

# Schlussbericht zum BMBF-geförderten Vorhaben

EDIM – Erdbeben Disaster Informationssystem für die Marmara-Region, Türkei;

Teilprojekt B2: Modellgetriebener Entwurf, Implementierung und Test einer Infrastruktur preiswerter, selbst-organisierender Sensorsysteme für die schnelle Erdbebeninformation und Frühwarnung

Förderkennzeichen: PTJ MGS/03G0650C

Zuwendungsempfänger: Humboldt-Universität zu Berlin (HUB)

## 0. Kurzfassung

Das Ziel des Verbundprojekts EDIM war die Verbesserung und Erweiterung des existierenden Erdbebenfrühwarnsystems in Istanbul (Istanbul Earthquake Rapid Response in Early Warning System), welches von dem Kandili Observatory und Earthquake Research Institute (KOERI) betrieben wird. Das Projekt war insgesamt in drei Teilprojekte gegliedert. Teilprojekt B war wiederum in zwei Projekte entsprechend den beteiligten Arbeitsgruppen vom GFZ Potsdam und der Humboldt-Universität zu Berlin unterteilt. Dieser Bericht beschäftigt sich mit Teilprojekt B2, welcher von der HU Berlin bearbeitet wurde. Wesentliches Ziel war die Entwicklung eines kostengünstigen sich selbst-organisierenden auf drahtlosen Maschennetzwerken basierenden Frühwarnsystems und der benötigten Software-Infrastruktur hierfür. Das Ergebnis ist SOSEWIN (Self-Organizing Seismic Early Warning and Information Network), die Realisierung eines Erdbebenfrühwarn- und Informationssystems basierend auf der Technologie drahtloser Maschennetzwerke. Im Detail zu erwähnen sind:

- Die Auswahl und Zusammenstellung geeigneter Hardware für solch ein System
- Die Modellierung eines Alarmierungs-Protokolls, das Netzwerkknoten erlaubt kooperativ ein Erdbeben zu erkennen und eine Warnung zu verteilen
- Die Implementierung weiterer diverser Software-Komponenten, die für solch ein Frühwarnsystems nötig sind
- Die Entwicklung einer Software-Infrastruktur, die es erlaubt Komponenten wie das Alarmierungs-Protokoll modellgetrieben zu entwickeln, zu testen und für unterschiedliche Zielplattformen (z.B. Simulatoren oder tatsächliche Netzwerkknoten) zu erzeugen
- Die Entwicklung von mehreren Simulationsmodellen (basierend auf ODEMX und ns3), die es erlauben solch ein System auf verschiedenen Ebenen in Größenordnungen zu untersuchen und bei der Entwicklung zu unterstützen
- Installation und Betrieb eines solchen prototypischen Netzwerks unter realen Bedingungen in Istanbul

# I. Kurze Darstellung zu

## 1. Aufgabenstellung

Das Ziel des Verbundprojekts EDIM war die Verbesserung des existierenden Erdbebenfrühwarnsystems in Istanbul (Istanbul Earthquake Rapid Response in Early Warning System), welches von dem Kandili Observatory und Earthquake Research Institute (KOERI) betrieben wird. Das Projekt war insgesamt in drei Teilprojekte gegliedert. Teilprojekt B war wiederum in zwei Projekte entsprechend den beteiligten Arbeitsgruppen vom GFZ Potsdam und der HU Berlin unterteilt. Dieser Bericht beschäftigt sich mit Teilprojekt B2, welcher von der HU Berlin bearbeitet wurde.

Ziel des Teilprojekts B2 war die modellbasierte Entwicklung eines sich selbstorganisierenden, dichten seismologischen Beobachtungs- und Informationssystems, das mit preiswerten seismischen Sensoren ausgestattet ist. Die Defizite preiswerter Sensorik werden durch eine kooperative Signalanalyse kompensiert. Da durch viele preiswerte Sensoren gegenüber wenigen hochgenauen teuren Stationen seismische Daten in höherer räumlicher Auflösung erfasst werden können, ergibt sich hierdurch sogar ein Mehrwert. Dieses System liefert in nahezu Echtzeit Informationen über ein Erdbeben und über lokale Bodenbewegung, die zum Zweck der Katastrophenminderung eingesetzt werden können. Es kann dabei völlig unabhängig von vorhandener oder dann eventuell zerstörter Kommunikationsinfrastruktur arbeiten und selbst bei teilweiser Zerstörung seiner selbst aufgrund der inhärenten Redundanz und des selbstorganisierenden Charakters noch funktionieren. Darüber hinaus werden hochauflösende Daten ermittelt, die zum besseren Verständnis der Ausbreitung und Dämpfung seismischer Starkbewegungen in urbanen Regionen beitragen können.

Die Software-Entwicklung für drahtlos kommunizierende Ad-hoc Netze stellt insbesondere bei der Berücksichtigung von Informationen, die über Sensorik in Echtzeit erfasst und bewertet werden, eine große Herausforderung dar. Mit dem hier vorgestellten Prototyp eines mit preiswerten Seismometern bestückten Maschennetzwerkes wird gezeigt, wie einerseits die kooperative Bewertung seismischer Erschütterungen in einem dichten geographischen Raster, Erdbebenfrühwarnung und Rapid-Response innerhalb einer Metropole ermöglicht und andererseits wie durch Austausch der Sensorik eine von Infrastruktur unabhängige, dichte Messung von alternativen Umweltparametern realisiert werden kann. Neben der prototypischen Hardware/Software-Lösung werden das bereitgestellte Entwicklungsparadigma und die dafür entwickelte Werkzeugsammlung näher vorgestellt.

## **2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Zur Durchführung der Arbeiten wurde Herr Dipl.-Informatiker Björn Lichtblau eingestellt, der zusammen mit Herrn Professor Jens-Peter Redlich (Lehrstuhl Systemarchitektur) und Herrn Professor Joachim Fischer (Lehrstuhl Systemanalyse) die Arbeiten durchführte. Sie ergänzten sich mit den Arbeiten, die für das SAFER Projekt von Herrn Dipl.-Informatiker Frank Kühnlenz bearbeitet wurden. Weiterhin wurden Studenten in Studien- und Diplomarbeiten eingebunden, im Rahmen des EDIM-Projekts sind unter anderem die Diplom-Arbeiten von Herrn Jens Nachtigall sowie Herrn Ingmar Eveslage erwähnenswert. Außerdem gliederte sich das EDIM-Projekt thematisch in das interdisziplinären DFG-Graduiertenkollegs METRIK ein. Die Entwicklung von SOSEWIN profitierte von der Entwicklung von Basistechnologien aus METRIK und hat im Rahmen dessen auch zur Motivation von themenverwandten Arbeiten geführt.

## **3. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Der Ablauf des Vorhabens wurde weitgehend entsprechend dem vorgelegten Projektplan durchgeführt. Es gab regelmäßige jährliche Treffen innerhalb der EDIM-Gruppe (21. Mai 2007, 26. Mai 2008, 16. Dezember 2008 und 12. Mai 2009). Hinzu kommen die jährlichen Statusmeetings im Rahmen des Geotechnologien-Programms. Zusätzlich fanden aufgrund der engen Zusammenarbeit häufig Treffen mit dem GFZ-Potsdam (in den ersten zwei Jahren des Projekts alle 4 bis 8 Wochen) statt.

Im Frühjahr 2008 reisten Herr Björn Lichtblau und Herr Jens Nachtigall zusammen mit den Beteiligten vom GFZ Potsdam zu einem Besuch der türkischen Kollegen von KOERI und zur Absprache der Installation eines prototypischen Netzwerks in Istanbul. Das Netzwerk wurde dann vom GFZ Potsdam installiert und unter Betreuung von Herrn Björn Lichtblau im Sommer 2008 in Betrieb genommen.

## **4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

In der seismologischen Frühwarnung werden zur Zeit hochgenaue (und teure) Breitband- und ‚strong-motion‘ Stationen verwendet, mit deren Hilfe die Erdbebenmagnitude, der Ort des Erdbebens und dessen Bruchprozess innerhalb von Sekunden oder Minuten abgeschätzt werden kann. Die Beobachtung der Bodenbewegung im Starkbebenfall zeigt, dass diese räumlich stark variieren kann, in Abhängigkeit von der Bruchausbreitung, der Erdbebenstärke und der Entfernung zum Hypozentrum, aber auch aufgrund der flachen Untergrundstruktur und der Sedimentbeckengeometrie. Erdbebenschäden sind deshalb örtlich stark variabel und hängen meistens von den lokalen geologischen Verstärkungsfaktoren ab. Karten der Bodenerschütterung nach einem Erdbeben werden momentan aus der Erdbebenmagnitude und für die Region bekannte Dämpfungseigenschaften der Kruste berechnet und mit vereinzelt lokalen Messungen verglichen (Zschau und Küppers, 2003).

Um in kürzester Zeit möglichst viele und genaue Informationen über das Erdbeben zu erhalten, benötigt man eine möglichst große Zahl von Sensorknoten. Die Übertragung der Daten mittels herkömmlicher, zentralisierter IT-Netze ist dabei problematisch, da diese im Unterhalt relativ teuer sind und außerdem im Katastrophenfall einen *Single Point of Failure* darstellen. Stattdessen wird der Einsatz von dezentralisierten, robusten Maschennetzwerken auf Funkbasis angestrebt. Diese Netze werden durch herkömmliche WLAN-Router gebildet, welche ungeplant (spontan) installiert werden, sich nach ihrer Installation über drahtlose Kommunikationswege automatisch finden, miteinander verbinden und schließlich selbständig zu komplexen leistungsfähigen Netzstrukturen organisieren

Drahtlose Maschennetzwerke (wireless mesh networks, WMNs), die ad-hoc gebildet und selbst-organisierend sind, werden seit über einem Jahrzehnt wegen ihrer vielen Vorteile und vielfältigen Einsatzmöglichkeiten untersucht. Die Vorteile sind u.a. die einfache Installation, ein geringer Wartungsaufwand und ihre inhärente Redundanz. Eine neue Einsatzmöglichkeit sind Beobachtungs- und Frühwarnsysteme wie z.B. das Erdbebenfrühwarnsystem, das im Rahmen dieses Projekts realisiert wurde.

## **5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Es fand eine enge und stete Zusammenarbeit mit dem Projektpartnern vom GFZ Potsdam statt, mit denen die eingesetzten Netzwerkknoten zusammen entwickelt, getestet und zum Einsatz gebracht wurden. Die Installation eines prototypischen SOSEWIN-Netzwerks in Istanbul wurde durch Kooperation mit den Partnern vom Kandilli Observatory und Earthquake Research Institute (KOERI) ermöglicht und seit der Installation über den gesamten verbleibenden Projektzeitraum zusammen betrieben. Weiterhin gab es Verknüpfungen und Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern vom Karlsruher Institute of Technologie (KIT), der DELPHI Informations Muster Management GmbH und der lat/lon GmbH.

## II. Eingehende Darstellung

### 1. Der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

#### Verwendung der Zuwendung:

Die Mittel wurden vorwiegend für Personal ausgegeben und den damit verbundenen Reisen nach Istanbul zur Installation des SOSEWIN-Netzwerks, sowie für Präsentationen bei der EGU2008, AGU2009 und den Statusseminaren im Rahmen des Geotechnologien Programms.

#### **A: Konzeption der Netzwerkarchitektur**

Die für das Projekt benötigte Hardware wurde in Übereinstimmung mit dem GFZ Potsdam ausgewählt und zusammengestellt. Sie ist mit kostengünstigen drahtlosen Routern vergleichbar, die heutzutage in vielen Haushalten zu finden sind (siehe Abbildung 1 für eine schematische Übersicht). Sie werden durch das Digitizer Board ergänzt, welches die Erfassung von analogen Messwerten (konkret hier seismische Beschleunigungssensoren) erlaubt. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die einzelnen Hardware-Komponenten.

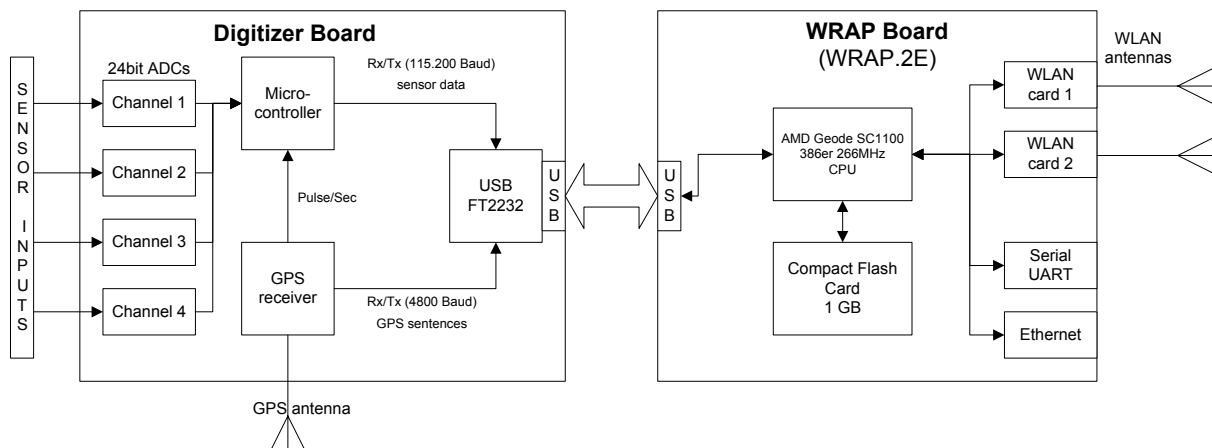


Abbildung 1: Schematische Übersicht eines SOSEWIN-Netzwerkknotens