglichen Einzeldienstgeber nicht kontaktieren, was einerseits die gesamte Ausführungszeit verkürzt, andererseits die Einzeldienstgeber und das Netz entlastet. Die Replikation von Diensten auf mehrere Knoten erhöht demnach die Verfügbarkeit und Effizienz der Dienstbringung. Soll ein Einzeldienst zurückgezogen werden, muss darauf geachtet werden, dass alle Replikate entfernt werden.

AP 2.4 Anreize zur Dienstbereitstellung

Mehrparteien-Dienste sind dadurch charakterisiert, dass es keinen expliziten Dienstnehmer gibt. Daher war zu untersuchen, wie das Prinzipal-Agent-Transaktionsmodell erweitert werden kann, um das Fehlen eines expliziten Prinzipals zu berücksichtigen.

Diese Fragestellung wurde im Rahmen von [Kue06] mit Hilfe wirtschaftswissenschaftlicher Theorien bearbeitet. Es bieten sich zu diesem Zweck sowohl die Theorie der Externalität als auch die der öffentlichen Güter an [MR04]. Letzte stellt den Spezialfall dar, dass jeder Netzteilnehmer sowohl Prinzipal als auch Agent des Mehrparteien-Dienstes ist. Dies ist allerdings selten der Fall, da es auch bei Mehrparteien-Diensten ausgezeichnete Nutznießer und -bringer gibt. Somit stellt die Theorie der Externalität den geeigneten Ausgangspunkt dar. Entscheidend bei dieser Theorie ist es, sowohl positive als auch negative externe Effekte zu internalisieren¹. Daher wurde in [Kue06, OKP04] eine Methodik entwickelt, mit der zunächst solche Effekte aufgespürt werden. Anschließend wird mit entsprechenden Mechanismen die Wahrnehmbarkeit von Effekt-bezogenen Verhalten erhöht und mit Hilfe des Reputationssystems aus Arbeitspunkt 3.2 solches Verhalten bewertet. Durch diese Bewertung der Netzteilnehmer ist es möglich, sie durch Vertrauenszug zu bestrafen oder mit den Anreizmustern der ersten Projektphase zu belohnen [ON03]. Dies führt einem Anreiz zur Beteiligung an der Bereitstellung eines Mehrparteien-Dienstes.

Die Erkenntnisse aus Arbeitspunkt 3.1 legen nahe, dass diese Methodik zur Anreizgebung ein integraler Bestandteil des Entwurfs eines Mehrparteien-Dienstes sein muss.

AP 3 Konstruktionstechnik für Anreizschemata

Ziel von Arbeitspunkt 3 war eine Konstruktionstechnik, die den Aufwand und die Komplexität des Entwurfs von Anreizschemata verringert. Diese Notwendigkeit ergibt sich daraus, dass es für Ad-hoc-Netze eine Vielzahl von existierenden und zu erwartenden Kooperationsprotokolle gibt.

AP 3.1 Eignung von Kooperationsprotokollen

¹Unter einem externen Effekt versteht man eine Folge aus einer Aktion, die nicht nur den handelnden Netzteilnehmer sondern auch andere betrifft. Wenn der Handelnde für die Vor- und Nachteile einer solchen Aktion belohnt beziehungsweise bestraft wird, nennt man den externen Effekt als internalisiert.

Bei der Formulierung dieses Arbeitspunktes wurde davon ausgegangen, dass Anreizschemata für bereits entworfene Kooperationsprotokolle zu entwickeln und anzuwenden sind. Dementsprechend lag der ursprüngliche Fokus dieses Arbeitspunktes darauf, generische Transformationsregeln aufzustellen, die ein gegebenes Kooperationsprotokoll anpassen und um ein Anreizschema erweitern. Die in [OKP04, Kue06] gewonnenen Erkenntnisse legen jedoch nahe, dass solche nachträgliche Erweiterungen weder möglich noch sinnvoll sind.

Diese Beobachtung wird in [Obr06] (Abs. 12.2) am Zielkonflikt zwischen Effizienz und Robustheit des Kooperationsprotokolls festgemacht: Ein Kooperationsprotokoll, das ohne Berücksichtigung etwaigen Fehlverhaltens entworfen wird, ist allein an der Optimierung der Effizienz orientiert. Die nachträgliche Berücksichtigung der Robustheit durch Erweiterung um ein Anreizschema muss nicht nur zu einem ausgewogeneren Kompromiss zwischen Effizienz und Robustheit führen. Darüber hinaus sind eine Vielzahl der Effizienz-steigernden Mechanismen des ursprünglichen Kooperationsprotokolls rückgängig zu machen. In der Folge ist nur ein ganzheitlicher Entwurf des Kooperationsprotokolls zweckmäßig.

Einen weiteren Ausweg aus dieser Problematik stellt die Erstellung von Anreizschemata für generische Komponenten von Kooperationsprotokollen dar. Dieser Ansatz wurde in [Kue06] verfolgt, indem anreiztechnische Erweiterungen des generischen Transaktionsschutzes aus [Pfl05] durchgeführt wurden. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse deuten jedoch darauf hin, dass ganzheitliche Entwürfe von Kooperationsprotokollen unumgänglich sind.

AP 3.2 Erstellung einer Baustein-Bibliothek

Da verschiedene Anreizschemata sich aus denselben wenigen Arten von Anreizen zusammensetzen, liegt es nahe, den Entwurf eines Anreizschemas als Komposition verschiedener modularer Anreizkomponenten (den Bausteinen) zu betrachten. Hierfür wurde in diesem Arbeitspunkt eine entsprechende Bibliothek erstellt.

Unsere Untersuchungen zum Raum der *Transaktionsprotokolle* sind in [ON04] zusammengefasst. Es gibt eine Vielzahl möglicher Protokolle, die einen unterschiedlichen Kompromiss zwischen Sicherheit gegenüber Fehlverhalten und dem Protokollaufwand finden. Der Entwerfer eines Anreizschemas ist mit Hilfe der daraus abgeleiteten und implementierten Bausteine in der Lage, das für die Anwendungsumgebung jeweils passende Transaktionsprotokoll zu wählen und benutzen. Diese Protokolle sind auch für zusammengesetzte Dienst einsetzbar. Allerdings ergibt sich entsprechend des Ergebnis aus AP3.1 keine Möglichkeit, generische Transaktionsprotokolle für die Kooperationsprotokolle eines Mehrparteien-Dienstes zu finden.

Die lokalen Komponenten eines *verteilten Reputationssystems* sorgen dafür, dass sich die Netzteilnehmer ihren Glauben über die Vertrauenswürdigkeit Anderer bilden können. Damit ein Netzteilnehmer seine Einschätzungen im Rahmen eines Empfehlungssystems glaubhaft auch an Andere signalisieren kann, ist die Verwendung *nicht-abtreibar*er *Marken (Beweismittel)* im Reputationssystem vorzusehen. Von diesen Grundanforderungen ausgehend, erkannten wir, dass eine generische Erweiterung existierender verteilter Reputationssysteme unmöglich ist [Obr04]. Dies liegt an zwei Punkten: Zum Einen erlauben ihre Verfahren der Glaubensbildung keine utilitaristische Vertrauensentscheidungen. Zum Anderen sieht ihr Empfehlungssystem beliebige Ausstellbarkeit von Empfehlungen vor, womit Empfehlungen selbst zum "billigen Gerede" (engl.: cheap talk [BG97]) ohne Signalisierungsmöglichkeit degenerieren. Aufgrund dieser Erkenntnis wurde das verteilte Reputationssystem *EVIDIRS* entworfen [OK05, Obr06]. Es benutzt nicht nur Beweismittel wie Verträge und Quittungen [Obr04], die im Zuge von Transaktionen ausgetauscht werden, sondern auch solche, die das soziale Gefüge der Netzteilnehmer explizit machen. Ausgangspunkt für diese sozialen Beweismittel bildete das Buddy-System [FOK04] aus der ersten Projektphase. Eine systematische Untersuchung des Entwurfsraums sozialer Beweismittel zeigte, dass soziale Beweismittel die Form von Bürgschaften haben müssen [OFN04]. Dementsprechend wurden sie im Entwurf von *EVIDIRS* berücksichtigt. Das Reputationssystem stellt insofern einen generischen Baustein dar, als es durch vielfältige Konfigurationsmöglichkeiten auf die Besonderheiten der Umgebung bestimmter Anreizschemata eingeht. Die Verwendung und Bewertung von Beweismittel wird durch ein frei konfigurierbares regelbasiertes System erreicht [Doe04], das auf Jess [FH03] basiert. Weiterhin lässt sich die kontextabhängige Bewertung von Verhaltensinformation durch entsprechendes Setzen der Parameter von *EVIDIRS* festlegen. Als Ergebnis erhielten wir ein verteiltes Reputationssystem mit integrierter Nichtabstreitbarkeit, das die Grundlage eines jeden Anreizschemas bilden kann.

Die Erstellung unterschiedlicher *Nutzenstruktur-Profile* ergab sich zwangsläufig im Zuge der Evaluationsmethodik, die zum AP3.3 entwickelt wurde. Auf diese Profile wird daher im nachfolgenden Arbeitspunkt eingegangen.

AP 3.3 Bewertung und iterative Entwicklung

Zielsetzung dieses Arbeitspunktes war es, für die simulative Bewertung eines Anreizschemas herauszuarbeiten, wie Simulationswerte interpretiert werden müssen und welche Rückschlüsse zur Verbesserung des Entwurfes sie erlauben.

Am Anfang unserer Arbeiten zu diesem Arbeitspunkt wurden wir mit der Frage konfrontiert, wie Fehlverhalten in der simulativen Evaluation eines Anreizschemas auf realistische Weise berücksichtigt werden kann. Der Stand der Forschung und Technik hierzu ist, dass der Entwerfer des Anreizschemas selbst vereinfachte Strategien von Fehlverhalten gegenüber dem Anreizschema (Gegenstrategien) vorgibt. Unsere Untersuchungen aus [OK06] zeigen, dass dieses Vorgehen weder wünschenswert ist noch zu glaubwürdigen Ergebnissen führt. Vielmehr bedarf es einer Methodik, die das systematische Auffinden besonders erfolgreicher und damit zu erwartender Gegenstrategien ermöglicht. Zu diesem Zweck wurde das Interaktive Kooperationsturnier (ICT) als Simulationsumgebung entwickelt, an dem Versuchspersonen teilnehmen können [Fae05]. Bei der Entwicklung wurde ein Schwerpunkt auf die Bedienbarkeit und Zugänglichkeit der Simulationsumgebung und auf die Motivation der teilnehmenden Versuchspersonen gelegt. Dadurch konnte erreicht werden, dass die Versuchspersonen sozusagen auf spielerische Weise Gegenstrategien, die Erfolg versprechend sind und somit aus Sicht des Systementwurfs zu erwarten sind. Außerdem definieren die gefundenen Gegenstrategien implizit die Nutzenstruktur unterschiedlicher Netzteilnehmer.

Die eigentliche Evaluation eines Anreizschemas erfolgt mit dem Simulationswerkzeug DIANEmu aus der ersten Projektphase. Um Rückschlüsse auf die Qualität des Entwurfes und mögliche Verbesserungen zu erhalten, wurde dieses Simulationswerkzeug in [Zou05] in zwei Richtungen erweitert: Zum Einen wird die Möglichkeit geboten, bestimmte Parameter des Anreizschemas im Hinblick auf gewisse Maßzahlen zur Qualität des Anreizschemas zu optimieren. Bei diesen Maßzahlen handelt es sich vor allem um die sogenannten Normativitätskosten, das heißt den Opportunitätskosten dafür, von Betrugsverhalten abzusehen. Zum Anderen wird DIANEmu um eine Sensibilitätsanalyse erweitert. Es lässt sich damit nicht nur die Qualität des Entwurfs in Abhängigkeit von unterschiedlichen Rahmenbedingungen beurteilen. Darüber hinaus wird es möglich zu erfahren, welche Parametrisierung des Anreizschemas in Abhängigkeit der Anwendungsumgebung zu wählen ist.

Wir erhielten somit eine zweistufige Bewertung von Anreizschemata: Zunächst werden mit Hilfe des ICT zu erwartende Gegenstrategien gefunden. In der anschließenden Evaluation in DIANEmu wird das Anreizschema gegen diese evaluiert. Dabei erhalten wir Aussagen, über die Parametrisierung und den Anwendungsbereich des Anreizschemas. Für die Bewertung von Anreizschemata konnten wir also eine Evaluationsmethodik und einen werkzeugunterstützten Evaluationsprozess entwickeln.

AP 4 Evaluation

Aufgabe dieses Arbeitspakets war die Evaluation der entwickelten Ansatzes. Es sollte untersucht werden, ob die entwickelten Lösungsansätze die gesetzten Ziele erfüllen. Die Überprüfung erfolgte einerseits wie bereits in der ersten Projektphase simulativ, andererseits wurden auch Messungen mit realistischen Daten durchgeführt, die in kleineren Experimenten gewonnen wurden, um so die Praxistauglichkeit des Ansatzes zu untersuchen. Neben der Evaluation wurde in Kooperation mit anderen Gruppen des SPP ein lauffähiger Demonstrator erstellt, der die Umsetzbarkeit des Ansatzes zeigt und die wichtigsten Konzepte visualisiert (siehe AP 5.2).

AP 4.1 Erstellen des Testszenarios

Für die drei Arbeitsgebiete wurden unterschiedliche Testszenarien erstellt:

- *Zusammengesetzte Dienste.* Da reale Dienste nicht verfügbar waren, wurde ein synthetischer Benchmark zur Evaluation der Ansätze verwendet. Als Basis stand ein Benchmark für Basisdienste zur Verfügung [Fis05]. Um zu möglichst realistischen Daten zu gelangen, wurden für die Erstellung des Benchmarks Experimente mit Gruppen von Studierenden durchgeführt, die aufgefordert wurden, typische Dienste für verschiedene Anwendungszwecke möglichst präzise in natürlicher Sprache bzw. als kommentierte Methodensignatur zu erfassen. Diese wurden von Experten in DSD-Beschreibungen transformiert und dienten als realistische Datengrundlage für die weiteren Messungen. In ähnlicher Weise wurde eine Menge von Beispieldiensten zur Untersuchung der Ansätze für zusammengesetzte Dienste erstellt [Ste05a]. Die zu untersuchenden Kriterien waren die Korrektheit, Vollständigkeit, Skalierbarkeit und Effizienz des Ansatzes.
- *Mehrparteien-Dienste.* Für die Evaluation von Mehrparteien-Dienste diente eine prototypische Implementierung eines schwarzen Bretts. Durch Analyse des Codes wurden einerseits die Skalierbarkeit des Ansatzes bzw. die Paradigmentreue der Implementierung untersucht.
- *Konstruktionstechnik.* Basierend auf den Arbeiten der ersten Projektphase zur Benutzermodellierung (eine Übersicht findet sich in [KKB06]) und zu DIANEmu sind für die Erstellung eines Testszenarios lediglich die Nutzstrukturen der Teilnehmer zu modellieren. Diese Modellierung ergab sich direkt aus der Entwicklung und Anwendung des ICT aus Arbeitspunkt 3.2. Das resultierende Campus-Szenario wurde als Testszenario der Evaluation in [Obr06] zugrunde gelegt.

AP 4.2 Evaluation zu komplexen Diensten

Zusammengesetzte Dienste. Eine ausführliche Darstellung der Evaluation findet sich in [Ste05a], eine Zusammenfassung in [SKKK06]. Im Überblick ergaben sich folgende Ergebnisse: Der Ansatz arbeitet *korrekt*, d.h. wenn eine Komposition gefunden wird, entspricht diese allen Anforderungen der Anfrage, und quasi *vollständig*, d.h. eine Komposition wird fast immer gefunden, wenn sie theoretisch existiert (bestimmte pathologische Fälle werden zu Gunsten einer größeren Effizienz nicht betrachtet). Der Ansatz ist darüber hinaus *skalierbar*. Er weist eine lineare Komplexität für den `SingleEffectMatcher` auf, eine exponentielle Komplexität für den `MultiEffectMatcher`. Der Exponent ist jedoch durch die hohe Selektivität vorhergehender Komponenten so extrem klein, dass von einer praktikablen Lösung gesprochen werden kann. Das belegen auch Messungen der *Zeiteffizienz*. Es zeigte sich, dass die gesamte Komposition im Schnitt in sehr kurzer Zeit durchgeführt werden kann.

Mehrparteien-Dienste. Eine ausführliche Evaluation findet sich in [Mat04]. Zusammenfassend zeigt sind, dass der Ansatz bei Verwendung von Proxy-Dienstgebern und Replikation gut skaliert, allerdings wie zu erwarten die Lastverteilung nicht mehr exakt gleichmäßig auf alle am Mehrparteien-Dienst teilnehmenden Geräte erfolgt. In der Praxis ist dies jedoch kein Nachteil, da in einem Ad-hoc-Netz häufig mobile Geräte stark unterschiedlicher Leistungsfähigkeit (von Handy über PDA zu Laptop) zu finden sein werden. Eine Analyse des Codes zeigt darüber hinaus direkt die Eleganz des Ansatzes: Bei gegebenen Schablonen für die Beschreibungen der Lese- und Schreibdienste ergibt sich ein sehr kurzer und übersichtlicher Quellcode, der leicht zu warten ist.

AP 4.3 Evaluation der Konstruktionstechnik

Laut den Ergebnissen aus Arbeitspunkt 3 umfasst eine Evaluation der Konstruktionstechnik Untersuchungen bezüglich der Anwendbarkeit der Baustein-Bibliothek und der Evaluationsmethodik.

Eine umfassende Evaluation der Konstruktionstechnik findet sich in [Obr06]. Hierbei wurde aus der Baustein-Bibliothek ein Anreizschema für bilaterale Transaktionen zusammengesetzt und anhand eines Campus-Szenarios evaluiert. Mit Hilfe der Evaluationsmethodik konnten für das Anreizschema Aussagen über die Parametrisierung und den Anwendungsbereich des Anreizschemas getroffen werden. Eine weitere Anwendung der Konstruktionstechnik findet sich in [Kue06], wobei der Fokus dort eher darauf lag, diese Konstruktionstechnik mit der Methodik zu S-Lanes [OKP04] zu verbinden.

AP 5 Querschnittsaufgaben

AP 5.1 Einbeziehung der Forschungsergebnisse zu Overlays

Aufgabe dieses Arbeitspunktes war es, die Forschung bezüglich Overlaystrukturen voranzutreiben und dabei auch die Ergebnisse anderer Teilprojekte zu betrachten. Es stellte sich heraus, dass eine praktikable Implementierung von Anycast-Routing im Ad-hoc-Netz, welches von unserem Dienstvermittlungsprotokoll LANES der ersten Antragsphase benötigt wird, von keinem der teilnehmenden Projekte bereit gestellt wird. Zur Dienstvermittlung wurde daher in der zweiten Projektphase verstärkt auf eine Dienstvermittlung auf Grundlage von Multicast gesetzt, was durch eine Kooperation mit den Teilprojekten aus Aachen und Karlsruhe erreicht werden konnte. Ein gemeinsamer Demonstrator (siehe AP 5.2) zeigt, wie gut sich die Projekte an dieser Stelle ergänzen.

Daneben wurden im Projekt auch eigene Untersuchungen bezüglich Overlaystrukturen erreicht. Viel versprechend erschien die Idee, Transaktionsgarantien aus der Welt der Datenbanksysteme auf die Wartungsoperationen von Overlays zu übertragen, um so Atomizität und Isolation nebenläufiger Operationen für den Protokollentwickler transparent sicherzustellen, was zu weitaus robusteren Protokollen und konsistenteren Overlaynetzen führen soll.

Es entstand eine Lösung, die weitgehend unabhängig vom zu schützenden Overlayprotokoll operiert, und dessen Programmierung und Wartung dramatisch vereinfacht [Pfl05]. Ein Overlay-Netz wird darin als verteiltes Datenbanksystem aufgefasst, in dem jeder Knoten seine lokalen Strukturdaten selbst verwaltet. Wartungsoperationen stellen dann verteilte Transaktionen auf diesen Daten dar. Mehrere Teilaufgaben waren bei der Entwicklung dieses transaktionalen Schutzsystems zu bearbeiten. Lokale Scheduler garantieren die Serialisierbarkeit auf jedem der Knoten. Dabei wurden mehrere in der Praxis gängige Schedule-Protokolle, wie das Zwei-Phasen-Sperren oder ein optimistisches Verfahren realisiert. Ein Commitprotokoll erzeugte darüber hinaus globale Serialisierbarkeit. Hier wurde nach Untersuchung mehrerer Alternativen das Zwei-Phasen-Commitprotokoll gewählt. Zur Evaluation wurde das LANES-Overlay der ersten Projektphase implementiert und mit dem entwickelten Transaktionssystem geschützt, was zu sehr guten Ergebnissen hinsichtlich Zusatzaufwand und einer erheblich erhöhten Strukturkonsistenz führte.

AP 5.2 Austausch mit Entwicklern von dienstorientierten Anwendungen

Neben der eher theoretischen Evaluation der 1. Phase waren die Ergebnisse und Implementierungen der verschiedenen Teilprojekte in der zweiten Projektphase bereits soweit fortgeschritten, dass sie zu größeren Systemen zusammengefügt werden konnten. So entstand eine Reihe von gemeinsamen Demonstratoren².

Für das DIANE-Projekt waren zwei Verbindungen besonders aussichtsreich: Erstens ein *Aufgabentausch-Demonstrator*, in welchem durch eine Kooperation mit dem Berliner Teilprojekt CoCoDa um Prof. Schweppe ein atomarer und fairer Austausch elektronische Güter im Ad-hoc-Netz ermöglicht wird: Ein verteilter virtueller Speicher der Berliner Gruppe wird genutzt, um in Problemfällen Recoverymechanismen zu verwenden; das verteilte Reputationssystem des DIANE-Projekts kommt zum Einsatz, um nur vertrauenswürdige Netzteilnehmer als Transaktionspartner auszuwählen. Um die Ergebnisse zu verbreiten ist eine gemeinsame Publikation mit Berlin in Arbeit.

Zweitens die Verbindung unserer Dienstfindung basierend auf der semantischen Dienstbeschreibungssprache DSD mit Techniken des Dienstmanagements der Gruppe um Prof. Spaniol (Aachen) sowie die dazu benötigten Overlayprotokolle für Multicast-Routing der Gruppe um Prof. Zitterbart (Karlsruhe), die im Folgenden vorgestellt werden soll. Der hier entstandene Demonstrator zeigt eindrucksvoll die Mächtigkeit einer Lösung, in der die entwickelten Teilergebnisse unterschiedlicher Gruppen zusammenwirken. Darüber hinaus wird der Demonstrator im Mai auf der *Conference on Mobile Data Management* vorgestellt [BPK06].

Ausgangspunkt für die Erstellung des Demonstrators war das folgende Szenario aus dem Bereich E-Learning: Studierende auf einem Campus nutzen mobile Geräte (insbesondere PDAs), auf denen eine Office-Anwendung läuft. Ziel ist, mit dieser so arbeiten zu können, als säße man an einem Desktop-PC, d.h. die fehlende Funktionalität (wie

²<http://www.tm.uka.de/forschung/SPP1140/index.php?mid=7>

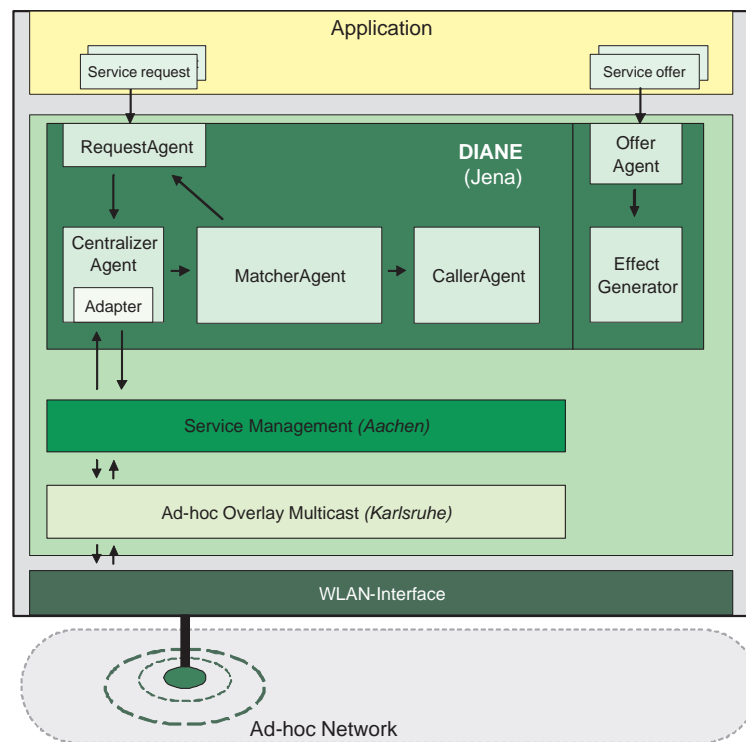


Abbildung 3: Architektur des gemeinsamen Demonstrators.

Rechtschreibprüfung, Projektion auf eine Leinwand, Formatumwandlung etc.) wird durch Bildung eines Ad-hoc-Netz und durch Zugriff auf Dienste anderer Geräte überbrückt. Auch Lerndokumente können auf diese Weise ausgetauscht werden.

Die Architektur des Demonstrators ist in Abbildung 3 dargestellt. Ganz oben befindet sich die Anwendung *Mobile University*, die vom DIANE-Projekt konzipiert und als PDA-Anwendung mit dem *.NET Compact Framework* implementiert wurde. In sie sind konfigurierbare DSD-Dienstanfragen nach benötigter Funktionalität integriert; auch angebotene Funktionalität kann von ihr veröffentlicht werden. Ganz unten erlaubt eine WLAN-Schnittstelle die Kommunikation mit anderen Geräte und somit die Bildung eines Ad-hoc-Netzes. Zwischen Anwendung und Netzwerk befindet sich das Herzstück des Demonstrators: die dienstorientierte Middleware. Sie ist in drei Schichten unterteilt, welche jeweils von einem Teilprojekt realisiert wurden:

- *Semantische Dienstfindung.* Auf oberster Ebene sorgt die DIANE-Middleware dieses Teilprojektes für eine automatische und semantisch korrekte Nutzung von Diensten. Möchte der Benutzer eine Funktionalität seiner Anwendung nutzen, wird eine entsprechende DSD-Anfrage erzeugt und an die Middleware übergeben. Aus dieser detaillierten, semantischen Beschreibung generiert der *CentralizerAgent* mit Hilfe eines *Adapters* eine einfache, syntaktische Anfrage, die vom *Service Management* der mittleren Ebene beantwortet wird.
- *Service Management.* Auf der mittleren Ebene operiert das *Service Management* des Aachener Teilprojektes. Aufgabe ist es, die Vermittlung der Dienste im Ad-hoc-Netz durchzuführen, d.h. zu einer Dienstanfrage passende Dienstangebote ausfindig zu machen und diese zurück zu liefern. Das *Service Management* arbeitet auf Basis einfacher syntaktischer SLP-Beschreibungen und erlaubt das Sammeln und Caching von Dienstangeboten [Pen05].
- *Ad-hoc Overlay Multicast.* Auf der unteren Ebene ermöglicht das Karlsruher Teilprojektes MAMAS Multicast-Routing im Ad-hoc-Netz. Hierzu werden spannende Overlaystrukturen aufgebaut, die eine geschickte Vertei-

lung der Nachrichten an die Gruppenmitglieder erlauben. Multicast-Routing wird für die Dienstvermittlung der 2. Schicht benötigt [BZK05].

Der entstandene Demonstrator bietet auch die technische Grundlage für weitere Kooperation, auf die im Fortsetzungsantrag genauer eingegangen wird.

Neben den Demonstratoren nahm das DIANE-Projekt mit seiner Implementierung der Middleware auch am *Semantic Web Challenge* der Stanford University (Palo Alto) teil und schaffte es in die zweite Runde, die Mitte Juni im Rahmen der *Semantic Web Conference* ausgetragen wird [KKK06]. Übergeordnetes Ziel des Wettkampfs ist es, ein gemeinsames Verständnis für die verschiedenen semantischen Technologien zur automatischen Dienstsutzung zu entwickeln.

AP 5.3 Austausch im SPP und mit der DFG

Alle Ergebnisse des Projekts waren ständig über die Projekt-Webseite³ sowie die Webseite des Schwerpunktprogramms verfügbar und wurden auf SPP-Kolloquien vorgestellt.

Weitere Ergebnisse

Im Folgenden werden eine Reihe von weiteren wichtigen Ergebnissen zusammengefasst, die nicht konkret einem Arbeitspunkt zugeordnet werden können:

- Prof. Dr. Birgitta König-Ries erhielt während der Laufzeit des Projekts *einen Ruf* an die Friedrich-Schiller-Universität Jena. Neben den Aufgaben des Teilprojekts arbeitet sie dort an weitergehenden Fragestellungen im Bereich der Ressourcennutzung in offenen Umgebungen⁴.
- Während der zweiten Projektphase wurden *zwei Promotionen* abgeschlossen, deren Inhalte direkte Themen des Teilprojekts sind und deren Verfasser von Beginn an im Projekt mitgearbeitet haben:
 - Philipp Obreiter: “Kooperationsanreize für autonome Einheiten in selbst-organisierenden Informationssystemen.” Dissertation an der FSU Jena, Fakultät für Mathematik und Informatik. [Obr06]
 - Michael Klein: “Automatisierung dienstorientierten Rechnens durch semantische Dienstbeschreibungen.” Dissertation an der FSU Jena, Fakultät für Mathematik und Informatik. [Kle06]
- Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zu semantischen Dienstbeschreibungen in mobilen Umgebungen wurde im Rahmen eines *Tutorials* mit dem Titel “Semantic Service Descriptions – Relevance for Mobile Applications, Requirements and State of the Art” bei der *Conference on Mobile Data Management* (MDM) im Mai 2005 vorgestellt. [KK05].
- Sowohl Prof. König-Ries als auch Michael Klein sind aktive Mitglieder der *WSMO Working Group* und damit direkt an der Weiterentwicklung der semantischen Dienstbeschreibungssprache WSMO⁵ beteiligt. Ziel ist es, die im Projekt erarbeiteten Konzepte um DSD mit der Integration in WSMO zu größerer Verbreitung zu verhelfen.
- Prof. König-Ries veranstaltete im Oktober 2004 in Zusammenarbeit mit M. Dunham (SMU, Dallas), E. Pitoura (University of Ioannina), P. Reiher (University of California, Los Angeles) und C. Türker (ETH Zürich) ein Dagstuhl-Seminar zum Thema “Mobile Information Management”⁶.

³<http://hnsp.inf-bb.uni-jena.de/DIANE>

⁴<http://hnsp.inf-bb.uni-jena.de>

⁵<http://www.wsmo.org>

⁶<http://www.dagstuhl.de/04441>

- Wichtige Ergebnisse der Dienstvermittlung in mobilen Umgebungen (insbesondere in Ad-hoc-Netzen) wurden von Michael Klein in Kapitel 4 des Buches “Mobile Datenbanken und Informationssysteme” [Kle05b] aus dem dpunkt-Verlag zusammengestellt.
- In einer Kooperation mit dem ebenfalls DFG-geförderten Projekt *COSA* der Universität Rostock werden die im Rahmen des DIANE-Projekts entwickelten Protokolle als Anwendungsszenarien für den Prokektsimulator *JAMES* verwendet.
- Folgende Diplom-, Studien- und Bachelorarbeiten wurden während der zweiten Projektphase betreut:
 - Felix Dengler: “Dienstsuche nach komplexen Diensten mit unbekannter Zerlegung”. Bachelorarbeit an der TU München, Oktober 2004 [Den04].
 - Claudia Dörr: “Entwicklung einer Komponente zur Beweismittelverwaltung und Beweisführung”. Studienarbeit an der Universität Karlsruhe, April 2004 [Doe04].
 - Roland Domagalski: “Möglichkeiten der Anfragebearbeitung in mobilen Ad-hoc-Netzen”. Bachelorarbeit an der TU München, März 2004 [Dom04].
 - Stefan Fähnrich: “Evaluation normativer Strategien des verteilten Reputationssystems EVIDIRS”. Diplomarbeit an der Universität Karlsruhe, Mai 2005 [Fae05].
 - Thomas Fischer: “Entwicklung und Durchführung eines Seminars zur Evaluation von DSD”. Diplomarbeit an der Universität Karlsruhe, August 2005 [Fis05].
 - Christiane Kämpel: “Entwicklung von Anreizsystemen für das transaktional geschützte Lanes-Overlay”. Diplomarbeit an der FSU Jena, Februar 2006 [Kue06].
 - Manfred Lichtenstern: “Konzeption und Implementierung von Diensten zur Ontologiebereitstellung in Ad-hoc-Netzen”. Bachelorarbeit an der TU München, Oktober 2004 [Lic04].
 - Daniel Matheis: “Dezentrale Realisierung von Gruppendiensten in Peer-to-Peer-Umgebungen”. Studienarbeit an der Universität Karlsruhe, Dezember 2004 [Mat04].
 - Jens Pflüger: “Transaktionaler Schutz für Wartungsarbeiten in Overlaynetzen”. Diplomarbeit an der Universität Karlsruhe, November 2005 [Pfl05].
 - Holger Schmitt: “Ein System zur verteilten Ontologieverwaltung für das DIANE-Projekt”. Diplomarbeit an der Universität Karlsruhe, August 2005 [Sch05].
 - Mirco Stern: “Generierung von Anwendungsbeispielen für den Vergleich von DIANE Service Descriptions”. Studienarbeit an der Universität Karlsruhe, Januar 2005 [Ste05a].
 - Mirco Stern: “Konzeption und Realisierung von Dienstkomposition für DIANE Service Descriptions”. Diplomarbeit an der Universität Karlsruhe, Dezember 2005 [Ste05b].
 - Ying Zou: “Entwicklung eines Hypothesen-Testers für simulierte Ad-hoc-Netze”. Studienarbeit an der Universität Karlsruhe, Mai 2005 [Zou05].

Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel der ersten Phase des Projekt war die Schaffung von Mechanismen zur effektiven, effizienten und fairen Nutzung von Basisdiensten in Ad-hoc-Netzen. Hier entstand unter anderem eine dienstorientierte Middleware auf Basis der semantischen Dienstbeschreibungssprache DSD. In der zweiten Phase wurden die Ergebnisse dann auf komplexe Dienste erweitert. Konkret wurde untersucht, wie zusammengesetzte und Mehrparteien-Dienste in Ad-hoc-Netzen beschrieben, vermittelt, erbracht und angereizt werden können. Daneben wurde eine Konstruktionsmethode zur Erstellung von Kooperationsprotokollen entwickelt.

Bei der Untersuchung *zusammengesetzter Dienste* wurden zwei Typen betrachtet: solche mit bekannter und solche ohne bekannte Zusammensetzung. Da der erste Fall eher einfach zu behandeln ist und zum Großteil bereits durch

die Middleware der ersten Phase unterstützt wurde, konzentrierten sich die Arbeiten auf den zweiten Fall. Hier wurden drei grundsätzliche Möglichkeiten ausfindig gemacht, wie es zu einer Kombination von Diensten kommen kann: durch Verkettung mehrerer Dienstgeber, durch Nutzung verschiedener Dienstgeber zur Überdeckung mehrerer verbundener und mit Quantoren versehener Effekte in der Anfrage und durch Nutzung externer Wissensdienste. Zur Unterstützung dieser Fälle wurde die Middleware um einige Komponenten erweitert: der *Planer* variiert Dienstanfragen, um so mögliche unerfüllte Vorbedingung abzuspalten, der *MultiEffectMatcher* und der *IterationMatcher* versuchen die verschiedenen Effekte einer Anfrage in Breite und Tiefe zu überdecken, der *OntologyManager* bindet durch die Nutzung von Wissensdiensten zusätzliche Informationen in den Kompositionsprozess ein, der *Optimizer* schließlich koordiniert die Ausführung der verschiedenen Teildienstgeber, indem er ihnen situationsabhängige Prioritäten zuordnet. Für die Anreizung zusammengesetzter Dienste war keine weitere Komponente nötig.

Eine weitere Art komplexer Dienste stellten *Mehrparteien-Dienste* dar. Sie zeichneten sich dadurch aus, dass sie von mehreren Teilnehmern gleichberechtigt erbracht und genutzt werden. Die Schwierigkeit ihrer Integration bestand darin, dieses Paradigma mit dem klassischen Client-Server-Ansatz der Middleware zu vereinen. Es gelang, indem Charakteristika solcher Dienste bestimmt und ihre Funktionalität auf eine Reihe atomarer Basisdienste herunter gebrochen wurde. Je nachdem, ob sich Teilnehmer am Mehrparteien-Dienst aktiv um neue Informationen bemühen müssen (PULL-Semantik) oder ihnen diese ohne Rückfrage zugestellt werden (PUSH-Semantik) ergaben sich atomare Lese- oder Schreibdienste als Grundbausteine, die durch geschicktes Veröffentlichen, Suchen, Nutzen und Zurückziehen die Gesamtfunktionalität des Mehrparteien-Dienstes simulierten. Zur Effizienzsteigerung wurden zusätzliche Proxy-Dienste integriert und atomare Dienste repliziert. Die Anreizung solcher Mehrparteien-Dienste erfolgte mit einer Methode aus der wirtschaftswissenschaftlichen Theorie der Externalität.

Schon in der ersten Projektphase wurde sichtbar, dass durch die Vielzahl der in Ad-hoc-Netzen benötigten Kooperationsprotokolle eine *Konstruktionstechnik* für Anreizschemata nötig wird, welche einen ganzheitlichen Entwurf eines Kooperationsprotokolls ermöglicht und dabei sowohl Effizienz als auch Robustheit des Protokolls berücksichtigt. Hierzu steht eine Bausteinbibliothek zur Verfügung. Zur Evaluation wird ein zweistufiges Vorgehen vorgeschlagen.

Neben konzeptioneller Weiterarbeit in den Einzelprojekten war die zweite Phase auch von Kooperationen mit anderen Teilprojekten des SPP geprägt. Hier wurde durch lauffähige *Demonstratoren* die Praxistauglichkeit und Kombinierbarkeit der entwickelten Ansätze eindrucksvoll dargestellt. DIANE beteiligte sich an der Entwicklung zweier Demonstratoren: In Kooperation mit der Gruppe um Prof. Schewpe (FU Berlin) entstand der *Aufgabentauscher*, der ein faires und atomares Tauschen elektronischer Güter im Ad-hoc-Netz ermöglicht. Daneben entstand in Kooperation mit den Gruppen von Prof. Spaniol (RWTH Aachen) und Prof. Zitterbart (Uni Karlsruhe) *Mobile University*, in der sowohl overlaybasiertes Multicast, Service Management als auch semantische Dienstverarbeitung zu einer Middleware verbunden sind, die von einer mobilen Anwendung genutzt wird, um so höherwertige Dienste für das E-Learning in einem Ad-hoc-Netz bereitzustellen.

Mit fortschreitender Komplexität der innerhalb der Middleware verarbeitbaren Dienste wird sichtbar, dass deren Nutzung innerhalb einer stark dynamischen Umgebung nur dann zu sehr guten Ergebnissen führen kann, wenn zu ihrer Auffindung, Ausführung und Anreizung Informationen über die aktuelle Situation der Umgebung integriert werden [GKK+04, GK05]. Es ist jedoch schwierig, solche Kontextinformation zu beschaffen und zu verwenden, da sie aus vielfältigen Quellen stammen kann und somit auf unterschiedlichste Weise auf die Dienstnutzung Einfluss nehmen muss. Für die nächste Projektphase sind daher umfangreiche Forschungen zu diesem Themenkomplex geplant. Ausführlich ist dies im beiliegenden Folgeantrag dargestellt.

Literatur

Dissertationen

- [Kle06] Michael Klein. *Automatisierung dienstorientierten Rechnens durch semantische Dienstbeschreibungen*. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fakultät für Mathematik und Informatik, Jena, Februar 2006.
- [Obr06] Philipp Obreiter. *Kooperationsanreize für autonome Einheiten in selbst-organisierenden Informationssystemen*. Dissertation, FSU Jena, Fakultät für Mathematik und Informatik, Februar 2006.

Zeitschriftenartikel, Buchkapitel, Tutorials

- [KKM05] Michael Klein, Birgitta König-Ries und Michael Müssig. What is Needed for Semantic Service Descriptions - A Proposal for Suitable Language Constructs. *International Journal on Web and Grid Services (IJWGS)*, 1(3/4):328–364, 2005.
- [Kle05b] Michael Klein. Vermittlung von Diensten. In Hagen Höpfner, Can Türker und Birgitta König-Ries, Hrsg., *Mobile Datenbanken und Informationssysteme*, Kapitel 4, Seiten 59–83. dpunkt Verlag, Heidelberg, 2005.
- [KK05] Birgitta König-Ries und Michael Klein. Semantic Service Descriptions - Relevance for Mobile Applications, Requirements and State of the Art. Tutorial bei der 6th International Conference on Mobile Data Management (MDM 2005), Mai 2005.
- [KKB06] Birgitta König-Ries, Michael Klein und Tobias Breyer. Activity-Based User Modeling in Wireless Networks. *Mobile Networks and Applications. Special Issue on „Internet Wireless Access: 802.11 and Beyond“*, to appear, 2006.

Konferenz-Veröffentlichungen

- [BPK06] Peter Baumung, Stefan Penz und Michael Klein. P2P-Based Semantic Service Management in Mobile Ad-Hoc Networks. In *Demo at the Seventh International Conference on Mobile Data Management (MDM 2006)*, Nara, Japan, Mai 2006.
- [KK04a] Michael Klein und Birgitta König-Ries. Combining Query and Preference - An Approach to Fully Automate Dynamic Service Binding. In *Short Paper at IEEE International Conference on Web Services*, San Diego, CA, USA, Juli 2004.
- [KK04b] Michael Klein und Birgitta König-Ries. Coupled Signature and Specification Matching for Automatic Service Binding. In *Proceedings of the European Conference on Web Services (ECOWS 2004)*, Erfurt, September 2004.
- [Obr04] Philipp Obreiter. A Case for Evidence-Aware Distributed Reputation Systems. In *Second International Conference on Trust Management (iTrust'04)*, Seiten 33–47, Oxford, Großbritannien, 2004. Springer LNCS 2995.
- [OK06] Philipp Obreiter und Birgitta König-Ries. The Interactive Cooperation Tournament – How to Identify Opportunities for Selfish Behavior of Computational Entities. In *Forth International Conference on Trust Management (iTrust'06)*, 2006.
- [SKKK06] Mirco Stern, Ulrich Küster, Birgitta König-Ries und Michael Klein. Achieving Multiple Effects – An Approach to Service Composition Beyond Chaining. Submitted to 3Second Conference on Very Large Databases (VLDB) 2006, Seoul, Korea, 2006.

Workshop-Veröffentlichungen

- [DK04] Roland Domagalski und Birgitta König-Ries. Möglichkeiten der Anfragebearbeitung in Mobilien Ad-Hoc-Netzwerken. In *Grundlagen und Anwendungen mobiler Informationstechnologie, Workshop des GI-Arbeitskreises Mobile Datenbanken und Informationssysteme*, Heidelberg, März 2004.
- [FOK04] Stefan Fähnrich, Philipp Obreiter und Birgitta König-Ries. The Buddy System: A Distributed Reputation System Based on Social Structure. In *7th International Workshop on Data Management in Mobile Environments*, Ulm, September 2004.
- [GK05] Johannes Grünbauer und Michael Klein. Service Offer and Request Descriptions in Mobile Environments – A Position Paper. In *8. Workshop Des GI-Arbeitskreises Mobile Datenbanken und Informationssysteme im Rahmen der BTW 2005*, Karlsruhe, März 2005.
- [GKK+04] Johannes Grünbauer, Michael Klein, Georgia Koloniari, George Samaras und Can Türker. Description and Matching of Services in Mobile Environments. In Margaret H. Dunham, Birgitta König-Ries, Evangelia Pitoura, Peter Reiher und Can Türker, Hrsg., *Mobile Information Management, Dagstuhl Seminar Proceedings Nr. 04441*. Dagstuhl, 2004
- [HK06] Mohamed Handy und Birgitta König-Ries. Service-Oriented Computing – An Overview. In *Workshop on Tools and Applications for Mobile Contents (TAMC2006) in Conjunction with the 7th International Conference on Mobile Data Management (MDM'06)*, Nara, Japan, Mai 2006.
- [KK04c] Michael Klein und Birgitta König-Ries. Integrating Preferences into Service Requests to Automate Service Usage. In *First AKT Workshop on Semantic Web Services*, Milton Keynes, Großbritannien, Dezember 2004.
- [KKK06] Ulrich Küster, Michael Klein und Birgitta König-Ries. Discovery and Mediation Using the DIANE Service Description In Proceedings of the Semantic Web Services Challenge (SWSC2006), Palo Alto, CA, USA, März 2006
- [KSK05] Ulrich Küster, Mirco Stern und Birgitta König-Ries. A Classification of Issues and Approaches in Service Composition. In *International Workshop on Engineering Service Compositions (WESC 2005) at the International Conference on Service Oriented Computing (ICSOC 2005)*, Amsterdam, Niederlande, Dezember 2005.
- [OFN04] Philipp Obreiter, Stefan Fähnrich und Jens Nimis. How Social Structure Improves Distributed Reputation Systems - Three Hypotheses. In *Third International Workshop on Agents and Peer-to-Peer Computing (AP2PC'04)*, To appear in post-proceedings, New York, 2004.
- [OK05] Philipp Obreiter und Birgitta König-Ries. A New View on Normativeness in Distributed Reputation Systems – Beyond Behavioral Beliefs. In *Fourth Workshop on Agents and Peer-to-Peer Computing (AP2PC'05)*, Utrecht, Niederlande, 2005.
- [OKP04] Philipp Obreiter, Birgitta König-Ries und Georgios Papadopoulos. Engineering Incentive Schemes for Ad Hoc Networks - A Case Study for the Lanes Overlay. In *First EDBT-Workshop on Pervasive Information Management*, Heraklion, Griechenland, März 2004.
- [ON03] Philipp Obreiter und Jens Nimis. A Taxonomy of Incentive Patterns - The Design Space of Incentives for Cooperation. In *Second International Workshop on Agents and Peer-to-Peer Computing (AP2PC'03)*, Springer LNCS 2872, Melbourne, Australien, 2003.

Technische Berichte und Webseiten

- [Kle04] Michael Klein. Handbuch zur DIANE Service Description. Technischer Bericht 2004-17, Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik, Dezember 2004.
- [Kle05a] Michael Klein. DSD-Ontologien. <http://hnsp.inf-bb.uni-jena.de/DIANE/ontology/>, Juli 2005.
- [ON04] Philipp Obreiter und Ioana Nistoreanu. Transaction Protocols for Self-Organizing Systems of Autonomous Entities. Technischer Bericht 2004-11, Universität Karlsruhe, Faculty of Informatics, Juli 2004.

Diplom-, Studien- und Bachelorarbeiten

- [Den04] Felix Dengler. Dienstsuche nach komplexen Diensten mit unbekannter Zerlegung. Bachelorarbeit an der Fakultät für Informatik, Technische Universität München, Oktober 2004.
- [Dom04] Roland Domagalski. Möglichkeiten der Anfragebearbeitung in mobilen Ad-hoc-Netzen, März 2004. Bachelorarbeit an der Fakultät für Informatik, Technische Universität München.
- [Doe04] Claudia Dörr. Entwicklung einer Komponente zur Beweismittelverwaltung und Beweisführung, April 2004. Studienarbeit an der Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe.
- [Fae05] Stefan Fähnrich. Evaluation normativer Strategien des verteilten Reputationssystem EVIDIRS, Mai 2005. Diplomarbeit an der Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe.
- [Fis05] Thomas Fischer. Entwicklung und Durchführung eines Seminars zur Evaluation von DSD, August 2005. Diplomarbeit an der Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe.
- [Kue06] Christiane Kümpel. Entwicklung von Anreizsystemen für das transaktional geschützte Lanes-Overlay, Februar 2006. Diplomarbeit an der FSU Jena, Fakultät für Mathematik und Informatik.
- [Lic04] Manfred Lichtenstern. Konzeption und Implementierung von Diensten zur Ontologiebereitstellung in Ad-hoc-Netzen. Bachelorarbeit an der Fakultät für Informatik, Technische Universität München, Oktober 2004.
- [Mat04] Daniel Matheis. Dezentrale Realisierung von Gruppendiensten in Peer-to-Peer-Umgebungen, Dezember 2004. Studienarbeit an der Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe.
- [Pfl05] Jens Pflüger. Transaktionaler Schutz für Wartungsoperationen in Overlaynetzen, November 2005. Diplomarbeit an der Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe.
- [Sch05] Holger Schmitt. Ein System zur verteilten Ontologieverwaltung für das DIANE-Projekt, August 2005. Diplomarbeit an der Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe.
- [Ste05a] Mirco Stern. Generierung von Anwendungsbeispielen für den Vergleich von DIANE Service Descriptions, Januar 2005. Studienarbeit an der Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe.
- [Ste05b] Mirco Stern. Konzeption und Realisierung von Dienstkomposition für DIANE Service Descriptions, Dezember 2005. Diplomarbeit an der Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe.
- [Zou05] Ying Zou. Entwicklung eines Hypothesen-Testers für simulierte Ad-hoc-Netze, Mai 2005. Studienarbeit an der Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe.

Fremde Veröffentlichungen

- [BG97] Michael Bacharach und Diego Gambetta. Trust in Signs. In K.S. Cook, Hrsg., *Trust in Society*, Seiten 148–184. Russell Sage Foundation. New York, USA, 1997.
- [BZK05] Peter Baumung, Martina Zitterbart und Kendy Kutzner. Improving Delivery Ratios for Application Layer Multicast in Mobile Ad-hoc Networks. *Elsevier Special Issue on Computer Communications*, 28(14):1669–1679, 2005.
- [FH03] Ernest Friedman-Hill. *Jess in Action, Rule-Based Systems in Java*. Manning, 2003.
- [MR04] Frank P. Maier-Rigaud. Externality or Common Good? Choosing an Adequate Framework to Analyze Institutional Aspects of Common Goods. *Preprint Series of the Max Planck Project Group on Common Goods*, 2004.
- [Pen05] S. Penz. SLP-based Service Management for Dynamic Ad-hoc Networks. In *Proceedings of the Third Workshop on Middleware for Pervasive and Ad Hoc Computing (MPAC '05) co-located with ACM/IFIP/USENIX Middleware 2005*, Grenoble, Frankreich, November 2005.