



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminar-Ausarbeitung Anwendungen 2

Stephanie Gamm

Mobile Prozesse

Stephanie Gamm

Mobile Prozesse

Seminar-Ausarbeitung im Rahmen der Veranstaltung Anwendungen 2
im Studiengang Master of Science Informatik
am Studiendepartment Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Professor : Prof. Dr. Kai von Luck

Abgegeben am 22. Februar 2007

Stephanie Gamm

Thema der Seminar-Ausarbeitung Anwendungen 2

Mobile Prozesse

Stichworte

Geschäftsprozesse, Workflows, mobile Geräte, Mobilität, Mobile Computing, Pervasive Computing, Context-Awareness

Kurzzusammenfassung

Mobile Geräte wie PDAs und Laptops verbreiten sich zunehmend. Ihre wachsende Leistungsfähigkeit und die hinzugewonnene Mobilität eröffnen eine Vielzahl neuer Möglichkeiten. Mobile Prozesse sind die Fortführung klassischer Geschäftsprozesse im Mobile Computing und unterstützen ein individuelles, auf die jeweilige Situation angepasstes Verhalten zur Laufzeit durch kontextabhängige Entscheidungen. Die vorliegende Arbeit will allgemeine Grundlagen, Problemstellung und Konzepte mobiler Prozesse aufzeigen und anschließend aktuelle Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet und ihre Besonderheiten vorstellen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Zielsetzung	1
2	Grundlagen und Konzepte mobiler Prozesse	1
2.1	Einordnung des Themas	2
2.2	Einsatzgebiete und Beispielszenario	2
2.3	Problemstellung	4
2.4	Konzepte	5
3	Aktuelle Forschungsarbeiten	6
3.1	Sliver	6
3.2	MobiWork	6
3.3	WORKPAD	7
3.4	CiAN	8
3.5	DEMAC	9
3.6	Fazit der betrachteten Arbeiten	9
4	Projektbezug "Pervasive Gaming Framework"	10
5	Fazit und Ausblick	10
	Literatur	11

1 Einleitung

1.1 Motivation

Durch ihre zunehmende Verbreitung und wachsende Leistungsfähigkeit verändern mobile Geräte wie PDAs oder Laptops die an Softwaresysteme gestellten Anforderungen. Im Vergleich zu stationären Computersystemen verfügen mobile Geräte über geringe Ressourcen und eine vielerorts zugängliche, wenngleich auch keine verlässliche Netzinfrastruktur. Neben diesen technischen Aspekten eröffnet die hinzugewonnene Mobilität eine Vielzahl neuer Möglichkeiten. Spontane Kollaborationen über mobile Ad-hoc-Netze werden durch die Abbildung in Prozesse ermöglicht.

Mobile Prozesse sind die Fortführung klassischer *Geschäftsprozesse im Mobile Computing*. Sie behandeln die verteilte Ausführung eines Prozesses auf mobilen Geräten und versuchen, sich das Wissen um die aktuelle Situation zunutze zu machen. Die bewährten Konzepte klassischer Geschäftsprozesse genügen den neuen Anforderungen nicht, so dass sich mobile Prozesse zu einem Themengebiet mit aktuellem Forschungsinteresse entwickelt haben.

1.2 Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit will Grundlagen und Konzepte mobiler Prozesse vermitteln sowie einen Überblick an interessanten, aktuellen Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet liefern. Es werden die zu bewältigenden Problemstellungen aufgezeigt und mögliche Ansätze und Lösungsstrategien vorgestellt. Darüber hinaus ist es Ziel dieser Arbeit aktuelles Basiswissen über mobile Prozesse zusammenzutragen und somit einen Anknüpfungspunkt für die Seminar-Ausarbeitung zum Thema "Mobile Prozesse – Kontextsensitive Service-Komposition" zu schaffen, in der eine Idee für die anschließende Masterarbeit entwickelt werden soll ([Gam-2007](#)).

2 Grundlagen und Konzepte mobiler Prozesse

Bei der Betrachtung mobiler Prozesse geht es speziell um langlaufende Geschäftsprozesse. Ein *Geschäftsprozess* (engl.: *business process*) definiert eine Abfolge von Aktivitäten zur Erreichung eines gemeinsamen Zieles. Die einzelnen

Aktivitäten können manuell oder automatisiert ausgeführt werden, z.B. als lokale oder entfernte Services. Häufig fällt in diesem Zusammenhang auch der Begriff des *Workflows*; hierbei handelt es sich um die IT-seitige Repräsentation und Umsetzung eines Geschäftsprozesses.

2.1 Einordnung des Themas

Wie einleitend in Kapitel 1 vorgestellt, liegt der Fokus dieser Arbeit auf Geschäftsprozessen im *Mobile Computing*. Entsprechende Projekte werden von der Vision vorangetrieben, vorher unbekannte Anwendungen auf mobilen Geräten und in allgegenwärtiger Infrastruktur auszuführen. Damit sind mobile Prozesse ein weiterer Schritt in Richtung *Pervasive Computing* (Kun-2005), (BSI-2006). Da mobile Prozesse verteilt durch Zusammenarbeit einzelner Systeme ausgeführt werden, wird dieser Themenkomplex gerne auch im Hinblick auf *Computer Supported Collaborative Work* untersucht.

Eine häufig angestrebte Fähigkeit mobiler Prozesse ist die Wahrnehmung der aktuellen, individuellen Umgebung und die darauf angepasste Reaktion der Anwendung. Man spricht hier von der Eigenschaft der *Context-Awareness*. Je nach Anwendung kann sich der Kontext aus verschiedenen Aspekten zusammensetzen; häufig unterteilt man in physikalische Aspekte, wie z.B. die Position, Akku-Kapazität oder verfügbare Netze, und in anwenderspezifische Aspekte, wie Benutzerrechte oder persönliche Interessen. Eine der ersten Arbeiten zur Context-Awareness entstand 1994 im Xerox Palo Alto Research Center (SAW-1994).

Mobile Prozesse sind eine Weiterentwicklung der klassischen Geschäftsprozesse und Workflow-Management-Systeme, bei denen die Koordination der Prozessausführung typischerweise zentral auf einem leistungsstarken Server stattfindet. Die in der Praxis bewährten Konzepte sind auf mobile Prozesse, für die zumeist ein dezentraler, verteilter Ansatz verfolgt wird, nicht direkt übertragbar, so dass sich in diesem Bereich bisher noch kein Standard etabliert hat.

2.2 Einsatzgebiete und Beispielszenario

Die Einsatzmöglichkeiten für mobile Prozesse sind zahlreich. Allen gemeinsam ist, dass einige grundlegende Voraussetzungen für den sinnvollen Einsatz erfüllt sein sollten. Dazu gehört die Verwendung portabler, drahtloser Kommunikationsgeräte wie PDAs oder Laptops ebenso wie mobile Benutzer in Form von Men-

schen oder Robotern. Zusätzliche stationäre Einheiten sind nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Denkbare Einsatzgebiete sind geschäftliche Teamarbeit, Unfall- bzw. Katastrophen-Szenarien oder Spiele.

Anhand eines Beispielszenarios soll die Anwendung mobiler Prozesse exemplarisch aufgezeigt werden. Abbildung 1 zeigt den Ablauf eines KFZ-Schadensfalls, der im DEMAC-Projekt an der Universität Hamburg realisiert wurde (siehe auch Abschnitt 3.5).

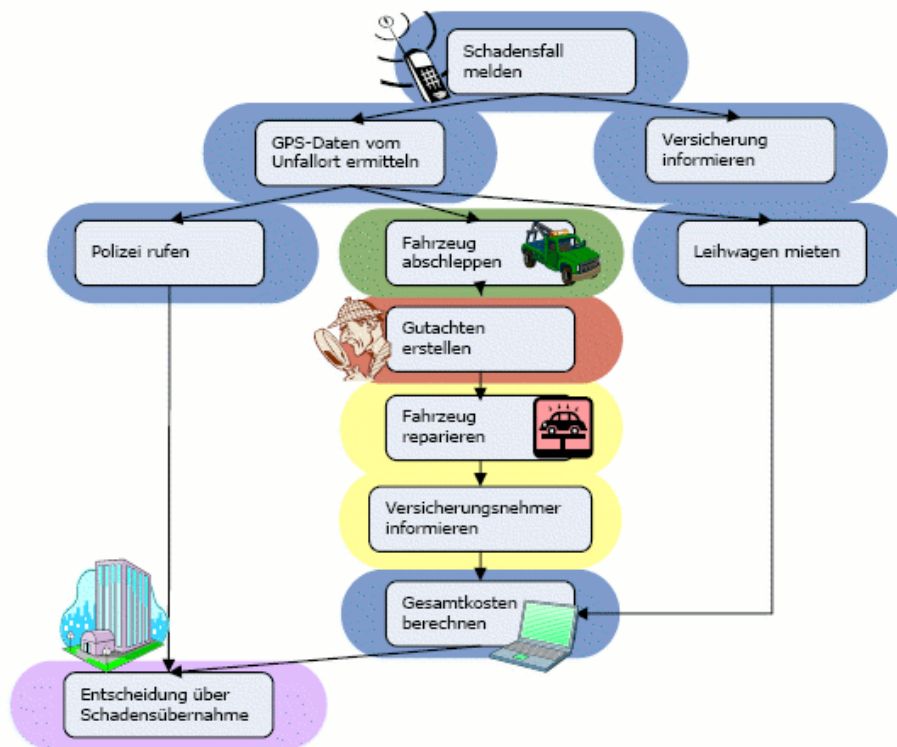


Abbildung 1: Prozessablauf für KFZ-Schadensfall (Zap-2005)

”Schadensfall melden” bildet die Startaktivität; von hier wird die Prozessausführung auf dem mobilen Gerät des Betroffenen gestartet. Alle blau hinterlegten Aktivitäten werden im Verlauf auf dessen mobilen Gerät ausgeführt. Die jeweils andersfarbig markierten Aktivitäten weisen auf die Ausführung einzelner Prozessabschnitte auf unterschiedlichen Geräten hin: grün steht für den Abschleppdienst, rot für den KFZ-Gutachter, gelb für die Reparatur-Werkstatt und violett für die Versicherung. Der Prozess enthält parallel ausführbare Abschnitte sowie Zusammenführungen der Teilprozesse. Das Beispiel soll lediglich eine mögliche Ausprägung für einen mobilen Prozess veranschaulichen.

2.3 Problemstellung

Zu den Anforderungen, die bei der Entwicklung eines für mobile Prozesse geeigneten Konzeptes zu berücksichtigen sind, gehören spezielle Eigenschaften mobiler Systeme. Hierzu zählen die drahtlose Ad-hoc-Kommunikation sowie die Unterstützung unterschiedlicher Kommunikationskanäle, wie WLAN, Bluetooth oder GPRS. Ein wesentlicher Faktor besteht in der *Mobilität* des Anwenders und den daraus resultierenden Umgebungsänderungen. Des weiteren ist die *Integration nicht-funktionaler Aspekte* zu unterstützen (Kun-2005), wozu unter anderem Benutzerprofile und -rollen, Position und Bewegungsmuster des Anwenders, Kosten oder Qualität der involvierten Services gehören.

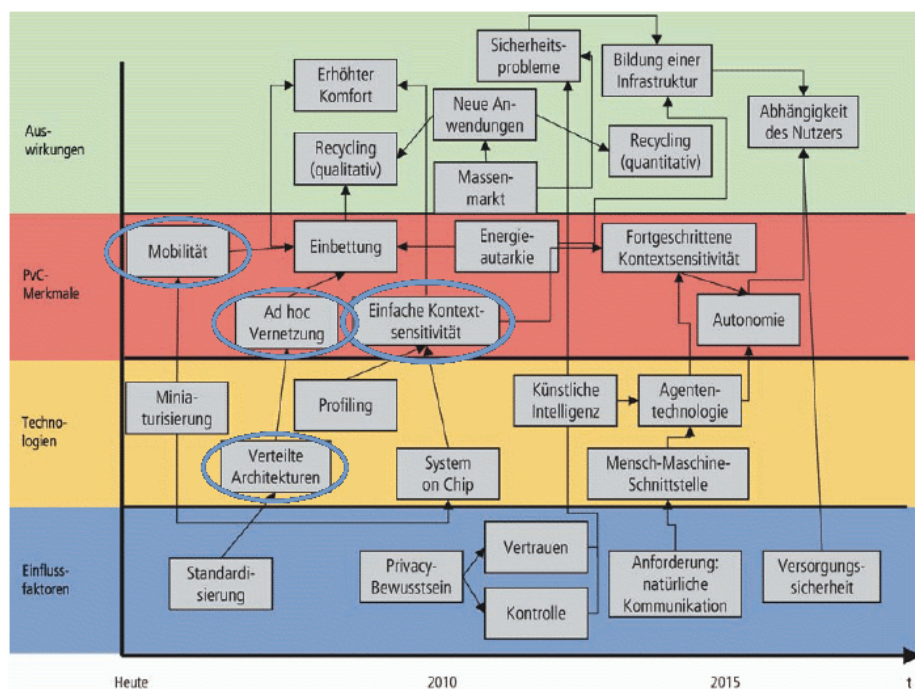


Abbildung 2: Zentrale Trends, Entwicklungen und Abhängigkeiten des Pervasive Computing (BSI-2006)

Die wesentlichen Problemstellungen stimmen mit Eigenschaften des Pervasive Computing überein. Abbildung 2 wurde einer aktuellen Studie vom BSI entnommen und zeigt die in den nächsten zehn Jahren zu erwartenden Trends, Entwicklungen und Abhängigkeiten des Pervasive Computing. Die entscheidenden Charakteristika *Verteilte Architekturen*, *Mobilität*, *Ad-hoc-Vernetzung* und *einfache Kontextsensitivität* wurden zur Verdeutlichung nachträglich hervorgehoben.

Letztendlich soll der Einsatz mobiler Prozesse einen Mehrwert für den Nutzer darstellen, wobei dieser durch das kontextabhängige Verhalten der Anwendung unterstützt werden soll. Die besondere Herausforderung besteht in der Gratwanderung zwischen Unterstützung und ungewollter Verwirrung des Nutzers durch die Nicht-Vorhersagbarkeit der kontextsensitiven Entscheidungen.

2.4 Konzepte

Grundsätzlich werden zwei Basis-Komponenten für die technische Realisierung mobiler Prozesse benötigt: eine *Prozess-Beschreibungssprache* und eine *Prozess-Ausführungsumgebung*. Mittels einer Prozess-Beschreibungssprache lassen sich formale Definitionen konkreter Geschäftsprozesse vornehmen. Die Beschreibungssprache kann als Eigenentwicklung oder als Erweiterung einer existierenden Sprache, z.B. BPEL¹, realisiert sein. Meistens wird hierfür das XML-Format verwendet. Eine Prozess-Ausführungsumgebung wird benötigt, um die Prozess-Definitionen anschließend interpretieren und kontextabhängig ausführen zu können. Dabei muss die Umgebung für geringe Ressourcen ausgelegt sein.

Eine allgemeine Auflistung der Anforderungen, die beide Komponenten zur Unterstützung mobiler Prozesse im Mobile Computing erfüllen sollten, wurde in (Kun-2005) vorgenommen. An dieser Stelle soll eine Zusammenfassung der wichtigsten Anforderungen genügen. Die Prozess-Beschreibungssprache soll eine technologie- und plattformunabhängige Prozessbeschreibung sowie die Formulierung der nicht-funktionalen Aspekte unterstützen (vgl. Abschnitt 2.3). Es sollte möglich sein, einen Prozess in Sub-Prozesse unterteilen zu können und die einzelnen Aktivitäten auf Basis abstrakter Dienste zu beschreiben. Nach (Kun-2005) ist es sinnvoll, die Beschreibungssprache als Meta-Prozessmodell aufzubauen.

Zu den Anforderungen, die an die Prozess-Ausführungsumgebung gestellt werden, gehört die Unterstützung eines allgemeinen und generischen Kontextmodells sowie der Mobility- und Context-Awareness. Es sollte unabhängig vom Transportprotokoll eine allgemeingültige Adressierung und asynchrone Kommunikation verwendet werden können, um transparent für beliebige Transportprotokolle zu sein. Zudem sollten Synchronisationsmechanismen unterstützt werden, um beispielsweise parallel abgearbeitete Sub-Prozesse zusammenführen zu können. Zu den Anforderungen gehört nach (Kun-2005) ebenfalls die Abgabe des Kontrollflusses zur Laufzeit an andere Ausführungseinheiten.

¹BPEL = Business Process Execution Language. XML-basierte Sprache zur Beschreibung von Geschäftsprozessen durch Komposition von Web Services. Aktuell: Draft für Spezifikation von WS-BPEL 2.0 bei OASIS vom 25.01.2007, http://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=wsbpel

3 Aktuelle Forschungsarbeiten

Nachdem bisher allgemeine Grundlagen und Konzepte mobiler Prozesse vorgestellt wurden, soll dieses Kapitel einen Überblick über aktuelle Forschungsarbeiten liefern. Zu diesem Zweck werden jeweils die interessantesten Aspekte und Besonderheiten der Projekte aufgezeigt. Weitergehende Informationen können den projektbezüglichen Quellen entnommen werden.

3.1 Sliver

Sliver ist ein BPEL-Server für mobile Geräte ([HHGR-2006](#)). Durch Abstraktion vom Transportprotokoll wurde die Trennung der reinen Prozessausführung von der Kommunikation erreicht. Sliver unterstützt neben dem traditionellen HTTP diverse weitere Protokolle. Die Ausführung eines Prozesses findet wie bei BPEL üblich zentral statt, jedoch wurde auf die Unterstützung des kompletten BPEL-Sprachumfangs verzichtet, da ansonsten keine leichtgewichtige, ressourcenschonende Implementierung möglich war. Die Unterstützung mobiler Prozesse im eigentlichen Sinne wird von Sliver nicht gewährleistet, da es sich lediglich um eine weitere BPEL-Ausführungsumgebung handelt und Mobilität sowie Context-Awareness nicht berücksichtigt wurden.

3.2 MobiWork

MobiWork steht für *Mobile Workflows for MANETs*² und entstand an der Washington University in St. Louis ([HSH⁺-2006](#)). Der Schwerpunkt liegt auf der Allokation der einzelnen Aktivitäten zu den Prozessteilnehmern, wobei nur ein simples Prozessmodell entwickelt wurde. Die Zuweisung der Prozessaktivitäten innerhalb einer Teilnehmergruppe geschieht bei MobiWork unter Berücksichtigung von Benutzer- bzw. Geräteprofilen und sogenannten Mobility-Pattern, die eine Beschreibung von personenbezogenen Bewegungsmustern darstellen. Vor Prozessbeginn kommen alle Teilnehmer zusammen, und auf dem Gerät eines ausgewählten Master-Teilnehmers wird die Task-Allokation mittels einem heuristischen Verfahren als zentralisierte Start-Aktivität durchgeführt.

Derzeit sieht MobiWork keine dynamische Einbindung von Teilnehmern bzw.

²MANET = Mobile Ad hoc Network. Drahtloses Netzwerk von mobilen Geräten, aufgrund der Mobilität sind ständige Topologieänderungen und Verbindungsabbrüche typisch.

Services zur Laufzeit vor, geplant ist jedoch die Re-Allokation im laufenden Betrieb. Eine erste Implementierung hat gezeigt, dass workflow-basierte Konzepte für Kollaborationen in MANETs erfolgversprechend sind (HSH⁺-2006).

3.3 WORKPAD

Bei *WORKPAD* handelt es sich um ein europäisches Forschungsprojekt mit Beteiligung der Universität Rom, Salzburg Research, der TU Wien und IBM, dessen Ziel in der Entwicklung einer Software-Infrastruktur zur Unterstützung menschlicher Teamarbeit in Disaster-Szenarien besteht (MAK⁺-2006). Das Konzept basiert auf einem 2-Level-Framework auf Basis von Peer-to-Peer-Netzen (kurz: P2P-Netzen). Den Aufbau zeigt Abbildung 3.

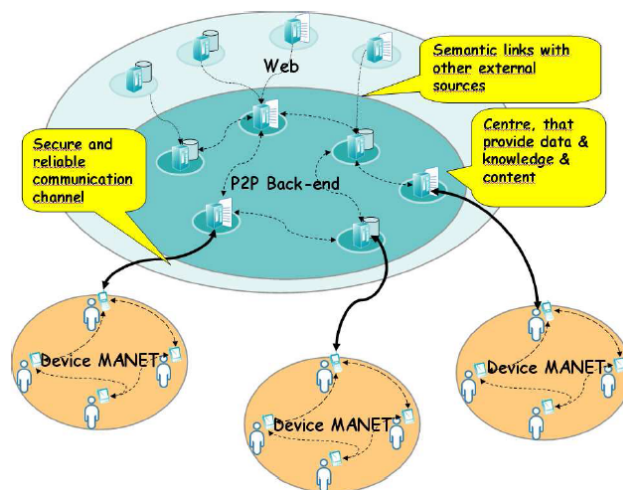


Abbildung 3: 2-Level-P2P-Framework von WORKPAD (MAK⁺-2006)

Das Backend bilden die Netzwerke der einzelnen Hilfsorganisationen, die zuverlässig Services für Rechenkapazität sowie eine integrierte Daten- und Wissensbasis zur Verfügung stellen. Das Frontend bilden die mobilen Geräte der Hilfsmannschaften am Unfallort in Form von MANETs. Prozesse unterstützen die Arbeit in kollaborativen, nomadischen Teams. WORKPAD hält einen sogenannten Coordination Layer mit zentraler Steuerung bereit, der zur Laufzeit eine Anpassung des Prozesses vornehmen kann, wenn z.B. ein Gerät droht, außer Funkreichweite zu geraten. Allerdings setzt WORKPAD dafür eine Verbindung zu allen am Prozess beteiligten Teilnehmern während der gesamten Prozessdauer voraus, da nur kurzfristige Unterbrechungen kompensiert werden können.

3.4 CiAN

CiAN bedeutet *Collaboration in Ad hoc Networks* und stellt hierfür auf dem Workflow-Modell eine Sprache und Middleware zur Verfügung (SRF-2006). Ziel dieser Dissertationsarbeit an der Washington University in St. Louis ist die Unterstützung von Kollaborationen in MANETs, ohne auf eine externe oder feststehende Infrastruktur angewiesen zu sein. CiAN unterteilt das Vorgehen dafür strikt in zwei Phasen: die Planungsphase und die Workflow-Ausführungsphase.

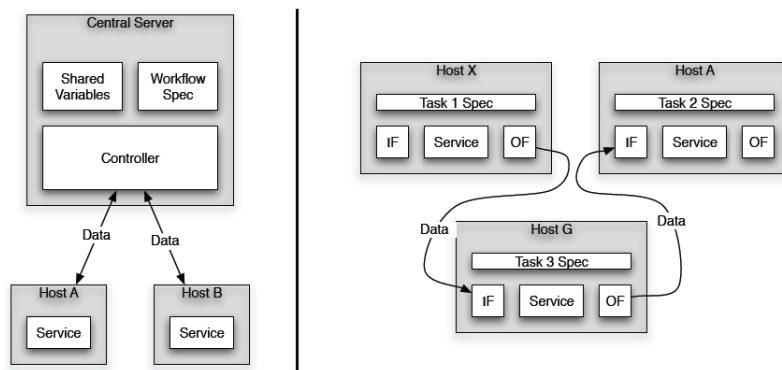


Abbildung 4: zentralisierte vs. filterbasierte Architektur von CiAN (SRF-2006)

Während der Planungsphase wird die Aufteilung des Prozesses in Aktivitäten, sogenannte Tasks, auf Basis von Mobility-Pattern vorgenommen, wofür sich alle Prozessteilnehmer zu Beginn zusammenfinden müssen. Die einzelnen Tasks werden geeigneten Prozessteilnehmern zugewiesen und erhalten entsprechende Input- und Output-Filter (kurz: IF und OF), die jeweils Start- und Endbedingungen für die Ausführung festlegen. Abbildung 4 zeigt die filterbasierte Architektur im Vergleich zur klassischen, zentralisierten Workflow-Ausführung. Die Beschreibungssprache basiert bei CiAN auf einem annotierten Graphen, wobei die einzelnen Tasks bei der Prozesszerlegung bewusst in keine absolute Reihenfolge gebracht werden. Das Filter-Konzept stellt Laufzeit-Bedingungen an die Task-Ausführung, gleichzeitig erreicht man eine flexible Ablaufsteuerung.

Im Anschluss an die Planungsphase folgt die Workflow-Ausführungsphase auf dem komplett dezentralisierten CiAN Runtime System. Die Entscheidung, wann eine Task-Ausführung startet, trifft jedes mobile Gerät unabhängig und eigenständig auf Basis des Task-zugehörigen Input-Filters. Die Task-Ergebnisse werden entsprechend den Output-Filtern verarbeitet, wobei ein Routing-Protokoll für deren Transfer an den nächsten Teilnehmer entwickelt wurde. Während der gesamten Ausführungsphase benötigt CiAN keinen zentralen Koordinator.

3.5 DEMAC

Das Dissertationsprojekt *DEMAC* der Universität Hamburg wurde schon in Abschnitt 2.2 kurz vorgestellt und der Ablauf des Prozesses KFZ-Schadensfall exemplarisch aufgezeigt (siehe Abbildung 1). *DEMAC* steht für *Distributed Environment for Mobility-Aware Computing* und ist vollständig auf Mobilität und geringen Ressourcenverbrauch ausgerichtet. Bestandteil des Projektes ist die Integration von Prozessen in eine Middleware für mobile Systeme (Kun-2005), (KZL-2006), (Zap-2005). Dabei wurde die XML-basierte Beschreibungssprache "DEMAC Process Description Language" (kurz: DPDL) sowie eine Ausführungs-umgebung entwickelt, die Context-Awareness unterstützen und nicht-funktionale Aspekte bei der Auswahl von Geräten und Services berücksichtigen (vgl. Abschnitt 2.3). DPDL ermöglicht parallele Ausführung und die Übertragung des Prozesses mit aktuellem Ausführungszustand auf neu hinzugekommene, geeignete Geräte zur Laufzeit. Abbildung 5 zeigt das schematische Vorgehen. Die Koordination des Prozesses läuft komplett dezentral ab.

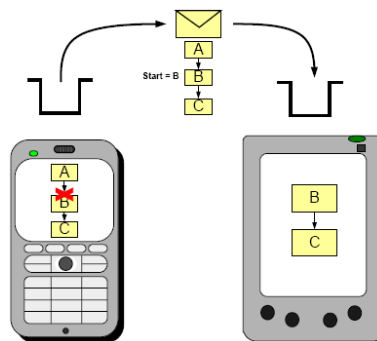


Abbildung 5: Prozess-Weitergabe mit aktuellem Ausführungszustand (Zap-2005)

3.6 Fazit der betrachteten Arbeiten

Die vorgestellten Arbeiten liefern erste praxistaugliche Ergebnisse im Bereich mobiler Prozesse, deren Potential häufig anhand von Performance-Analysen untermauert wird. Die Problemstellungen sind jedoch so vielfältig und komplex, dass sich aktuelle Projekte oftmals auf eine Teilmenge der Anforderungen oder ein spezielles Anwendungsgebiet beschränken. Zudem setzen einige Arbeiten nomadische oder dauerhafte Konnektivität voraus, so dass eine komplett dezentrale Koordination der Prozesse nicht erreicht werden kann.

4 Projektbezug "Pervasive Gaming Framework"

Das Ziel des Studien-Projekts "*Pervasive Gaming Framework*", an dem die Autorin beteiligt war, bestand in der Entwicklung eines Frameworks für mobile, routenbasierte Multi-Player-Spiele im Kontext des Pervasive Computing. Exemplarisch wurde für das Framework ein Spiel entwickelt. Bei der durch PDAs unterstützten Schnitzeljagd müssen Positionen einer vorher festgelegten Route mittels GPS aufgefunden und ortsbezogene Aufgaben gelöst werden.

Zur Zielsetzung des Projekts gehörte zwar nicht die Umsetzung mobiler Prozesse, dennoch sind Ähnlichkeiten in den Ansätzen festzustellen. Dazu gehören kontextabhängige Entscheidungen, die Entwicklung der "Route Description Language" zur Beschreibung der abzuarbeitenden Routenpunkte und Aufgaben, die zentrale Verteilung der Aufgaben an die Teammitglieder sowie das Zusammenführen und Synchronisieren der Teilergebnisse. Auf diesem Potential aufbauend kann das Projektergebnis als Basis für die Integration mobiler Prozesse in ein Framework dienen.

5 Fazit und Ausblick

Der Grad an Mobilität, den aktuelle Projekte im Umfeld mobiler Prozesse unterstützen, ist sehr unterschiedlich und somit unterscheiden sich die verschiedenen Strategien zum Teil erheblich voneinander. Für die Unterstützung totaler Mobilität ist ein verteilter Ansatz ohne jegliche zentrale Instanz sicherlich die ideale Lösung, jedoch wird damit auch die Überwachung des Prozesszustands zur Ausführungszeit erschwert, wenn nicht sogar unmöglich. Workflow-Systeme ohne diese Administrationsmöglichkeit werden im unternehmerischen Einsatz dagegen kaum auf Akzeptanz stoßen. Dennoch zeigen die Forschungsergebnisse, dass Konzepte auf Basis mobiler Prozesse ein erfolgversprechender Weg für Kollaborationen über mobile Ad-hoc-Netze sind.

Neben den vorgestellten Anforderungen existieren vielfältige Möglichkeiten für weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet, wie dem Auffinden und Einbinden von Diensten zur Laufzeit, der Unterstützung von Transaktionen, Sicherheitsmechanismen oder Privacy. Um die Ergebnisse validieren zu können, sind geeignete Konzepte für das Testen solcher kontextsensitiven Systeme notwendig. Zudem können erfolgreiche Arbeiten vielleicht einen Beitrag zur Standardisierung leisten und mobilen Prozessen den Weg in die Praxis ebnen.

Literatur

- [BSI-2006] BSI, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: *Pervasive Computing: Entwicklungen und Auswirkungen*. Bonn : SecuMedia Verlags-GmbH, 2006 http://www.bsi.de/literat/studien/percenta/Percenta_dlay.pdf
- [Gam-2007] GAMM, Stephanie: *Mobile Prozesse – Kontext-sensitive Service-Komposition*. Ausarbeitung Seminar, HAW Hamburg. Version: 15.02.2007. <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master06-07/gamm/report.pdf>, Abruf: 22.02.2007
- [HHGR-2006] HACKMANN, Gregory ; HAITJEMA, Mart ; GILL, Christopher ; ROMAN, Gruia-Catalin: *Sliver: A BPEL Workflow Execution Engine for Mobile Devices*. Washington University in St. Louis, School of Engineering & Applied Science. Version: 26.06.2006. <http://www.seas.wustl.edu/Research/FileDownload.asp?505>, Abruf: 07.11.2006
- [Hil-2006] HILDEBRANDT, Thomas: *Reliable Execution Languages for Mobile Business Processes*. University of Copenhagen, Department of Computer Science. Version: 11.05.2006. <http://topps.diku.dk/next/workshop/hilde.pdf>, Abruf: 26.10.2006
- [HSH⁺-2006] HACKMANN, Gregory ; SEN, Rohan ; HAITJEMA, Mart ; ROMAN, Gruia-Catalin ; GILL, Christopher: *MobiWork: Mobile Workflows for MANETs*. Washington University in St. Louis, School of Engineering & Applied Science. Version: 14.04.2006. <http://www.seas.wustl.edu/Research/FileDownload.asp?486>, Abruf: 07.11.2006
- [Kun-2005] KUNZE, Christian P.: *Unterstützung mobiler Prozesse im Mobile Computing*. In: *Technischer Bericht zum 1. GI/ITG KuVS Fachgespräch Energiebewusste Systeme und Methoden* (2005). <http://vsis-www.informatik.uni-hamburg.de/getDoc.php/publications/261/fgsfpc.pdf>, Abruf: 26.10.2006
- [KZL-2006] KUNZE, Christian P. ; ZAPLATA, Sonja ; LAMERSDORF, Winfried: *Mobile Process Description and Execution*. In:

- Proceedings of the 6th IFIP WG 6.1 International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems* (2006). <http://vsis-www.informatik.uni-hamburg.de/getDoc.php/publications/268/DAIS06CKSZWL.pdf>, Abruf: 17.11.2006
- [MAK⁺-2006] MECELLA, Massimo ; ANGELACCIO, Michele ; KREK, Alenka ; CATARCI, Tiziana ; BUTTARAZZI, Berta ; DUSTDAR, Schahram ; VETERE, Guido: *WORKPAD: an Adaptive Peer-to-Peer Software Infrastructure for Supporting Collaborative Work of Human Operators in Emergency/Disaster Scenarios*. In: *Proc. of the IEEE Intl. Symposium on Collaborative Technologies and Systems* (Mai 2006). <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/10940/34455/01644131.pdf?tp=&arnumber=1644131&isnumber=34455>, Abruf: 15.11.2006
- [SAW-1994] SCHILIT, Bill ; ADAMS, Norman ; WANT, Roy: *Context-Aware Computing Applications*. In: *Proceedings Workshop on Mobile Computing Systems and Applications* (Dezember 1994). <http://ieeexplore.ieee.org/iel2/3875/11297/00512740.pdf?tp=&arnumber=512740&isnumber=11297>, Abruf: 16.02.2007
- [SRF-2006] SEN, Rohan ; ROMAN, Gruia-Catalin ; FRANK, Andrew: *CiAN: A Language and Middleware for Collaboration in Ad hoc Networks*. Washington University in St. Louis, School of Engineering & Applied Science. Version: 21.08.2006. <http://www.seas.wustl.edu/Research/FileDownload.asp?524>, Abruf: 01.11.2006
- [Zap-2005] ZAPLATA, Sonja: *Prozessintegration in Middleware für mobile Systeme*. Diplomarbeit, Universität Hamburg, Arbeitsbereich VSIS. Version: 08.11.2005. <http://www.informatik.uni-hamburg.de/SWT/attachments/LVTermine/Prozessintegration%20in%20Middleware.pdf>, Abruf: 07.11.2006