

# METRIK - Bericht 2010

DFG-Graduiertenkolleg 1324/1 und 1324/2

MODELLBASIERTE ENTWICKLUNG VON TECHNOLOGIEN FÜR SELBSTORGANISIERENDE  
DEZENTRALE INFORMATIONSSYSTEME IM KATASTROPHENMANAGEMENT (METRIK)

<http://www.gk-metrik.de>

## Sprecher

PROF. DR. SC. NAT. JOACHIM FISCHER  
Tel.: (030) 2093 3109  
e-mail: fischer@informatik.hu-berlin.de

## Sekretariat

GABRIELE GRAICHEN  
Tel.: (030) 2093 3828  
e-mail: graichen@informatik.hu-berlin.de

## Doktoranden

DIPL.-GEOGR. FALKO THEISSELMANN  
DIPL.-INF. SIAMAK HASCHEMI  
MGR. JAN CALTA  
M. SC. ENG. JOANNA GEIBIG  
M. SC. JARUNGJIT PARNJAI  
DIPL.-GEOGR. ANDREAS REIMER  
DIPL.-INF. CHRISTOPH WAGNER  
DIPL.-INF. ANDREAS DITTRICH  
DIPL.-INF. HENRYK PLÖTZ  
M. SC. JENS NACHTIGALL  
DIPL.-INF. ARIF WIDER  
DIPL.-INF. FRANK KÜHNLENZ  
DIPL.-INF. DOMINIK OEPEN  
DIPL.-PHYS. CHRISTIAN BLUM  
DIPL.-INF. MICHAEL FREY

## Assoziierte

DIPL.-INF. ARTIN AVANES  
DIPL.-INF. GUIDO WACHSMUTH  
DIPL.-INF. STEPHAN WEIßLEDER  
DIPL.-INF. DIRK FAHLAND  
DIPL.-INF. DANIEL SADILEK  
M. SC. KATHRIN POSER  
DIPL.-INF. NIELS LOHMANN  
DIPL.-INF. MICHAEL SODEN

DIPL.-INF. HAJO EICHLER

**Forschungsstudenten**

KAI WARNCKE  
CORNELIUS SENF  
DENNIS FUNKE

**Betreuende HochschullehrerInnen**

PROF. DR. DORIS DRANSCH, Geo-Informationsmanagement und -Visualisierung  
PROF. DR. JOACHIM FISCHER, Systemanalyse, Modellierung und Simulation  
PROF. JOHANN-CHRISTOPH FREYTAG, PHD., Datenbanken und Informationssysteme  
PROF. DR. VERENA HAFNER, Kognitive Robotik  
PROF. DR. TOBIA LAKES, Geomatik  
PROF. DR. ULF LESER, Wissensmanagement in der Bioinformatik  
PROF. DR. MIROSLAW MALEK, Rechnerorganisation und Kommunikation  
PROF. DR. JENS-PETER REDLICH, Systemarchitektur  
PROF. DR. ALEXANDER REINEFELD, Parallele und verteilte Systeme  
PROF. DR. WOLFGANG REISIG, Theorie der Programmierung  
PROF. DR. HOLGER SCHLINGLOFF, Spezifikation, Verifikation und Testtheorie

*Da Naturkatastrophen die Menschheitsentwicklung kontinuierlich begleitet haben, sind immer wieder Anstrengungen unternommen worden, den durch diese Katastrophen verursachten Zerstörungen und dem Verlust an Menschenleben entgegenzuwirken. Dabei gewinnen die zuverlässige Vorhersage bzw. schnelle Erfassung von extremen Umweltsituationen (Erdbeben, Stürme und Überschwemmungen) und die zielgerichtete Reaktion darauf immer mehr an Bedeutung. Mit den heutigen Entwicklungen im IT-Bereich Hardware und Software stehen neue Möglichkeiten zur Verfügung, Katastrophen wirkungsvoll zu begegnen.*

*Das interdisziplinär ausgerichtete Graduiertenkolleg METRIK „Modellbasierte Entwicklung von Technologien für selbstorganisierende, dezentrale Informationssysteme im Katastrophenmanagement“ (GK 1324) widmet sich der Erschließung dieser Möglichkeiten bei Einsatz drahtlos vermaschter Sensornetze.*

*In enger Kooperation entwickeln Informatiker und Geo-Wissenschaftler IT-basierte Methoden und Basistechnologien, um den komplexen Prozess des Katastrophenmanagements in ausgewählten Aspekten zu verbessern.*

*Seitens des Katastrophenmanagements und der Modellierung geospezifischer Phänomäne kann das Graduiertenkolleg auf der umfassenden Kompetenz und internationalen Reputation des Deutschen GeoForschungsZentrums (GFZ) am Helmholtz-Zentrum Potsdam als Partnereinrichtung aufbauen. Neben dem dort eingerichteten Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology unterhält das GFZ eine TaskForce Erdbeben, die sich insbesondere mit der Erforschung geophysikalischer Prozesse beschäftigt, welche während und nach einem schweren Erdbeben ablaufen. Zusätzlich zu den weltweit*

durchgeführten seismischen Permanentmessungen entsendet sie im akuten Erdbebenfall auch Wissenschaftlergruppen zur Messung und Bewertung der seismischen Aktivitäten in die betroffenen Gebiete vor Ort. Diese Einsatzgruppen benötigen neben einer geeigneten katastrophentauglichen Mess- und Kommunikationsinfrastruktur auch echtzeitfähige IT-basierte Methoden und Technologien zur Datenintegration und Datenauswertung - einerseits für die Vorbereitungsphase und zum anderen für die akute Notfallphase eines Katastrophenmanagements (siehe Abb. 1).

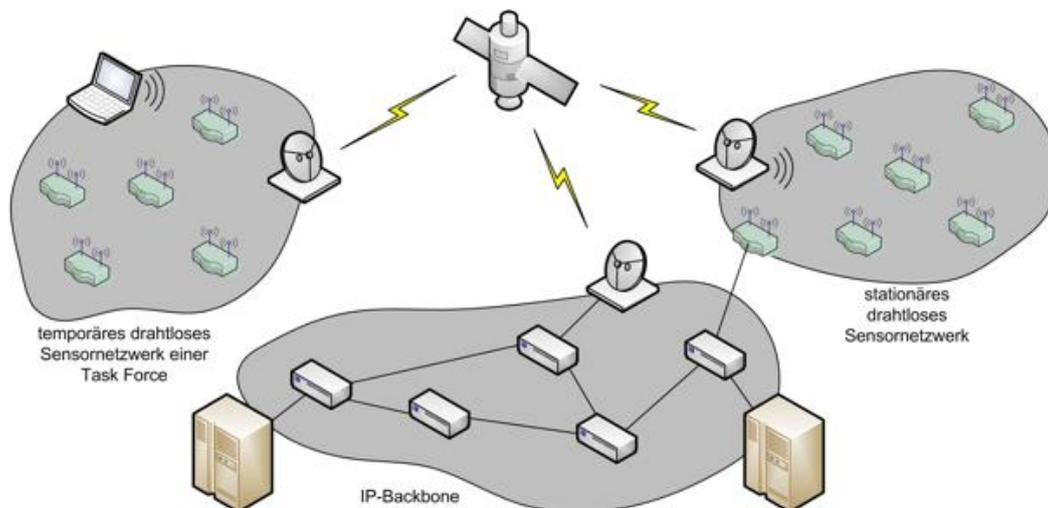


Abb. 1 Potenzieller Anwendungsbereich von METRIK-Basistechnologien im Katastrophenmanagement

## Highlights aus dem Graduiertenleben 2010

Bereits zu Beginn des Jahres 2010 wurden die bisher erbrachten Leistungen des Graduiertenkollegs auf den Prüfstand der DFG gestellt. Neben überzeugenden Vorträgen zu ausgewählten Promotionsprojekten, Postervorstellungen zu allen Arbeiten am Graduiertenkolleg wurden auch zahlreiche erfolgreiche Kooperationsprojekte mit dem Deutschen GeoForschungszentrum in Form von Demonstrationen vorgestellt. Dazu gehörten:

- ein adaptives Prozessmodell für Geschäftsprozesse zur Beschreibung der Vorbereitung und Durchführung von Einsätzen der Taskforce nach schweren Erdbeben,
- das Informationssystem Equator zur automatisierten Erfassung sämtlicher Daten im Internet über ein aktuell stattgefundenes Erdbeben sowie
- SOSEWIN als Prototyp eines drahtlos vermaschten Sensornetzwerkes zur Erdbebenföhwarnung in Istanbul mit Remote-Steuerung aus Berlin und Potsdam.

Hauptziel der Begehung am 29. Januar 2011 war die Prüfung des vom Institut vorbereiteten Verlängerungsantrags für das Graduiertenkolleg. Mit der eindeutigen

Fortsetzungsentscheidung durch die DFG hat das Institut gleichzeitig die Sprecherschaft für zwei Graduiertenkollegs inne. Für die kommende Förderphase mit einem



Budget von ca 4,5 Mill € wurde dem Graduiertenkolleg METRIK empfohlen, sich noch stärker auf Anwendungsprobleme bzw. domänenspezifische Aspekte zu konzentrieren, wobei die Zusammenarbeit mit dem GeoForschungszentrum als äußerst vielversprechend angesehen wurde. Zudem wurde empfohlen, die geplanten Qualitätsbewertungen erhobener Daten und Aspekte der IT-Sicherheit in allen Bereichen stärker zu akzentuieren.

Im Zuge der Begehung unseres Kollegs kommt die DFG auch zu der Einschätzung, dass die in der ersten Förderphase von METRIK aufgebaute Kooperation mit der TU Eindhoven (B.E.S.T.) thematisch sehr gut in das Forschungsprogramm passt und fortgesetzt werden sollte.

Weitere Höhepunkte der Arbeit waren die Vorbereitung und Durchführung zweier Klausur-Evaluierungsworkshops im Juni



und November 2010 in Groß Dölln.



In enger Kooperation mit dem Fraunhofer Institut FIRST fand im Januar mit ATAMI'10 ("Advances in Testing - Academia meets Industry") ein mit über 80 Teilnehmern sehr erfolgreicher Workshop statt, an dessen Organisation und Gestaltung die METRIK-Doktoranden Siamak Haschemi, Stephan Weißleder und Arif Wider federführend beteiligt waren.

Zur Stärkung der Vernetzung zwischen Graduiertenkollegs fand Anfang Mai der METRIK-Workshop "METRIK meets MobiCom meets SpeedUp: Workshop on Self-

Organization in Disaster Management“ unter Beteiligung des Ilmenauer Graduiertenkollegs MobiCom und dem BMBF-geförderten Projekt SpeedUp statt. Federführend in der Organisation waren hierbei Joanna Geibig, Frank Kühnlenz, Siamak Haschemi und Andreas Dittrich.

Im Berichtszeitraum wurden 4 Promotionsprojekte mit sehr guten bis exzellenten Resultaten verteidigt

- Dirk Fahland und Niels Lohmann am 27.09.2010,  
Stephan Weißleder am 26.10.2010 und Artin Avanes am 03.12.2010.

Im Zeitraum Oktober/November wurde der Prozess der Besetzung weiterer Doktorandenstellen und der Start neuer Promotionsvorhaben vorangebracht

## **Zentrale Anwendungsprojekte im Berichtszeitraum**

Im Folgenden werden drei Beispiele beschrieben, die den den gelungenen Transfer von METRIK-Basistechnologien im Geo- bzw. Katastrophenmanagementumfeld exemplarisch belegen.

### **a) Einsatzvorbereitung der TaskForce Erdbeben**

In Form einer Fallstudie mit der TaskForce Erdbeben des Deutschen GeoForschungsZentrums Potsdam wurde ein adaptives Prozessmodell für Geschäftsprozesse zur Beschreibung der Vorbereitung und Durchführung eines Einsatzes der Taskforce nach schweren Erdbeben für die jeweils spezifische Region in der Welt entwickelt. Beim Auftreten eines Erdbebens muss zunächst innerhalb der Taskforce entschieden werden, ob man dieses Beben vor Ort untersuchen möchte, um in diesem Fall die entsprechenden logistischen Maßnahmen zu treffen. Dies sollte in einem Zeitrahmen von 10 bis 14 Stunden nach einem Beben geschehen, da sonst eine zweckdienliche Untersuchung nicht mehr möglich ist. Dieser Entscheidungsfindungsprozess besteht aus einer komplexen Kette hunderter verwobener Einzelaktivitäten, die beispielsweise der Informationsgewinnung und -bewertung, der Kommunikation und Abstimmung mit anderen Gruppen, oder der gestuften Eskalation von Nachrichten dienen.

Ausgangspunkt für die durch METRIK vorgenommene Modellierung waren methodische Untersuchungen in METRIK zur Konstruktion eines formalen Verhaltensmodells, das sich adaptiv (in diesem Sinne selbstorganisierend) aus einer Menge einzelner Szenarien systematisch konstruieren lässt.

Das entwickelte Modell wurde von der TaskForce Erdbeben sehr gut aufgenommen und dient dort bereits im praktischen Einsatz zur Strukturierung und Organisation einzelner Tätigkeiten. Darüber hinaus waren die bei seiner Erstellung gewonnenen Erfahrungen unmittelbarer Anlass für die Entwicklung des Equator-Systems, das im folgenden Absatz beschrieben wird.

## b) Das Informationssystem Equator

Das in METRIK entwickelte Equator-System (siehe Abb. 2) automatisiert den Prozess des Sammelns erfasster Daten über ein stattgefundenes Erdbeben und trägt damit erheblich zur einer Beschleunigung und Qualitätssicherung derartiger Aktivitäten bei.

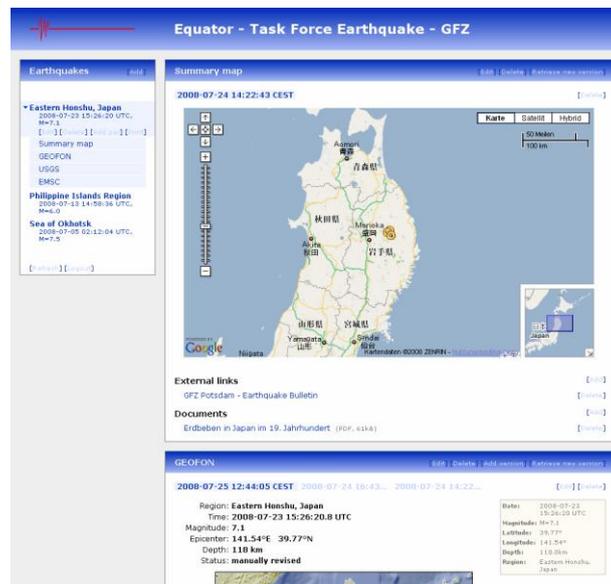


Abb. 2 Integrierte Darstellung der von drei Quellen berechneten Epizentren zum Erdbeben vom 23.7.2007 in Honshu, Japan

Dies ist insbesondere deshalb sinnvoll, weil fast alle Informationsquellen bereits elektronisch im Web verfügbar sind. Equator ist deshalb im Kern ein System, das verschiedene andere Systeme zur Messung von Erderschütterungen integriert. Auf Anfrage wird zu einem Erdbeben ein komplexer Bericht erstellt, der alle verfügbaren Informationen integriert und strukturiert darstellt.

Insbesondere unterstützt Equator damit die TaskForce Erdbeben am Deutschen GeoForschungsZentrum Potsdam, da dem Team damit eine integrierte und ständig aktualisierte Sicht auf weltweit verteilte Erdbebeninformationen ermöglicht wird. Zusätzlich zu dieser Analyse ist es notwendig, vor Ort entsprechende Untersuchungen anzustellen. Der Prozess der Entscheidungsfindung basiert wesentlich auf Informationen, die im Falle eines Erdbebens so schnell wie möglich gesammelt werden müssen, wie Informationen über das Beben, die Region, die Bebenhistorie usw. Dazu werden die Meldungen verschiedener Erdbebeninformationsagenturen ausgewertet (GEOFON, USGS, EMSC, WAPMER etc.). Das Ergebnis dieses Sammlungsprozesses wäre ohne Equator nur ein Stapel von Ausdrucken/Blättern.

Equator fußt auf einem spezifizierten Workflow zur Einsatzvorbereitung der TaskForce Erdbeben und kann als eine partielle Implementierung der dort festge-

haltenen Tätigkeiten verstanden werden. Equator wird seit seiner Inbetriebnahme im Sommer 2008 von der TaskForce Erdbeben regelmäßig benutzt.

### c) SOSEWIN als Prototyp eines drahtlos vermaschten Sensornetzwerkes

In Kooperation mit dem Deutschen GeoForschungsZentrum wurde im Rahmen des europäischen Projektes SAFER (Seismic Early Warning for Europe) der Prototyp eines Erdbebenfrühwarn- und Rapid-Response-Systems für die Stadt Istanbul entwickelt (siehe Abb. 3), dessen Netzwerkinfrastruktur mit von METRIK entwickelten Technologien betrieben wird. Das installierte System SOSEWIN (Self-Organizing Seismic Early Warning Information Network) ist dabei nicht nur das weltweit erste drahtlose seismische Maschennetzwerk, sondern kann bei weiterem Ausbau das weltweit erste Erdbeben-Rapid-Response-System werden, das zudem in einer dicht besiedelten Metropole mit Messtechnik vor Ort zum Einsatz kommt.

Grundlage der Erdbebenfrühwarnung ist die Ausnutzung der unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten seismischer Wellen in Abhängigkeit der von ihnen transportierbaren Energien. Man unterscheidet insbesondere zwischen Primär- und Sekundärwellen (P- und S-Wellen), wobei P-Wellen mit Spitzengeschwindigkeit von 5 km/s (in Granit) nahezu eine doppelte Ausbreitungsgeschwindigkeit gegenüber S-Wellen haben. Da Primärwellen nicht in der Lage sind, Zerstörungen hervorzurufen, sind sie als Ankündigungen der gefährlichen S-Wellen bestens geeignet. Sie zu erkennen, um herannahende S-Wellen auch quantitativ zu prognostizieren, ist die zentrale Aufgabe eines Frühwarnsystems. Die Aufgabe eines Rapid-Response-Systems besteht dagegen darin, so schnell wie möglich bei einem Ereignis die Intensität des Bebens in der Fläche in einem Raster von mindestens 1 km anzugeben, um in einer ersten Schadensbewertung im Abgleich mit weiteren verfügbaren Daten wie Bebauung, Bevölkerungsdichte usw. Zerstörungen, Tote und Verletzte abschätzen zu können.

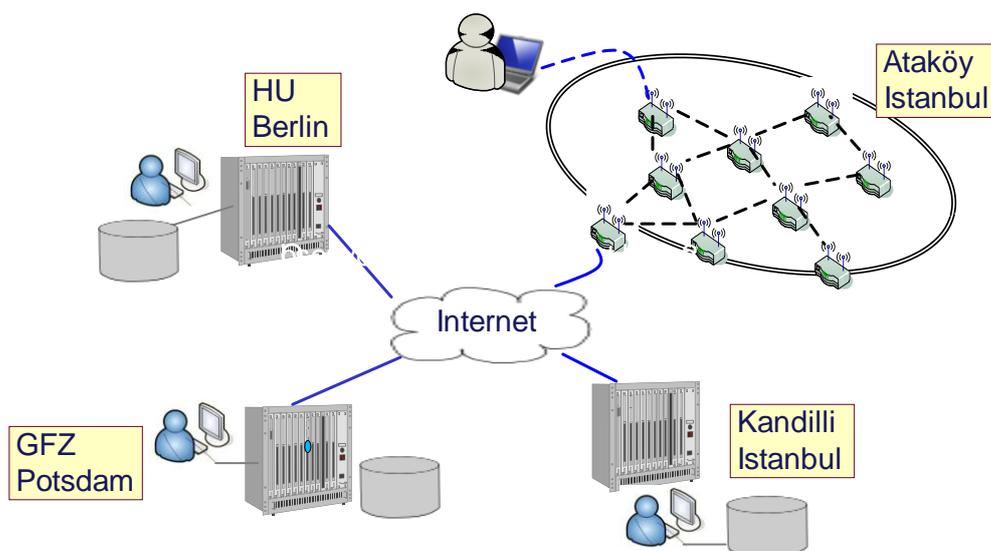


Abb. 3 Erdbebenfrühwarn- und Rapid-Response-System für Istanbul

Mit SOSEWIN als Prototyp ist es insbesondere gelungen, den zentralen Anspruch zu untermauern, dass selbstorganisierende Systeme in Gestalt drahtlos vermaschter Sensornetzwerke durch Miniaturisierung, autonome Adaptionfähigkeit und niedrige Kosten völlig neue Möglichkeiten eröffnen, komplexe Umweltprozesse zu messen und in Echtzeit zu analysieren. Mehrere Aspekte kamen hier gleichzeitig vorteilhaft zum Tragen. Der geringe Knotenpreis (im Wesentlichen durch die Güte der verwendeten Seismometer bestimmt) erlaubt eine wesentlich höhere Knotendichte eines Seismometernetzes, die sich in der Qualität einer flächendeckenden Beobachtung von Erschütterungsspitzen niederschlägt. Selbstorganisation hilft den eventuellen Ausfall von Knoten (zumindest in gewissen Grenzen) durch das Netz zu kompensieren. Die Kooperation der Knoten bei der Analyse seismischer Wellen ermöglicht die Kompensation von Fehlinterpretationen einzelner Knoten bei der punktuellen Analyse des Umweltphänomens.

Seit August 2008 läuft das System SOSEWIN in einer Konfiguration von 20 Knoten stabil und steht METRIK für verschiedene Studien zur Verfügung. Das Netz, im Stadtbezirk Ataköy auf Dächern 10-stöckiger Häuser mit Sichtkontakt installiert, ist per Internet mit dem Kandilli Observatorium in Istanbul, mit dem GeoForschungs-Zentrum Potsdam und dem Institut für Informatik in Berlin verbunden.

Seismometerbeobachtungen, inklusive permanent erfasste Seismometerrohdaten sowie beliebige Statusinformationen der einzelnen Knoten und ihrer Verbindungen lassen sich von den entfernten Standorten abfragen.

Ebenso wird (zumindest im bestimmten Rahmen) ein entfernter Softwarekomponentenaustausch unterstützt. Die Einbindung des Systems in die bestehende Frühwarninfrastruktur steht jedoch noch aus. Nach Bereitstellung eines Synthesizers für synthetische Erdbebendaten wurde jetzt damit begonnen, die Reaktion des Systems szenariorientiert systematisch zu untersuchen. Weitere Erfahrungen mit der SOSEWIN-Technologie konnten durch die Anwendung unserer Netztechnik zur Gebäudeüberwachung im Zuge der intensiven Serie von Nachbeben des L'Aquila-Erdbebens in Italien (April 2009) auch durch die TaskForce Erdbeben gesammelt werden.

### **B.E.S.T.-Projekt**

Die langjährige Kooperation zwischen dem Graduiertenkolleg METRIK (Forschungscluster D) und der TU Eindhoven wurde mit Beginn der bewilligten Zusatzfinanzierung durch die DFG im Herbst 2007 intensiviert. Insgesamt ist daraufhin eine Vielzahl gemeinsamer Publikationen entstanden, an denen B.E.S.T.-Autoren beider Partner beteiligt sind und die ohne die Finanzierung durch METRIK nicht zustande gekommen wären.

Besonders hilfreich waren die Reisen für die gemeinsame Entwicklung leistungsstarker Softwarewerkzeuge, insbesondere des "FIONA"-Werkzeugs, das die erzielten theoretischen Ergebnisse eindrucksvoll validiert und in der Praxis hilft, Services und Service-orientierte Architekturen zu analysieren. Insbesondere sollten

diese Werkzeuge auch für den Einsatz für Service-Architekturen auf der Basis selbstorganisierender Infrastrukturen untersucht werden.

Um diese Erfolge zu erreichen, waren METRIK-Assoziierte zu mehreren, teils mehrwöchigen Aufenthalten in Eindhoven.

## **Einzelberichte der Doktorandinnen und Doktoranden**

**FALKO THEISSELMANN**

(Betreuer: Prof. Dr. Doris Dransch, Prof. Dr. Joachim Fischer)

### ***Modellbasierte Entwicklung von Zellulären Automaten in der Umweltmodellierung***

Der Inhalt der Dissertation:

Simulationsmodelle dienen der Generierung, Darstellung, sowie der Kommunikation von Daten, Informationen und Wissen über Prozesse, die für das Katastrophenmanagement relevant sind. Deshalb sollten Simulationsmodelle und deren Beschreibung nachvollziehbar und wiederverwendbar sein. Dies ist häufig nicht der Fall. Eine Ursache hierfür ist in der Form der Modellbeschreibungen zu sehen. So sind Modellbeschreibungen oft schwer nachvollziehbar, weil diese, etwa im Falle natürlichsprachiger Beschreibungen, unvollständig und nicht eindeutig sind. Formale Beschreibungen, häufig in Form von Quelltext, sind vor allem für Domänenexperten oft schwer nachvollziehbar, insbesondere für Domänenexperten ohne besondere technische Ausbildung, denn die verwendeten Modellbeschreibungssprachen sind i.d.R. vielmehr für allgemeine Programmierung, als für die Beschreibung von Simulationsmodellen konzipiert. Die Probleme der Nachvollziehbarkeit und der Wiederverwendung stellen insbesondere für interdisziplinäre Modellierung ein Hindernis dar, wo verschiedene Teilmodelle ursprünglich mit Hilfe verschiedener Modellierungssprachen und Werkzeuge in unterschiedlichen Nutzungskontexten erstellt werden und zusammengeführt werden müssen.

In diesem Dissertationsprojekt wird der Einsatz modellgetriebener Entwicklung in der Umweltmodellierung am Beispiel Zellulärer Automaten im Hinblick auf Nachvollziehbarkeit und Wiederverwendbarkeit der Modellbeschreibungen untersucht. Zelluläre Automaten werden u.a. für die Modellierung von Umweltprozessen eingesetzt, die für Katastrophenmanagement relevant sind. Solche Prozesse sind zum Beispiel Feuerausbreitung, Seismizität und Evakuierungen. Im Gegensatz zu den weithin bekannten einfachen Zellulären Automaten (ZA) sind die ZA in der Umweltmodellierung (ZAU) i.d.R. komplex, das heißt sie haben eine relativ hohe Anzahl möglicher Zustände, komplizierte Übergangsfunktionen und eine explizite geo-räumliche Referenz. Obwohl es eine große Anzahl von Werkzeugen für die Modellierung von ZA und ZAU gibt, existieren die oben genannten Probleme der Nachvollziehbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Modellbeschreibungen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird eine domänenspezifische Modellbeschreibungssprache (DSL) für die Modellierung mit ZAU entwickelt. Die Sprache soll es Domänenexperten ermöglichen nachvollziehbare und wiederverwendbare Modell-

beschreibungen zu erstellen. Außerdem soll die Sprache ausdrucksstark genug sein, um es den Modellierern zu ermöglichen neue Ideen im Rahmen des Formalismus ZAU zu formulieren und zu testen. Im Kontext interdisziplinärer Modellierung ist es darüber hinaus wichtig sicherzustellen, dass diese DSL mit anderen DSLs gekoppelt werden kann.

Der untersuchte metamodellbasierte modellgetriebene Ansatz zur Realisierung von DSLs unterstützt technische Wiederverwendbarkeit von Modellbeschreibungen. Ein Metamodel definiert hierbei die abstrakte Syntax der DSL. Diese DSL kann dazu verwendet werden Modellbeschreibungen zu erstellen, die unabhängig von bestimmten Implementierungstechnologien sind. Technologiespezifischer Quelltext wird automatisch daraus erzeugt. Vorhandene metamodellbasierte Sprachentwicklungswerkzeuge ermöglichen eine effiziente automatisierte Erstellung der notwendigen Sprachwerkzeuge (z.B. Editoren, Modell-transformatoren und Codegeneratoren).

Um angemessene Sprachelemente für die ZAU-DSL auszuwählen und so Nachvollziehbarkeit zu unterstützen werden vorhandene Werkzeuge und veröffentlichte Modelle untersucht und geeignete Ausdrucksmittel hieraus extrahiert. Dieses Vorgehen soll einen engen Zusammenhang von Modellierungs- und Sprachkonzepten sicherstellen.

Objektorientierte Metamodellierung und die Formalisierung gemeinsamer Sprachkonzepte in einem Metamodel ermöglichen die syntaktische Kopplung verschiedener metamodellierter DSLs. In dem hier verfolgten Ansatz basiert die Semantik gekoppelter Modelle auf den Konzepten der weit verbreiteten ereignisgetriebenen Modellierung, gängigen primitiven Datentypen und etablierten Standards aus dem Bereich der Geodatenverarbeitung.

Im beschriebenen Dissertationsprojekt wurden im Kern eine modellgetriebene Werkzeugarchitektur und eine DSL zur Beschreibung von Zellulären Automaten für die Umweltmodellierung entwickelt. Diese Sprache erlaubt es komplexe ZAU mit relativ einfachen Mitteln zu beschreiben. Zusätzlich wurden eine einfache Sprache zur agentenbasierten Modellierung und eine einfache Sprache zur GIS-basierten Datenanalyse implementiert und exemplarisch mit der Sprache für ZAU gekoppelt. Das entsprechende Werkzeug wurde im Rahmen einer Studie zum Landnutzungswandel angewendet und evaluiert.

Im Rahmen der entwickelten Werkzeugarchitektur werden zielplattform-unabhängige Modelle in diesen Sprachen automatisch in zielplattformspezifische Modelle transformiert, die existierende Java-Bibliotheken mit Simulations- und Geodatenverarbeitungsfunktionalität verwenden. Diese Bibliotheken stehen exemplarisch für viele bereits verfügbare Technologien aus den Bereichen Modellierung und Simulation (jDisco), sowie der Geodatenverarbeitung (Geotools), die trotz der Unterschiede bezüglich der Implementierungssprachen, Modellierungsparadigmen und Leistungsmerkmale auf gleichen generischen Grundprinzipien und Konzepten beruhen.

**SIAMAK HASCHEMI**

(Betreuer: Prof. Dr. Joachim Fischer, Prof. Dr. Jens-Peter Redlich)

***Modellbasiertes Testen von dynamischen Komponenten eines Systems***

Der Inhalt der Dissertation: Moderne Softwaresysteme werden nicht monolithisch und isoliert erstellt. Stattdessen werden sie aus einer Sammlung von wieder verwendbaren Komponenten modular aufgebaut. Software-Systeme müssen im Laufe der Betriebszeit an neue Anforderungen angepasst bzw. fehlerhaftes Verhalten korrigiert werden. Dies erreicht man durch Austausch von einzelnen Komponenten. Dabei gibt es eine Familie von Systemen, die für den Austausch von Komponenten nicht gestoppt werden können. Dazu gehören sicherheits- und funktionskritische Systeme, deren Ausfall ein erhöhtes Risiko für Menschen oder enorme finanzielle Folgen hätte.

In diesen Systemen müssen Komponenten zur Laufzeit ausgetauscht werden, während andere Komponenten weiter ausgeführt werden. Diese Komponenten müssen daher darauf vorbereitet werden, dass Teile des Systems für eine unbestimmte Zeit unverfügbar sein werden. Die Eigenschaft einer Komponente, die dynamische Verfügbarkeit der von ihr benötigten Komponenten zu dulden, ist die zentrale Problemstellung meiner Dissertation.

In meiner Dissertation befasse ich mich mit dem modelbasiertem Test von Komponenten in einem komponentenbasiertem Softwaresystem. Der Fokus liegt auf das Testen der Komponenten in Hinblick auf die dynamische Verfügbarkeit der von ihr benötigten Komponenten. Das erwartete Verhalten der Komponenten wird in Form einer UML Zustandsmaschine zur Verfügung gestellt. Diese Zustandsmaschine wird anschließend genutzt um Testfälle zu generieren. Eine Komponente kann anschließend mit Hilfe dieser Test auf die erwartete Eigenschaft hin überprüft werden.

**JAN CALTA**

(Betreuer: Prof. Dr. Holger Schlingloff und Prof. Dr. Miroslaw Malek)

***Formale Analyse und Strategiesynthese für selbstorganisierende Systeme***

Selbstorganisierende Systeme sind verteilte Systeme, die sich an verschiedene externe Veränderungen anpassen. Abhängig von den Einflüssen ihrer Umgebung verändern diese Systeme automatisch und dynamisch ihre Topologie, Konfiguration und Funktion. Kann für ein System garantiert werden, dass es selbstorganisierend ist, gewährleistet dies eine erhöhte Stabilität und eine minimale Koordination. Dies ist insbesondere erforderlich für Systeme, die für den Ablauf bestimmter Prozesse von entscheidender Bedeutung sind und während der gesamten Laufzeit bis zu einem gewissen Grad funktionsfähig bleiben müssen. In Anbetracht der Notwendigkeit solcher Systeme ist es erforderlich, formal zu verifizieren ob ein System die Eigenschaft hat, selbstorganisierend zu sein.

Der klassische Verifikationsansatz gängiger Modelchecking-Werkzeuge gestaltet sich problematisch, wenn man ihn auf selbstorganisierende Systeme anwendet. Meine Arbeit behandelt die folgenden Problemfälle:

Da eine formale Definition von Selbstorganisation noch nicht präzise formuliert ist, habe ich eine Definition vorgeschlagen, die für die formale Verifikation nutzbar ist.

Die Eigenschaft eines spezifischen Systems, sich selbst zu organisieren, ist komplex und mit verfügbaren formalen Sprachen schwer zu beschreiben: Temporale Logiken, die von gängigen Modelchecking-Werkzeugen unterstützt werden, sind für diesen Zweck nicht ausdrucksstark genug. Um die Selbstorganisation eines Systems adäquat als Eigenschaft beschreiben zu können, ist es notwendig, Semantiken für eine entsprechende Logik zu optimieren und Algorithmen bereitzustellen, die diese Sprache berechnen. Bisher habe ich mich mit existierenden Fallstudien selbstorganisierender Systeme auseinander gesetzt wie z.B. Routing-Netzwerkprotokolle für Routing- und Desynchronisationsmechanismen und multirobot Systeme. Anhand dieser Fallstudien konnte ich eine geeignete formale Definitionen der zu untersuchenden selbstorganisierenden Eigenschaft vorgeschlagen. Des Weiteren habe ich ein Verfahren entwickelt, das die formale Analyse der selbstorganisierenden Eigenschaft eines Systems ermöglicht. Anhand dieses Verfahrens ist es nun nicht nur möglich zu verifizieren, ob die selbstorganisierende Eigenschaft in einem System gilt oder nicht. Vielmehr erlaubt dieses Verfahren die exakte Analyse der einzelnen Schritte, die ein System in der Phase der Selbstorganisation (bzw. der Regenerierung) vornimmt. Für eine solche Analyse muss das abstrakte Modell des zu untersuchenden Systems als Transitionssystem vorliegen. Ein Transitionssystem ist ein bekannter Formalismus. Modelle von Systemen, die in gängigen Modellierungssprachen formuliert sind (wie z.B. Automaten, Petrinetze, etc.) können mit verfügbaren Werkzeugen in ein solches Transitionssystem überführt werden. Dieser Ansatz erlaubt eine verbreitete Anwendung und Akzeptanz des vorgeschlagenen Verfahrens.

**JOANNA GEIBIG**

(Betreuer: Prof. Dr. Alexander Reinefeld, Prof. Dr. Miroslaw Malek)

### *Selbstorganisierende Datenreplikation für drahtlose Ad-hoc-Netzwerke im Katastrophenmanagement*

Für unzuverlässige, eingeschränkte drahtlose Netze modellieren und analysieren wir die Replikation unveränderlicher, ortsbezogener Daten. In drahtlosen Netzwerken, wie sie zum Beispiel bei der Erdbebenforschung eingesetzt werden, sollen ausgewählte Daten für die gewünschte Zeit im Netz verfügbar sein. Fällt ein Knoten aus, sind die dort abgelegten Daten nicht mehr erreichbar. Zusätzlich kann ein Knotenausfall eine Partitionierung des Netzwerks verursachen, was die Verfügbarkeit der Daten mindert. Im Katastrophenfall kann eine ganze Gruppe von Knoten gleichzeitig zusammenbrechen und damit einen Datenverlust oder die Minderung der Datenverfügbarkeit verursachen.

Um die Zuverlässigkeit des Datenzugriffs zu vergrößern, werden ausgewählte Daten im drahtlosen Netz repliziert. Aufgrund des besonderen Ausfallmodells mit räumlich korrelierten Knotenausfällen und aufgrund der limitierten Netzwerkressourcen sind existierende Replikationsmechanismen nicht nutzbar.

Wir haben einen Algorithmus entwickelt, der Methoden von strukturierten und unstrukturierten P2P-Netzen verbindet und dabei sowohl das Fluten des Netzwerks als auch eine Verteilung der vollständigen Netzwerktopologie vermeidet. Der Algorithmus erlaubt eine einfache Replikat-Suche, da die ungefähre Platzierung der Replikate systemweit bekannt ist. Replikate werden aber nur auf solchen Knoten gespeichert, die sich durch ihre aktuelle Last und Position in der Topologie anbieten. Um das Zuordnungsproblem zu lösen, können die Knoten ihren lokalen Stand mit dem Nachbarschaftsdurchschnitt vergleichen und dann selbst lokal über die Replikatspeicherung entscheiden. Das *Local Push-Sum (LPS)* Protokoll [Geibig und Bradler, 2010] ist geeignet, eine selbstorganisierende und effiziente Datenaggregation zu realisieren. Abbildung 1 zeigt den Aufwand (als Anzahl der SEND-Operationen je Knoten) um die Aggregation zu berechnen.

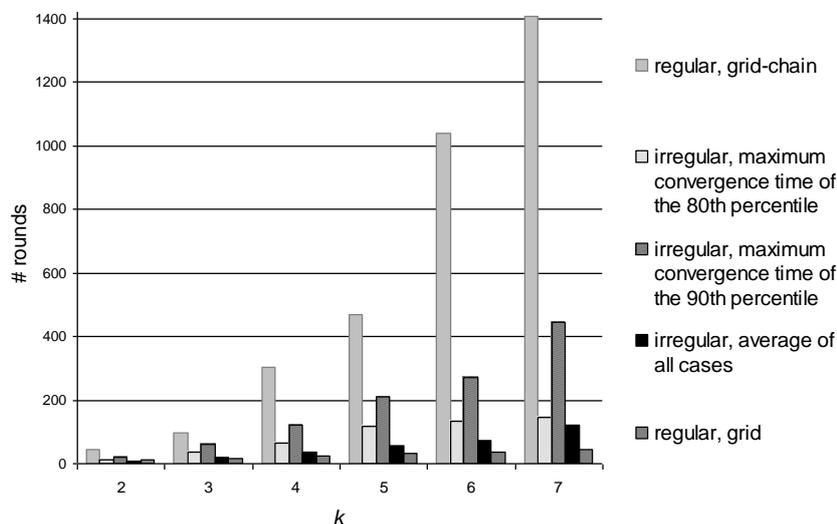


Abbildung 4: Zeit für die Konvergenz der aggregierten Knotenanzahl in Quadraten der Größe  $k \cdot R \times k \cdot R$  für die 80. und 90. Perzentile von Quadraten verglichen mit der Zeit, die grid-chain und grid topologies benötigen.  $\varepsilon = 5\%$ .  $R$  ist die übliche Kommunikationsreichweite im Drahtlosnetzwerk.

## JARUNGJIT PARNJAI

(Betreuer: Prof. Dr. Wolfgang Reisig, Prof. Dr. Holger Schlingloff)

### *Systematische Analyse von Austauschbarkeitseigenschaften von Services*

#### Problemstellung

Wir entwickeln formale Verfahren zur Modellierung und Analyse verhaltensbasierter Austauschbarkeit von Services in dezentralisierten Informationssystemen. Das Paradigma der Service-Orientierten Architektur unterstützt die Entwicklung anpassungsfähiger dezentralisierter Systeme. Daher modellieren wir ein dezentralisiertes Informationssystem als eine Komposition mehrerer Services, wobei jeder Service eine individuelle Software-Komponente im dezentralen System repräsentiert.

Um rasch auf Änderungen in der Umgebung eines Services zu reagieren, leitet der Servicedesigner eine neue Version eines Services ab und ersetzt daraufhin das Original mit der neuen Version. Dafür braucht man ein systematisches Verfahren, welches sicherstellt, dass eine Aktualisierung eines Services „well-designed“ ist, d.h., das es keinen nachteiligen Effekt wie z.B. einen „Deadlock“ in der Interaktion mit anderen Services einführt.

Wir entwickeln ein systematisches Verfahren, um auf dem Gebiet der Servicebasierten Softwareentwicklung in der Entwurfsphase schnell und effektiv geeignete Aktualisierungen eines Services zu erstellen. Die wesentlichen Fragestellungen, welche dieses systematische Verfahren beantworten soll, sind daher:

1. **Entscheidungsproblem:** Wie entscheidet man, ob eine Aktualisierung eines Service „well-designed“ ist?
2. **Korrekturproblem:** Wie korrigiert man eine „ill-designed“ Aktualisierung eines Services mit einer minimalen Anzahl an Veränderungen?
3. **Syntheseproblem:** Wie synthetisiert man eine „well-designed“ Aktualisierung des Services?

Methode und Ergebnisse

Gegeben sei „Deadlockfreiheit“ als Korrektheitskriterium der Serviceinteraktion. Zwei Services  $S$  und  $T$  sind genau dann „Partner“, wenn sie miteinander deadlockfrei interagieren. Die Menge aller Partner von  $S$  wird mit „Partners( $S$ )“ bezeichnet. Basierend auf dem Partnerbegriff seien die folgenden zwei Austauschbarkeitskriterien definiert:

4. Ein Service  $T$  kann  $S$  unter „Quasiordnungsaustauschbarkeit“ ersetzen, wenn jeder Partner von  $S$  auch ein Partner von  $T$  ist, d.h. Partner ( $S$ ) ist eine Teilmenge von Partner ( $T$ ).
5. Ein Service  $T$  kann  $S$  unter „Äquivalenzaustauschbarkeit“ ersetzen, wenn  $S$  und  $T$  die gleiche Menge an Partnern haben, d.h. Partner ( $S$ ) = Partner ( $T$ ).

Eine zentrale Idee des Verfahrens ist, einen maximalen Partner von  $S$  zu synthetisieren und für die weitere Austauschbarkeitsanalyse und Synthese zu verwenden. Ein maximaler Partner von  $S$  ist ein maximales Element in der Menge aller „well-designed“ Services. Ein maximaler Partner hat viele interessante Eigenschaften [1], die mittels der Galoisverbindungstheorie bewiesen werden können, und erlaubt viele nützliche Anwendungen [1]:

- die Quasiordnungsaustauschbarkeit und Äquivalenzaustauschbarkeit zu entscheiden,
- einen kanonischen Äquivalenzservice zu erzeugen,
- eine endliche Repräsentation von allen Quasiordnungsservices zu erzeugen,
- einen gegebenen Service in einen Quasiordnungsservice und Äquivalenzservice zu transformieren,
- zu entscheiden, ob ein unzulässiges Verhalten ausgeschlossen werden kann,

- eine Menge von Korrekturen eines nicht-austauschbaren Services zu erzeugen.

Schlussfolgerungen und weitere Forschung

Ein Konstruktionsalgorithmus für einen maximalen Partner wurde in [1] beschrieben und bewiesen. Ein parametrisierter Algorithmus und Funktionalität für entsprechende Anwendungen werden zurzeit in einem Werkzeug namens „MAXIS“ implementiert. In Bezug darauf soll eine Fallstudie im Rahmen des Katastrophenmanagements durchgeführt werden.

Die Charakterisierung der Menge aller Äquivalenzaustauschbarkeitservices wird zurzeit entwickelt. Diese nicht triviale Charakterisierung soll eine vollständige Lösung der Probleme 2. und 3. ermöglichen.

Ein anderes „responsiveness“ genanntes Korrektheitskriterium namens wird zurzeit untersucht. Die theoretischen und praktischen Ergebnisse die im Rahmen der „Deadlockfreiheit“ erreicht wurden, sollen auf „responsiveness“ übertragen werden.

[1] MOOIJ, ARJAN J.; PARNJAI, JARUNGJIT; STAHL, CHRISTIAN; VOORHOEVE, MARC: *Constructing Replaceable Services using Operating Guidelines and Maximal Controllers*. Web Services and Formal Methods (7th International Workshop, WS-FM 2010, Hoboken NJ, USA, September 16-17, 2010), Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, Berlin, submitted/in press.

**ANDREAS REIMER**

(Betreuer: Prof. Dr. Doris Dransch, Prof. Dr. Joachim Fischer)

***Visuelle Informationsaggregation: Analyse, Modellierung und automatische Konstruktion von chorematischen Darstellungen.***

Ausgangsfragen und Zielsetzung der Dissertation

Kartographische Darstellungen und Geovisualisierungslösungen werden im gesamten Spektrum des Katastrophenmanagements benötigt und eingesetzt. Einige der wiederkehrenden Probleme sind das Auftreten von in Raumbezug, Inhalt, Auflösung und Zuverlässigkeit heterogenen Geodaten, die dennoch schnell visuell & konzeptionell zueinander in Beziehung gesetzt werden müssen. Als eine für diese Probleme angemessene Visualisierungsmethode werden chorematische Darstellungen angesehen.

Choreme sind Werkzeuge zur strukturellen und ikonischen Abbildung komplexer räumlicher Sachverhalte durch Begriffe und Graphik, die vom konkreten Zeichnungsmuster in der Karte weitgehend abstrahieren. Graphische Darstellungen, die diese auf den Arbeiten des französischen Geographen und Kartographen R. Brunet basierenden Werkzeuge in Gänze oder Teilweise nutzen, sind chorematische Darstellungen. Diese wurden bislang manuell hergestellt. Um in zeitkritischen Situationen und in explorativen Interaktionen mit großen Datenmengen nutzbar zu sein, muss die Erstellung beschleunigt, im besten Falle automatisiert werden. Jene Automatisierung ist das Ziel dieses Dissertationsprojektes.

## Aktueller Stand der Arbeit

Die qualitative Analyse resultierte in einer Taxonomie chorematischer Darstellungen und der Identifikation der zu lösenden Teilprobleme (REIMER 2010). Die quantitativen Analysen der existierenden Choremkarten dienen als Grundlage für Vorschläge zur Parametrisierung und Neuentwicklung von kartographischen Generalisierungsverfahren, die die Gestaltungsregeln einiger Kernkonzepte chorematischer Darstellungen automatisiert umsetzen können (REIMER/FOHRINGER 2010). Diese identifizierten Generalisierungsverfahren werden weiter umgesetzt (In Kooperation mit der Algorithmengruppe der TU Eindhoven) und der Fachöffentlichkeit in Publikationen im Jahr 2011 vorgestellt. Eine beispielhafte Prozesskette für ein Anwendungsbeispiel aus dem Bereich des Katastrophenmanagement wird erarbeitet, um die Ergebnisse der Arbeit in geschlossener Weise darzustellen.

### CHRISTOPH WAGNER

(Betreuer: Prof. Dr. Wolfgang Reisig, Prof. Johann-Christoph Freytag, PhD.)

#### *Verifikation datenverarbeitender Services*

##### Problemstellung

Im Anschluss an eine Katastrophe schließen sich mehrere Organisationen zusammen, um im Katastrophengebiet Hilfe zu leisten. Alle Organisationen zusammen bilden ein verteiltes System. Jede Organisation kann als ein Service betrachtet werden. Ein Service ist ein autonomes, plattformunabhängiges, selbstbeschreibendes rechnergestütztes Element, das Funktionalitäten zur Verfügung stellt, die von anderen Services über eine wohldefinierte Schnittstelle genutzt werden können.

Ein Service kommuniziert mit anderen Services durch Senden und Empfangen von Nachrichten. Im Allgemeinen beinhaltet eine Nachricht Daten. Für die meisten Services spielen Daten eine zentrale Rolle. Services führen Berechnungen auf den empfangenen Daten aus. Das Ergebnis einer Berechnung beeinflusst typischerweise die Aktionen, die ein Service ausführt. Daher wird der Kontrollfluss des Service beeinflusst von Entscheidungen, die auf der Grundlage von Daten gefällt werden. Solch einen Service nennen wir datenabhängig. Für andere Services ist der konkrete Inhalt einer Nachricht nicht wichtig. Ein Service, der zum Beispiel von einem Sensor generierte Daten empfängt, sie aber selbst nicht verarbeitet, muss Nachrichten nicht nach ihrem Inhalt unterscheiden. Der Kontrollfluss wird nicht von Daten beeinflusst. Diese Art Service nennen wir datenunabhängig. In meiner Arbeit behandle ich die Interaktion von datenabhängigen Services.

Beim Entwurf eines Service ist es wichtig zu garantieren, dass der Service korrekt mit anderen Services interagieren kann. Gegeben zwei Services, nennen wir diese Partner füreinander, wenn sie deadlock-frei miteinander interagieren. Ein Service, der keinen Partner hat, ist daher inhärent falsch, da er mit keinem anderen Service interagieren kann. Diese Beobachtung motiviert grundlegende Fragestellungen in Hinblick auf Partner:

- 1) Entscheidungsproblem: Gegeben Services A und B, sind diese Partner?
- 2) Bedienbarkeit: Gegeben ein Service A, hat A einen Partner?
- 3) Synthese: Gegeben ein Service A, wie konstruiert man, falls möglich, einen Partner von A?

#### Ansatz

Wir benutzen ein Petrinetz, um einen Service formal zu repräsentieren. Für jeden Nachrichtenkanal des Service hat das Petrinetz einen entsprechenden Interfaceplatz. Aus dem Petrinetz können wir eine Bedienungsanleitung genannte Struktur ableiten, welche die Menge der Partner des Netzes endlich charakterisiert. Diese Struktur kann dazu verwendet werden, effizient zu entscheiden, ob zwei Services Partner sind sowie zur Synthese eines Partners. Dieser Ansatz wurde für datenunabhängige Services beschrieben und soll auf datenabhängige Services verallgemeinert werden. Durch die Verwendung von High-Level Petrinetzen statt gewöhnlicher Petrinetze können wir Daten als farbige Marken darstellen. Daten führen allerdings zu Problemen, die den bisherigen Ansatz ineffizient oder undurchführbar machen. Sind sehr viele verschiedene Datenwerte zu berücksichtigen, kann eine Berechnung der Bedienungsanleitung aufgrund von Speicherplatzbeschränkungen undurchführbar sein. Um Problemen mit vielen Datenwerten zu vermeiden, repräsentieren wir

Werte symbolisch. Jedes Symbol kann mehrere Werte repräsentieren und ermöglicht so eine kompakte Darstellung von Werten. Da ein Service jedoch ein offenes System ist, kann jeder Wert, der vom gleichen Symbol dargestellt wird, in sehr verschiedener Weise vom Partner des Service behandelt werden. Daher ist die Charakterisierung der Menge aller Partner ein herausforderndes Problem.

#### Zusammenfassung und Ausblick

Mein Ziel ist die Entwicklung einer Charakterisierung der Menge aller Partner eines Service A. Die Konstruktion einer Repräsentation der Charakterisierung steht in enger Beziehung zur Synthese eines einzelnen Partner B von A. Durch Explorieren des Zustandsraumes von A ist es möglich zu bestimmen, welche Aktion ein Partner B in einer bestimmten Situation ausführen können muss, um einen Deadlock zu vermeiden. Dies erlaubt die Bestimmung der Abhängigkeiten zwischen den Daten, die B respektieren muss. In einigen Fällen kann ein High-Level Petrinetz direkt aus der symbolischen Repräsentation konstruiert werden. Ist der Service A jedoch zu komplex, ist die Konstruktion eines Partners hochgradig nicht-trivial oder gar unmöglich. Daher beschränke ich mich auf eine Teilmenge aller Services, etwa azyklische Services oder Services ohne Guards.

Die gleiche Technik, die zur Partnersynthese benutzt wird, ermöglicht es, eine Charakterisierung der Menge aller Services abzuleiten. Mit Hilfe dieser Charakterisierung wird es möglich sein, effizient zu entscheiden, ob zwei Services Partner sind.

**ANDREAS DITTRICH**

(Betreuer: Prof. Dr. Mirosław Malek, Prof. Dr. Alexander Reinefeld)

***Verlässliche und adaptive Dienstfindung in dezentralen Netzwerken***

In Dienstnetzwerken wird das Vorhandensein von Dienstinstanzen mittels Methoden der Dienstfindung (Service Discovery) überwacht. Discovery-Operationen sind zeitkritisch, eine Schlüsseleigenschaft der verwendeten Methoden ist ihre Responsivität (Responsiveness) – die Wahrscheinlichkeit, dass eine bestimmte Operation unter Annahme von Fehlern im Netzwerk rechtzeitig erfolgreich ist. Innerhalb dieses Projektes quantifiziert die Responsivität die Wahrscheinlichkeit, dass die mittels Discovery innerhalb einer gewissen Zeitschranke gesammelten Informationen über vorhandene Dienstinstanzen korrekt sind. Ziel dieses Projektes ist es,

1. die Fragestellung zu beantworten, wie und in welchem Umfang die Responsivität verschiedener Discovery Technologien zur Laufzeit garantiert werden kann.
2. Methoden zu entwickeln und zur Verfügung zu stellen, mit der Discovery Technologien zur Laufzeit angepasst werden können, um bestimmte Anforderungen an ihre Responsivität zu erfüllen.
3. die Kosten möglicher Anpassungen zu berechnen und kombiniert mit deren Nutzen eine optimale Anpassung zu finden.

Diese Probleme werden mittels stochastischer Modellierung auf Basis von semi Markov-Prozessen bearbeitet. Außerdem werden vorhandene Discovery-Protokolle um zusätzliche Nachrichtentypen und Operationen zur Adaption erweitert.

Die Validität der verwendeten Modelle und die Wirksamkeit der Protokoll-erweiterungen wird anhand von verschiedenen Experimentreihen – unter anderem in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Verteilte und eingebettete Systeme an der Freien Universität Berlin – gezeigt.

**HENRYK PLÖTZ**

(Betreuer: Prof. Dr. Jens-Peter Redlich, Prof. Johann-Christoph Freytag, PhD.)

***Sicherheit in selbstorganisierenden Systemen*****Einführung**

Selbstorganisierende drahtlose Maschennetze im Kontext von METRIK's Erdbebenfrühwarnsystem (EEWS, *Earthquake Early Warning System*) benötigen Sicherheitsmechanismen, um wirklich nützlich und verlässlich zu werden. Ein EEWS welches von jedem vorbeiziehenden Angreifer unterwandert werden kann und ihm dann erlaubt Fehlalarme einzuspeisen wird keinen Nutzen haben. Ein EEWS welches nur von geringfügig fortgeschrittenen Angreifern unterwandert werden kann – etwa solche die einzelne Knoten aufgreifen und übernehmen können – wird auf lange Sicht sogar noch schädlicher sein, wenn sich unberechtigtes Vertrauen in das System aufbaut.

Die wichtigste Komponente in jedem kryptographisch gesicherten System sind Schlüssel- und Vertrauensverwaltung für die darunterliegenden kryptographischen Primitiven. Diese Verwaltungsaspekte müssen für jede Anwendung gezielt entworfen werden.

Die am häufigsten verwendeten Schlüssel- und Vertrauensmanagementsysteme sind nicht selbstorganisierend und daher nur begrenzt von Nutzen im METRIK-Kontext. Abweichend davon würde ein naiver Ansatz für selbstorganisierendes Schlüsselmanagement keinen Vertrauensaspekt enthalten, und daher auch keine Sicherheit. Weiterhin sollte jeder Lösungsansatz die Besonderheiten von selbstorganisierenden Systemen berücksichtigen, wie beispielsweise Netzspaltung.

Innerhalb des Kontexts eines vollständig selbstorganisierenden EEWS ist das wichtigste Problem die Verteidigung gegen sogenannte Sybil-Angriffe. Üblicherweise wird in einem Szenario in welchem Knotenausfall erwartet wird jede gemeinsame Entscheidung über ein Konsensprotokoll oder eine Art Mehrheitswahlverfahren getätigt. Ein Sybil-Angriff, bei dem ein Angreifer eine große Anzahl von Knoten emuliert, hat das Potential diese Entscheidungsprozesse vollständig zu unterwandern, da der Angreifer bei jeder Abstimmung eine Mehrheit für seine Position garantieren kann.

#### Problemdefinition

Gegeben sei ein selbstorganisierendes drahtloses Maschennetz. Detektiere Sybil-Knoten automatisch in einer selbstorganisierenden Art.

#### Ansatz

Verschiedene Verteidigungsmechanismen gegen Sybil-Angriffe wurden in der Literatur vorgeschlagen. Die meisten davon verlangen zusätzliche Knoten-Hardware, wie zum Beispiel Ultraschall-Transceiver, oder einen vorhandenen Vertrauensanker, wie zum Beispiel einen zentralen Schlüsselservers oder Zertifizierungsautorität.

Diese Ansätze lassen sich in der Regel nicht auf ein vollständig selbstorganisierendes System übertragen. Stattdessen ist anzumerken, dass ein Sybil-Angriff detektierbar ist, indem Knotenpositionen überprüft werden und alle Knoten die „zu dicht“ beieinander sind abgelehnt werden. Dazu kommt ein Abstandsbegrenzungsverfahren zum Einsatz bei dem ein Angreifer nicht in der Lage ist, seine Position geringer als tatsächlich anzugeben, zusammen mit einem Trilaterationsansatz, der Knoten detektiert die versuchen, über ihre Position zu lügen.

Um Angreifer, die gezielt in das Protokoll eingreifen wollen, abzuwehren, wird ein Zwiebelnachrichten-Ansatz verwendet, der Empfänger- und Absender-Anonymität gewährleistet und die Nachrichtensemantik vor weiterleitenden Knoten versteckt.

**JENS NACHTIGALL**

(Betreuer: Prof. Dr. Jens-Peter Redlich, Prof. Dr. Joachim Fischer)

### *Drahtloses Alarm- und Routingprotokoll für Erdbebenfrühwarnsysteme*

#### Problemstellung

Erdbeben gehören zu den zerstörerischsten Naturkatastrophen. Neben der ökonomischen Entwicklung eines Landes bedrohen sie auch Menschenleben. Zurzeit besitzen nur einige wenige Länder wie die USA oder Japan ein Erdbebenfrühwarnsystem (Earthquake Early Warning System), wobei eine einzelne seismologische Station bereits mehrere Tausend bis Zehntausend Euro kostet. Deshalb sind Erdbebenfrühwarnsysteme mit guter Qualität noch außerhalb der finanziellen Möglichkeiten etlicher Schwellen- und Entwicklungsländer, obgleich diese solch ein System mit am nötigsten bräuchten.

Drahtlose Maschennetzwerke (Wireless Mesh Networks) könnten eine Möglichkeit darstellen, um alle gefährdeten Gebiete dieser Welt mit Erdbebenfrühwarnsystemen auszustatten. Die Kosten eines Erdbebeninformationssystems können durch ein solches drahtloses Maschennetzwerk stark reduziert werden. Die Knoten eines solchen Netzwerkes sind preiswert (ca. 200 Euro), können leicht aufgebaut werden und kommunizieren selbstorganisiert über lizenzfreie Frequenzbänder.

Ein Erdbebenfrühwarnsystem nutzt die Eigenschaft von Erdbeben aus, zwei unterschiedliche Arten von seismischen Wellen zu verursachen: P- und S-Wellen. Die ungefährlichen P-Wellen (Primärwellen, aus dem Lateinischen *prima unda*) besitzen eine etwa doppelt so schnelle Ausbreitungsgeschwindigkeit wie die S-Wellen (Sekundärwellen, aus dem Lateinischen *secunda unda*), welche wesentlich verantwortlich zeichnen für die Zerstörungen eines Erdbebens. Die Zeitdifferenz zwischen dem Eintreffen der P- und S-Wellen (*warning time*) ist abhängig von der Entfernung eines Ortes vom Hypozentrum. In der Regel beträgt sie nur wenige Sekunden. Diese können jedoch genutzt werden, um Sekundärschäden zu minimieren, indem man beispielsweise den Strom oder die Gaszufuhr einer Stadt abschaltet.

Der Anwendungsfall eines Erdbebenfrühwarnsystems ist einzigartig. Obgleich die P-Wellen nicht sonderlich gefährlich sind, so können sie doch ein leichtes Wackeln von wenigen Zentimeter auslösen, wenn das Erdbeben eine große Magnitude als 6 besitzt und die Distanz zum Erdbebenherd geringer als 40 km ist. Offensichtlich sind diese geringmächtigen Bewegungen umso größer, je stärker das Erdbeben bzw. je geringer die Distanz zum Epizentrum sind, sprich umso dringender ein funktionierendes Frühwarnsystem benötigt würde. Diese Bewegungen treten zudem just in dem Moment auf, in dem ein Erdbeben unmittelbar bevor steht, und das System in Aktion treten soll.

Diese Art der Bewegung kann aufgrund von Multipfadeffekten (*multi-path effects*) oder Abschattung (*shadowing*) zu starken Schwankungen der Linkqualität führen. Aktuelle Routingprotolle für drahtlose Maschennetze sind für diese Änderungen der Linkqualitäten nur begrenzt geeignet. In der Regel nutzen diese Protokolle

Informationen aus der Vergangenheit, sprich die zurückliegenden Verbindungsqualitäten, um Aussagen über die Gegenwart und Zukunft in der Form von Routingentscheidungen zu treffen. Diese Grundannahme liegt für diesen Anwendungsfall jedoch nicht vor, da die in der Vergangenheit gemessene Linkqualität zur Zeit einer neuerlichen Routingentscheidung bereits stark verändert ist. Hinzu kommt, dass die Linkqualitäten nicht nur für das Routing verwendet werden, sondern im Falle der Erdbebenfrühwarnprojekte wie SAFER und EDIM auch für die Clusterbildung und für die Wahl des Clusterheads. Findet ein Erdbeben statt, so kann es passieren, dass ein Link für welchen eine ausgesprochen gute Qualität gemessen wurde, in dem Moment, in welchem die P-Welle eintrifft, plötzlich stark degradiert, und dadurch ein zuvor ausgewählter Routingpfad unbrauchbar wird.

### Ansatz

Die Ergebnisse mehrerer von mir durchgeführter Experimente offenbarten, dass die Qualitätsschwankungen eines Links in kleinem Maßstab vermindert werden können, wenn ein Knoten mit zwei Antennen ausgestattet und Antennendiversität aktiviert wird. Dadurch empfängt der Knoten das gleiche Signal auf zwei unterschiedlich positionierten Antennen und kann das jeweils bessere von beiden Signalen verwenden. Während der leichten Bewegungen eines Knotens ist es dadurch statistisch weniger wahrscheinlich, dass beide Antennen sich gleichzeitig an Orten schlechten Empfangs positioniert sind. Es wird angenommen, dass was im Kleinen funktioniert, auch im großen Maßstab Anwendung finden kann. Die Eigenschaft eines Maschennetzwerkes soll ausgenutzt werden, dass dieses mehrere Knoten an unterschiedlichen Orten besitzt, welche aufgrund des Broadcast-Mediums dazu in der Lage sind ein Paket zu empfangen (multi-user diversity). Es soll einem grundsätzlich anderem Routingansatz, Anycast-Routing, als den etablierten gefolgt werden, welcher diese Mehrbenutzerdiversität ausnutzt. Die grundlegenden Eigenschaften der drahtlosen Kommunikation, sprich von allen empfangbare Broadcast-Kommunikation mit möglichen Kollisionen und Konkurrenz um das Medium bei gleichzeitig relativ hohen Paketverlusten, sollen hier nicht als Nach- sondern Vorteil begriffen werden. Die wesentliche Idee von Anycast-Routing ist, dass aufgrund der Mehrbenutzerdiversität während der leichten Bewegungen der Knoten zwar die Linkqualität zu einem bestimmten Nachbarknoten sich verschlechtern mag, gleichzeitig jedoch sich die Verbindung zu einem oder mehreren anderen Nachbarn jedoch verbessert. Während die Idee des Anycast-Routings für drahtlose Maschennetzwerke generell von Vorteil sein mag, so sollte diese Annahme für den Anwendungsfall eines Erdbebenfrühwarnsystems mit seinen stark schwankenden Linkqualitäten umso mehr zutreffen.

**ARIF WIDER**

(Betreuer: Prof. Dr. Joachim Fischer, Prof. Dr. Holger Schlingloff)

*Metamodell-basierte Technologien für die Entwicklung von optischen Nanostrukturen*

Problemstellung

Optische Nanostrukturen sind Objekte, deren Strukturen kleiner als die Wellenlänge von Licht sind. Daher können sie die Bewegung von Photonen in einer ähnlichen Weise beeinflussen, wie Halbleiterkristalle die Bewegung von Elektronen beeinflussen. Das langfristige Ziel in diesem Bereich ist die Produktion von optischen Bauteilen, die ähnliche Fähigkeiten wie elektronische Bauteile besitzen. Letztendlich ist dies auch ein Schritt in Richtung optischer Computer und Quantencomputer.

Informationen über die Eigenschaften von Nanostrukturen können durch Simulation gewonnen werden. Typischerweise wird hierbei die Ausbreitung eines elektromagnetischen Pulses simuliert. Dabei kommen unterschiedliche Simulationsverfahren zum Einsatz, unter anderem die Finite Elemente Methode und die Finite Differenzen Methode. Die Verfahren unterscheiden sich dabei sowohl bzgl. Genauigkeit als auch bzgl. Ressourcenverbrauchs.

Derzeitig werden bei der Erforschung von optischen Nanostrukturen häufig proprietäre Simulations-Werkzeuge verwendet. Diese Werkzeuge sind meistens an ein bestimmtes Simulationsverfahrens gebunden. Außerdem sind sie meistens zueinander weitgehend inkompatibel und bieten unterschiedliche und unterschiedlich mächtige Benutzeroberflächen. Dies führt dazu, dass die gleiche Nanostruktur in jedem Werkzeug erneut modelliert werden muss, wenn verschiedene Verfahren zum Einsatz kommen sollen. Darüber hinaus bieten die meisten dieser Werkzeuge keine Unterstützung für die Verwaltung der Ergebnisse, sondern speichern diese lediglich als einzelne Dateien ab.

Ansatz

Das Problem von Simulationswerkzeugen, die an ein bestimmtes Simulationsverfahren gebunden sind, kann in vielen Bereichen der Forschung wieder gefunden werden. Im Rahmen meiner Dissertation möchte ich zeigen, dass die Anwendung eines modellgetriebenen Ansatzes, eine Entkopplung der Implementierung eines Simulationsverfahrens von den Werkzeugen mit denen ein Experiment beschrieben wird, ermöglicht. Dementsprechend entwickle ich Metamodell-basierte Technologien für die Entwicklung optischer Nanostrukturen oder wende existierende Technologien für diesen Zweck an. Im Rahmen dieses umfangreichen Beispielszenarios kann darüber hinaus untersucht werden, wie ein modellgetriebenes Datenmanagement in einen solchen Ansatz integriert werden kann.

Ein Teil meiner Arbeit ist daher die Konzeption einer Computing-Infrastruktur zur modellbasierten Entwicklung optischer Nanostrukturen (CIMON). Diese Infrastruktur integriert domänenspezifische Sprachen, etwa zur Beschreibung von Nanostrukturen und zur Spezifikation von Simulationsparametern. Für diese

Sprachen bietet die Infrastruktur automatisch generierte Editier- und Transformationswerkzeuge. Die Anwendung adäquater Transformationen ermöglicht so die Verwendung verschiedener Simulationsverfahren. Darüber hinaus bietet die Infrastruktur Unterstützung bei der Visualisierung von Modellen und Ergebnissen sowie bei der Verwaltung der Ergebnisse. Letzteres bedeutet, dass Modelle von Nanostrukturen und Simulationsspezifikationen zusammen mit den entsprechenden Ergebnissen in einem zentralen Repository abgelegt werden.

Das Ziel dieser interdisziplinären Kooperation zwischen der Physik und der Informatik ist es, zu zeigen, dass die Metamodell-basierten Ansätze und Technologien, die im Graduiertenkolleg METRIK entwickelt werden, auch auf Anwendungsbereiche außerhalb des Katastrophenmanagements anwendbar sind. Im Mittelpunkt meiner Arbeit steht daher eine Konsolidierung und Generalisierung, sowie eine Weiterentwicklung dieser Ansätze und Technologien.

**FRANK KÜHNLENZ**

(Betreuer: Prof. Dr. Joachim Fischer, Prof. Dr. Jens-Peter Redlich)

### *Ein sprachzentrierter Ansatz für Transparente Experimentier-Workflows Problem*

Die Entwicklung von Modellen geschieht gemeinhin iterativ, wobei Modellierung & Simulation einen Entwicklungszyklus bilden. Aussagekräftige Modellexperimente erfordern dabei das systematische Untersuchen des Parameterraumes, wodurch sehr viele Modellexperimente geplant, durchgeführt, überwacht und ausgewertet werden müssen.

Es existieren Simulationsframeworks, die neben der Modellierung auch eingeschränktes Management von Modellexperimenten unterstützen. Dabei handelt es sich um integrierte Lösungen, wobei die Spezifikation des Systemmodells und des Experiment-Managements spezifisch mit den Sprachmitteln und Konzepten des jeweiligen Simulationsframeworks erfolgen.

Ein solcher Ansatz zur plattformabhängigen Modellierung ist in Zeiten von MDA nicht mehr state-of-the-art, denn man bemüht sich, Systeme plattformunabhängig zu modellieren, um Vorteile bezüglich Wiederverwendung und Transparenz von Modellen zu erlangen. Dies ist z.B. dann vorteilhaft und erwünscht, wenn ein solch plattformunabhängiges Systemmodell mittels verschiedener Simulationsframeworks oder realer Testbeds untersucht werden kann, die helfen, jeweils spezifische Fragestellungen beantworten zu können, die dann zu Modellverbesserungen führen.

Flexibler gegenüber integrierten Simulationsframeworks können Scientific-Workflow-Management-Systeme (S-WfMS) eingesetzt werden, die sich auf Ablaufsteuerung, Datenmanagement und Datenfluss zwischen Tasks konzentrieren. Beim Experimentieren wäre ein Task z.B. die Ausführung des Simulator-Programmes, welches für das S-WfMS eine Blackbox darstellt und somit nur unter Eingabe definierter Parameterdaten bestimmte Ausgabedaten produziert. Beim Einsatz von S-WfMS für das Experimentieren ist man konzeptionell somit auf der Ebene Skript-gesteuerter Programmaufrufe.

Dieser Ansatz berücksichtigt ungenügend den essentiellen und starken Zusammenhang zwischen Systemmodell und zugehörigem Simulationsmodell mit seinen Abstraktionen und Parametern innerhalb des Experimentier-Workflows. Damit ein Experiment transparent verständlich und seine Ergebnisse nachvollziehbar sind, müssen diese Zusammenhänge auf konzeptioneller Ebene berücksichtigt werden.

#### Ansatz

Mein Ansatz der Entwicklung einer Meta-Model-basierten DSL zur Beschreibung von Experimentier-Workflows Experimentation Language (ExpL) modelliert Experimente auf gleicher Abstraktionsebene, auf der auch die Modellbeschreibung vorliegt. Ich erbringe dabei u.a. die Transferleistung, das MDA-Paradigma auf die Spezifikation von Experimentier-Workflows anzuwenden und diese plattformunabhängig zu modellieren. Dadurch wird die Lücke zwischen existierenden Lösungen zu plattformunabhängiger Systemmodellierung und fehlenden plattformunabhängigen Beschreibungsmöglichkeiten für Experimentier-Workflows geschlossen.

Durch den von mir umgesetzten, sprachzentrierten Ansatz ergeben sich eine ganze Reihe von Vorteilen: Auf die Bedürfnisse von Experimentierern zugeschnittene Sprachkonzepte erleichtern diesen das Formulieren ihrer Simulationsexperimente. Besseres Verständnis der Abläufe und Konsistenz der Ergebnisse führen zu Transparenz und Wiederverwendung von Experimentier-Workflows und ermöglichen den Austausch mit anderen Wissenschaftlern sowie die Konzentration auf wissenschaftliche Fragestellungen, nicht auf technologische.

Das verbesserte Management von Simulationsexperimenten führt zu früherem Einsatz dieser Methodik im Modellierungs- und Simulationszyklus, wodurch frühzeitig Probleme im Modell erkannt und behoben werden können.

Es konnte bereits nachgewiesen werden, dass Kopplungen meiner Experimentier-Workflow-DSL ExpL mit anderen DSLs (auf Basis eines gemeinsamen Meta-Meta-Models) die Spezifik für eine bestimmte Experimentier-Domäne erhöhen können, wie z.B. um spezifische GIS-basierte Auswerteverfahren.

Die von mir verwendete technologische Basis erlaubt das Generieren von Editoren für ExpL (und gekoppelte DSLs), die textueller und graphischer Natur sein können.

#### DOMINIK OEPEN

(Betreuer: Prof. Dr. Jens-Peter Redlich, Prof. Dr. Alexander Reinefeld)

#### *Sicherheit in offenen, ad-hoc Sensornetzwerken*

Offenheit und Selbstorganisiertheit sind Schlüsseleigenschaften der in METRIK untersuchten Netzwerke. Diese Eigenschaften haben weitreichende Auswirkungen auf die Sicherheit der betrachteten Systeme. Es muss davon ausgegangen werden, dass ein Angreifer Teil des Netzwerkes werden kann, entweder indem er einen bestehenden Knoten kompromittiert, oder indem er einen neuen Knoten hinzufügt.

In meiner Arbeit für METRIK möchte ich mich mit Sicherheitsmechanismen und -protokollen für selbstorganisierende verteilte Systeme beschäftigen. Die folgenden Forschungsgebiete erscheinen mir dabei von besonderem Interesse:

- Authentisierung in drahtlosen Maschennetzwerken: Aufgrund ihrer offenen Natur und ihrer Ad-Hoc Vernetzung ist die Authentisierung einzelner Knoten in drahtlosen Maschennetzwerken ein schweres Problem. Wie kann eine Entscheidung über die Authentizität von Teilnehmern eines Netzwerkes getroffen werden, wenn neue Knoten jederzeit dem Netzwerk beitreten können und es keine Informationen über die Struktur des Netzwerkes gibt?
- Sicherheit von Konsensprotokollen: Konsensprotokolle spielen eine Schlüsselrolle in unstrukturierten, offenen Netzwerken. Beispielsweise kommen Konsensprotokolle in verteilten Erdbebenfrühwarnsystemen zum Einsatz, um eine Entscheidung darüber zu fällen, wann ein Alarm ausgelöst werden soll. Diese Protokolle wurde mit Hinblick auf Fehlertoleranz entwickelt. Jedoch ist es darüber hinaus notwendig zu untersuchen, welche Möglichkeiten einem böartigen Angreifer zur Verfügung stehen und welche Gegenmaßnahmen ergriffen werden können um solche Angriffe zu verhindern.

## Qualifizierungsstipendien

Im Rahmen der Stipendien erhalten Absolventen die Möglichkeit sich für eine METRIK-Doktorandenförderung zu qualifizieren. Im Oktober 2010 haben Christian Blum und Michael Frey ein METRIK-Qualifizierungsstipendium aufgenommen.

Christian Blum wird von Frau Prof. Dr. Hafner und Herrn Prof. Dr. Fischer betreut. Fokus seiner Arbeit ist die Selbstorganisation in Netzwerken mobiler Sensorknoten.

Michael Frey wird von Herrn Prof. Dr. Fischer und Prof. Dr. Redlich betreut und hat seinen Schwerpunkt in der Metamodell-basierten Sprachentwicklung.

## Einzelne Aktivitäten der Doktorandinnen und Doktoranden

### SIAMAK HASCHEMI

- ATAMI'10 "Advances in Testing: Academia meets Industry", 15. Januar 2010, Mitorganisator und Teilnahme.
- METRIK meets MobiCom meets Speed-Up: Workshop on Self-Organization in Disaster Management, Berlin, 10./11.05.2010, Mitorganisator, Vortrag.
- Workshop der Informatik-Graduiertenkollegs, Schloss Dagstuhl, 31.05.-02.06.2010, Vortrag.
- 6th TAROT Summer School on Software Testing, 20.-25.06.2010, Graz, Österreich, Teilnahme.
- TAIC-PART'10, 03.-05.09.10, London, Vortrag.

**JAN CALTA**

- Johannesburg, 29.04.-11.05.2010, Forschungsaufenthalt.
- Workshop CLIMA XI, 15.-18.08.2010, Lisbon, Portugal, Vortrag.

**JOANNA GEIBIG**

- Joint Graduate School Workshop on Services and Information Management for Disaster Situations, 07./08.01.2010, Ilmenau, Vortrag.
- PhD Summer School, 21.-29.08.10, Blocksburg/Virginia, USA, Vortrag.
- Wireless Days Conference, 19.-23.10.2010, Venedig, Vortrag.
- Workshop der Informatik-Graduiertenkollegs, Schloss Dagstuhl, 31.05.-02.06.2010, Vortrag.
- METRIK meets MobiCom meets Speed-Up: Workshop on Self-Organization in Disaster Management, Berlin, 10./11.05.2010, Mitorganisator, Vortrag.

**JARUNGJIT PARNJAI**

- BEST-Workshop, 27.-29.09.2010, Eindhoven, Teilnahme

**ANDREAS REIMER**

- METRIK meets MobiCom meets Speed-Up: Workshop on Self-Organization in Disaster Management, Berlin, 10./11.05.2010, Vortrag.
- KartenWissen: Territoriale Räume zwischen Bild und Diagramm, 30.6.-2.7.2010, Historisch-Kulturwissenschaftliches Forschungszentrum Trier, Teilnahme.
- GIScience 2010, Sixth international conference on Geographic Information Science, 14.-17.9.2010, Zürich, Teilnahme.
- Geographic Information on Demand: 13th Workshop of the ICA commission on Generalisation and Multiple Representation, Zürich, Vortrag.
- Dagstuhl Seminar „Schematization in Cartography, Visualization and Computational Geometry“, 14.11.-19.11.2010, Dagstuhl-Wadern, Vortrag & Teilnahme auf Einladung.

**CHRISTOPH WAGNER**

- BEST-Workshop, 27.-29.09.2010, Eindhoven, Teilnahme.
- Workshop Algorithmen und Werkzeuge für Petrinetze, 07./08.10.2010, Cottbus, Teilnahme.

**ANDREAS DITTRICH**

- METRIK meets MobiCom meets Speed-Up: Workshop on Self-Organization in Disaster Management, Berlin, 10./11.05.2010, Mitorganisator, Vortrag.

**HENRYK PLÖTZ**

- METRIK meets MobiCom meets Speed-Up: Workshop on Self-Organization in Disaster Management, Berlin, 10./11.05.2010, Vortrag.

**JENS NACHTIGALL**

- Joint Graduate School Workshop on Services and Information Management for Disaster Situations, 07./08.01.2010, Ilmenau, Vortrag.

#### **ARIF WIDER**

- ATAMI'10 "Advances in Testing: Academia meets Industry", 15. Januar 2010, Mitorganisation und Teilnahme.
- TU Delft, 22.-26.03.2010, Delft, Gastaufenthalt.
- Workshop der Informatik-Graduiertenkollegs, Schloss Dagstuhl, 31.05.-02.06.2010, Vortrag.
- GPCE/SLE Conference, 10.-13.10.2010, Eindhoven, Doctoral Symposium & Poster Sessions.

#### **FRANK KÜHNLENZ**

- Joint Graduate School Workshop on Services and Information Management for Disaster Situations, 07./08.01.2010, Ilmenau, Vortrag.
- METRIK meets MobiCom meets Speed-Up: Workshop on Self-Organization in Disaster Management, Berlin, 10./11.05.2010, Mitorganisator, Vortrag.
- EnviroInfo 2010, 06.-08.10.2010, Bonn, Präsentation Konferenzbeitrag.
- Informationstagung MODELS, 26./27.08.2010, Berlin, Teilnahme.

#### **Gastwissenschaftler**

DR. STEFAN MANEGOLD, Centrum Wiskunde & Informatica, Amsterdam, The Netherlands, Vortrag: *MonetDB: Open-source Database Technology Beyond Textbooks*, Januar 2010.

PROF. DR.-ING. HABIL. ANDREAS MITSCHELE-THIEL, Technische Universität Ilmenau, Vortrag: *Einführung zu MobiCom*, METRIK meets MobiCom meets SpeedUp: Workshop on Self- Organization in Disastermanagement, Mai 2010.

PROF. MARKUS ROGGENBACH, Swansea University, Swansea, United Kingdom, externer Gutachter, Vortrag: *Modelling, Verification, and Testing of the electronic payment system EP2 in CSP-CASL*, Evaluierungs-Workshop, Juni 2010.

DR. BERTRAM LUDÄSCHER, Dept of Computer Science & Genome Center, University of California, Davis, USA, Vortrag: *Towards Reproducible Science with Scientific Workflows and Provenance*, Juli 2010.

PROF. DR. GUSTAVO ALONSO, ETH Zürich, Vortrag: *SwissBox: revisiting the data processing software stack*, Dezember 2010.

#### **Veröffentlichungen**

GEIBIG JOANNA; BRADLER DIRK: *Self-Organized Aggregation in Irregular Wireless Networks*, 3rd IFIP Wireless Days Conference (WD 2010), Venice, Italy, 20-22 October 2010.

WIDER, ARIF: *Lenses for View Synchronization in Metamodel-Based Multi-View Modeling*. In: 1st Doctoral Symposium of the International Conference on Software Language Engineering (SLE-DS-2010), Eindhoven, The Netherlands, October 11, 2010, Proceedings, CEUR-WS.org (2010), ISSN 1613-0073, online CEUR-WS.org/Vol-648/paper6.pdf.

THEISSELMANN FALKO; KÜHNLENZ FRANK; KRÜGER CARSTEN; FISCHER JOACHIM; AND LAKES TOBIA: *How to reuse and modify an existing land use change model? Exploring the benefits of language-centered tool support*. In Universität Bonn, 2010, pp. 678-688, ISBN 978-3-8322-9458-8.

WAGNER, CHRISTOPH: *Partner datenverarbeitender Services*. In: Proceedings of the 17th German Workshop on Algorithms and Tools for Petri Nets, AWPN 2010, Cottbus, Germany, volume 643 of CEUR Workshop Proceedings, pages 154-159, October 2010.

MOOIJ, ARJAN J.; PARNJAI, JARUNGJIT; STAHL, CHRISTIAN; VOORHOEVE, MARC: *Constructing Replaceable Services using Operating Guidelines and Maximal Controllers*. Web Services and Formal Methods (7th International Workshop, WS-FM 2010, Hoboken NJ, USA, September 16-17, 2010), Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, Berlin, submitted/ in press.

REIMER, ANDREAS; FOHRINGER, JOACHIM: *Towards constraint formulation for chorematic schematisation tasks*. Geographic Information on Demand: 13th Workshop of the ICA commission on Generalisation and Multiple Representation, Zurich, 2010.

HASCHEMI, SIAMAK; WEIßLEDER STEPHAN: *A Generic Approach to Run Mutation Analysis* (10 pages). TAIC PART 2010 - Testing: Academic & Industrial Conference Practice and Research Techniques, Cumberland Lodge, Windsor, UK, September 2010.

CALTA, JAN; SHKATOV, DMITRY; SCHLINGLOFF, BERND-HOLGER: *Finding Uniform Strategies for Multi-agent Systems*. In: 11th International Workshop on Computational Logic in Multi-Agent Systems. 6245. Lisbon, Portugal, Springer, 2010, S. 135-152.

DITTRICH, ANDREAS; SALFNER, FELIX: *Experimental Responsiveness Evaluation of Decentralized Service Discovery*. In Proceedings of IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS) - Workshop on Dependable Parallel, Distributed and Network-Centric Systems (DPDNS) - Atlanta, USA, April 2010.

REIMER, ANDREAS: *Understanding Chorematic Diagrams: Towards a Taxonomy*. The Cartographic Journal, Vol. 47 Nr. 4 pp. 330-350, 2010.