

FKZ: 03G0764A
FuE-Einrichtung: Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Informatik
Titel: SOSEWIN-extended
Projektlaufzeit: 01.09.2010 bis 31.12.2010
Berichtszeitraum: 01.09.2010 bis 31.12.2010

Berlin, den 15. Juli 2011

Projektleiter: Prof. Dr. sc. nat. Joachim Fischer

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Abbildungsverzeichnis.....	4
I. Kurzdarstellung	5
1. Aufgabenstellung.....	5
2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	6
3. Planung und Ablauf des Vorhabens.....	6
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde	7
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen	8
II. Eingehende Darstellung	9
1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen bei Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele.....	9
ad b) Sabotagerkennung und –warnung an den Sensoren und am Funkmodul	13
ad c) Software für Administration des Netzwerkes und Visualisierung des Status	14
ad d) Softwareseitige Umsetzung des SOSEWIN-Konzeptes nach industriellem Standard.....	16
ad e) Entwicklung eines Demonstrationssystems inkl. Frühwarnsignal	18
2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	22
3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	22
4. Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans.....	22
5. Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	23
6. Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr.11.....	23
III. Erfolgskontrollbericht	23

1. Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen, z.B. des Förderprogramms (ggf. unter Angabe des Schwerpunkts).....	23
2. Wissenschaftlich-technisches Ergebnis des Vorhabens, erreichte Nebenergebnisse und gesammelte wesentliche Erfahrungen	24
3. Fortschreibung des Verwertungsplans.....	24
4. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.....	26
5. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer	26
6. Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung.....	27

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auszüge aus dem Hardware-Konzept für die neue Knoten-Generation	13
Abbildung 2: Screenshot der Management-Software uDigEE.....	14
Abbildung 3: uDigEE bei der Ausführung eines Kommandos im gesamten Netzwerk (links) und der daraus resultierende Statusbericht (rechts)	15
Abbildung 4: Distanz-Reaktions-Diagramme mehrerer Experimentreihen im Adlershofer Testsystem	17
Abbildung 5: Vergleich von simulierten Experimenten in ns3 und echten Experimenten im Testsystem als Differenzendiagramm	18
Abbildung 6: Übersicht des Testsystems auf dem Adlershofer Campus. Eingezeichnet sind nur die SOSEWIN-2-Outdoor-Knoten, Indoor-Knoten wurden nur in Zahlen in den Wolken angegeben.....	19
Abbildung 7: Aufbau eines SOSEWIN-2 Knotens auf dem Dach der Geographie der Humboldt-Universität zu Berlin an einem existierenden Mast für Wettermessungen.....	20
Abbildung 8: Signalstärke des jeweils am stärksten empfangbaren Knotens an verschiedenen Orten des Adlershofer Campus.....	20
Abbildung 9: Paketerfolgsraten zwischen den auf den Dächern da Humboldt-Universität installierten SOSEWIN-2 Netzwerkknoten (gemessen bei einer Senderate von 1 Hz über 200 Sekunden mit jeder möglichen Rate auf Kanal 13).....	21

I. Kurzdarstellung

1. Aufgabenstellung

Das Verbundvorhaben SOSEWIN-extended war auf die zielgerichtete Weiterentwicklung des zum Projektstart als Prototypen vorliegenden SOSEWIN-2-Knotens zur Produkt- und Marktreife ausgerichtet. Ein selbstorganisierendes Maschennetzwerk bestehend aus diesen Knoten ermöglicht die Realisierung eines Erdbebenfrühwarnsystems, das kostengünstiger und räumlich höher auflösender ist als traditionelle Systeme, und darüber hinaus auch noch zusätzliche Kommunikationsdienste anbieten kann. Der zur Marktreife zu entwickelnde Sensorknoten sollte ab Ende 2010 angeboten und international vertrieben werden.

Bisher wurden die Einzelgeräte händisch unter hohem Zeit- und Kostenaufwand am Deutschen GeoForschungszentrum gefertigt und entsprachen demnach noch nicht einem Endgerät, das kommerziell vertrieben werden kann. Die DRResearch GmbH mit ihren Erfahrungen bei der Entwicklung und Produktion kompakter, *Embedded*-Produkte kam im Projekt die Aufgabe zu, ausgehend vom vorliegenden Entwicklungsstand serientaugliche Knoten bereitzustellen und diese „bedienerfreundlich“ in Bezug auf Installation, Wartung und Administration zu gestalten. Außerdem sollte im Zusammenwirken aller Partner die Möglichkeit geschaffen werden, neben der Erhebung und Auswertung der seismischen Daten im Gefahrenfall automatische Warnungen an vorhandene Infrastrukturen auszugeben, um größere Schäden verhindern zu können.

Die spezifischen Aufgaben der Humboldt-Universität waren dabei:

- a) gemeinsame Erarbeitung eines Anforderungskataloges für die nächste Generation von SOSEWIN-Knoten (Version 3) mit den Projektpartnern bei Evaluation der von DRResearch entsprechend dem Anforderungskatalog ausgewählten Hardwarekomponenten im Hinblick auf die Nutzbarkeit bereits existierender Software und Funk-Kommunikationstechnologie **[Anteil im Arbeitspaket 1a)],**
- b) Erarbeitung von Maßnahmen zur Sicherung des Netzwerkes gegenüber externen Einwirkungen **[Anteil im Arbeitspaket 1c)],**
- c) Erweiterung bestehender Softwarekomponenten für die Administration von SOSEWIN-3-Netzwerken und für die Visualisierung von Statusinformationen **[Anteil im Arbeitspaket 2],**

d) weitere Evaluierung des Alarmierungsprotokolls sowie Schaffung von Voraussetzungen zur Inbetriebnahme der SOSEWIN-3 Knoten als Maschennetzwerk aus softwareseitiger Sicht bei Identifikation von Portierungsproblemen von SOSEWIN-2-Softwarekomponenten und Realisierung eines Wissenstransfers zu DResearch [**Anteil im Arbeitspaket 3**].

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Bei Projektstart lagen funktionsfähige Prototypen der SOSEWIN-2 Knoten vor, durch die wesentliche Anforderungen der vorgesehenen Applikation erfüllt wurden. In Bezug auf eine angestrebte Serienreife wiesen diese Prototypen jedoch noch eine Reihe größerer und kleinerer Schwächen auf.

Als Testsystem stand der Humboldt-Universität zu Beginn nur ein fernüberwachtes SOSEWIN-Netzwerk in Istanbul zur Verfügung, das für die Evaluierungsarbeiten in SOSEWIN-extended aufgrund räumlicher Distanzen ungeeignet war. Der Aufbau eines Testnetzes im Verantwortungsbereich der Humboldt-Universität stellte somit eine initiale Anforderung dar.

Dennoch herrschte mit den ersten beiden Knoten-Generationen (SOSEWIN-1 und SOSEWIN-2) an der Humboldt-Universität und am GFZ gesammelten Erfahrungen weitgehende Klarheit über die Aufgabenstellung. Insbesondere stand die prinzipielle Umsetzbarkeit der zusätzlichen Anforderungen außer Frage, selbstverständlich gekoppelt an der mehr als engen Terminlage bzgl. der Bereitstellung testfähiger SOSEWIN-3-Knoten. Damit stellte allein der Zeitfaktor ein ernstes Risiko dar.

Zur Durchführung der Arbeiten wurde an der Humboldt-Universität Herr Dipl.-Inf. Björn Lichtblau (4 Monate) sowie zwei studentische Hilfskräfte (je 3 Monate) eingestellt.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Der Ablauf des Vorhabens wurde weitgehend entsprechend dem vorgelegten Projektplan durchgeführt. Dabei wurde jedoch aus Gründen, die im Schlussbericht des Projektpartners DResearch vom 30.6.2011 zum Projekt „SOSEWIN-extended“ im Punkt 3 ausführlich dargestellt worden sind, von der ursprünglichen Konzeption pragmatisch abgewichen. Ziel war es dabei, die Untersuchungen der Projektpartner HU und GFZ durch Verzögerungen der

neuen Hardwarelösungung (SOSEWIN-3) nicht zu gefährden. Die Partner entschlossen sich deshalb, die SOSEWIN-2 –Prototypen in erster Linie unter herstellungstechnischen Gesichtspunkten und im Sinne kleinerer Optimierungen und funktionaler Verbesserungen selektiv zu überarbeiten und faktisch zur Serienreife zu führen sowie kurzfristig durch DResearch eine größere Anzahl dieser modifizierten Version der Sosewin-2 Hardware (hier SOSEWIN-2a genannt) zu produzieren und für die Untersuchungen der Partner bereitzustellen.

Damit sind i.d.R. in den Aufgaben **a)** bis **d)** der Humboldt-Universität SOSEWIN-2a-Knoten als Ersatz für die ursprünglich angedachten SOSEWIN-3-Knoten zu sehen. Lediglich Aufgaben a) und c) konnten bereits partiell und modellartig für SOSEWIN-3-Knoten ausgeführt werden. So wurde beispielsweise zu Projektbeginn die Anforderungen an das zu entwickelnde Hardware-/Software-System von der Humboldt-Universität und dem GFZ zur Konzeption von SOSEWIN-3 im Detail erfasst. Generell organisierte das Konsortium die Projektarbeit so, dass eine weitestgehend unabhängige Bearbeitung der Aufgaben möglich wurde.

Zusätzlich wurde auf der Basis von SOSEWIN-2a-Knoten ein Testbed in Berlin Adlershof aufgebaut. Die dort vorgenommenen Evaluierungsarbeiten stellen Extra-Beiträge für das **Arbeitspaket 4** dar und werden in diesem Bericht als **Aufgabe e)** geführt.

Weiterhin stellt die SOSEWIN betroffene Forschung nach wie vor ein Schwerpunkt im DFG-geförderten Graduiertenkolleg METRIK der Humboldt-Universität zu Berlin. Einhergehend mit Arbeiten, die auf dem Einsatz von drahtlosen Maschennetzwerken im Katastrophenmanagement basieren, wurde außerdem der Aufbau eines permanenten Testsystems über den Adlershofer Campus vorangetrieben.

Spezielle Verfahren oder Schutzrechte wurden nicht genutzt.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem 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 so genannten *Single Point of Failure* darstellen. Stattdessen wird der Einsatz von dezentralisierten, robusten Maschennetzwerken auf Funkbasis angestrebt. Diese Netze werden derzeit 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. ein Erdbebenfrühwarnsystem, das im Rahmen des BMBF-geförderten EDIM-Projekts entwickelt wurde. SOSEWIN-extended nutzte und entwickelte diese Ergebnisse weiter, die im Rahmen des EDIM-Projektes entstanden sind. Solche Systeme könnten auch für mehr als Erdbebenfrühwarnszenarien anwendbar sein. Im geowissenschaftlichen Kontext wären Anwendungen z.B. für Hangrutschungen oder Lawinen denkbar, oder ausgestattet mit angepasster Sensorik ließen sich *WMNs* auch als Frühwarn- oder Messsysteme für z.B. Temperaturverteilungen (Hitzewellen in Städten), Feinstaubbelastungen oder Radioaktivitätsverteilungen einsetzen.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Es fand eine enge und stete Zusammenarbeit mit den Projektpartnern vom GFZ Potsdam sowie DResarch statt, die über gemeinsame Treffen und eine Mailingliste organisiert wurde. Für die Installation des permanenten Testsystems in Berlin-Adlershof war außerdem die Kooperation mit weiteren Instituten der Humboldt-Universität (Geographisches Institut, Institut für Physik, Technischer Abteilung, Computer und Medien Service), der WISTA-Management GmbH (Betreibergesellschaft des Wissenschafts- und Technologieparks Berlin

Adlershof), der Innovations-Zentrum Berlin Management GmbH sowie dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) nötig.

II. Eingehende Darstellung

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen bei Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Die Mittel wurden ausschließlich für die anfallenden Personalkosten ausgegeben (siehe zahlenmäßiger Nachweis). Die eingehende Darstellung folgt weitgehend dem vorgelegten Projektplan.

ad a) Definition der Anforderungen an mechanische Ausführung, Funktionalität, Flexibilität und Modularität der SOSOSEWIN-3-Knoten

Auf Basis der SOSEWIN-2-Knoten erfolgte bei DResearch die Produktion der für die Forschungen der Projektpartner Humboldt-Universität und GeoForschungszentrum im Rahmen des Projektes benötigten Geräte als verbesserte SOSEWIN-2-Knoten (SOSEWIN-2a).

Ausgehend davon wurde für die SOSEWIN-3-Knoten der folgende Anforderungskatalog von Seiten der Humboldt-Universität erstellt:

Plattform

Für die SOSEWIN-3-Knoten wird eine Rechnerplattform benötigt, deren Anforderungen im Wesentlichen mindestens der Leistungsfähigkeit und dem Umfang der Plattform der ursprünglichen SOSEWIN-Netzwerknoten entsprechen müssen.

Siehe auch: *B. Lichtblau, J. Nachtigall, C. Milkereit, I. Veit, M. Picozzi, K.-H. Jäckel, and M. Hönig (2008) SAFER Deliverable D4.20: Sensor Node Prototype of Low Cost Sensor, Berlin, Juni 2008*

Leistungsfähigkeit CPU

Die Rechenleistung der Knoten sollte mindestens so leistungsfähig wie die der für die SOSEWIN-2-Knoten eingesetzten ALIX-Boards (<http://www.pcengines.ch/alix.htm>) sein: 500 MHz AMD Geode LX800 5x86 CPU with 64 + 64 KByte L1 Cache and 128 KByte L2 Cache, 256 MByte RAM.

Anschlüsse

Folgende Anschlüsse und Peripherie müssen vorhanden sein.

2 WLAN-Karten (miniPCI)

Die Kommunikation über WLAN ist die wichtigste Funktionalität der Netzwerkknoten zur Bildung eines selbstorganisierenden Maschennetzwerks. Es müssen mindestens zwei WLAN-Karten an das System angeschlossen werden, so dass eine ausschließlich für den Maschennetzwerkverkehr verantwortlich ist, während die zweite flexibel zur kabellosen Administration, als Netzwerkzugang oder zur Erweiterung der Bandbreite des Maschennetzwerks eingesetzt werden kann.

Die WLAN-Karten sollten möglichst per miniPCI-Schnittstelle verbunden werden, was wiederum mindestens zwei miniPCI-Slots voraussetzt. Alternativ wären WLAN-Adapter per USB denkbar.

Die WLAN-Karte muss im 2.4 und 5 GHz Band betreibbar sein, also die Standards 802.11a/b/g unterstützen. Zukunftsorientiert sollte sie den inzwischen marktreifen Standard 802.11n unterstützen, der mit Hilfe von MIMO-Technik höhere Reichweiten oder mehr Durchsatz verspricht.

Gute Erfahrung hat die HU-Berlin mit WLAN-Karten basierend auf dem Atheros Chipsatz AR5008 gemacht, da diese durch die Treiber von madwifi (<http://madwifi.org/>), ath5k und ath9k unter Linux ausreichend unterstützt und auch aktiv weiterentwickelt werden. Inzwischen existieren aber auch für andere Chipsatz-Hersteller (Intel, Broadcom, Prism und andere) Linux-Treiber (meist vom Hersteller mit einem Binärteil, also nicht komplett quelloffen, eine Übersicht findet sich unter: <http://wireless.kernel.org/en/users/Drivers/>).

Konkret wurde für die letzte Generation der SOSEWIN-Netzwerkknoten die Karte „Wistron CM9 Atheros 802.11a/b/g Dualband mPCI 5004chipset“ vom Hersteller Wistron eingesetzt. Weiterhin muss die Kombination aus Karte und Treiber den für den vom Maschennetzwerk benötigten Betrieb im ad-hoc-Modus und Verschlüsselung nach WEP und WPA2-PSK unterstützen.

Sollte eine andere als die oben genannte Karte gewählt werden (wünschenswert, da diese nicht 802.11n unterstützt), ist diese vor der Festlegung also zusammengefasst auf folgende Kriterien zu überprüfen.

Mindestanforderungen:

- 802.11 a/b/g
- Ausreichende Treiberunterstützung für Linux
- Betrieb im ad-hoc Modus möglich
- Verschlüsselung nach WEP und WPA2-PSK möglich

Wünschenswert:

- 802.11n
- Atheros Chipsatz
- miniPCI-Schnittstelle

Ethernet-Schnittstelle

Für den Betrieb als Gateway-Knoten ist ein Ethernet-Anschluss notwendig. Ausreichend hierfür sind 100MBit/s, wünschenswert wäre Gigabit-Ethernet. Da im Allgemeinen nur eine geringe Anzahl der Netzwerkknoten als Gateway fungieren wird, ist es auch denkbar, diesen Anschluss aus Kostengründen nur optional mit auszustatten. Eine Stromversorgung auch über Ethernet (Power over Ethernet) wäre wünschenswert.

USB Schnittstelle

Die Plattform muss über zwei USB-2.0-Anschlüsse verfügen. Mehr sind wünschenswert, können aber dann gegebenenfalls auch durch USB-Hubs realisiert werden.

Ein Anschluss wird durch die Sensor-Platine belegt, ein zweiter soll für mögliche Erweiterungen (Display, Kamera) offen bleiben.

Stromversorgung

Die Stromversorgung sollte durch niedere Gleichspannung erfolgen, also in der Regel durch ein externes Netzteil. So wird gegebenenfalls auch ein Betrieb mit Batterien ermöglicht. Eine Möglichkeit zur Überwachung der Stromversorgung vom Rechner aus wäre wünschenswert.

Festspeicher

Der Festspeicher soll mindestens 2 GB groß, leicht austauschbar und häufig wieder beschreibbar sein, da dieser auch als Ringspeicher für die anfallenden Daten genutzt wird. Bisher wurden hierfür *CompactFlash*-Karten guter Qualität benutzt.

Aufgrund der Sicherheit wären zwei getrennte Festspeicher wünschenswert, eine für das System und eine zweite für den Ringspeicher, so dass dauerhafte Schreibaktivitäten im Ringspeicher die Systempartition nicht beeinträchtigen können.

Temperaturbereich

Da die Geräte im Allgemeinen für den Einsatz im Freien gedacht sind, sollte das Gesamtsystem bei Temperaturen von -20 °C – 60 °C betrieben werden können.

Uhrgenauigkeit

Da Geräte auch ohne GPS betreibbar sein sollen, ist für die Integrität der Sensordaten wichtig, dass die interne Real-Time-Clock eine ausreichende Genauigkeit besitzt.

Serielle Schnittstelle

Das Gerät sollte über eine serielle Schnittstelle oder ähnlichem verfügen, die auch bei der Nichtfunktionalität von WLAN oder Ethernet den Zugriff auf das Gerät zu Entwicklungszwecken erlaubt.

Software

Das System muss mit Linux betrieben werden und es sollte möglichst ein freier Cross-Compiler wie der GCC existieren. Weitere Software in C/C++ muss für das System übersetzbar sein, unter anderem muss übersetzbar/vorhanden sein: libc, libc++, boost.

Formfaktor und Gehäuse

Das Gerät sollte die Dimensionen der SOSEWIN-Netzwerkknoten nicht überschreiten, also maximal die Fläche eines DIN A5 Blatts bei 5 cm Höhe betragen.

Folgende externen Anschlüsse durch das Gehäuse müssen vorhanden sein:

- Stromversorgung
- Ethernet (optional, oder abdichtbar, da viele Geräte diesen Anschluss nicht nutzen werden)
- Anschluss für GPS-Antenne
- Mindestens zwei Anschlüsse für die Antennen beider WLAN-Karten. Aufgrund von Antennendiversität und auch bei Benutzung von 802.11n ist zu überlegen, ob zumindest optional zwei oder sogar drei Antennen pro Karte möglich sind. Die Antennenanschlüsse sollten ein einfaches Austauschen der Antennen ermöglichen (steht aber entgegen dem Ziel, das Gerät vor Vandalismus etc. zu schützen?).

Für den Außenbetrieb muss das Gehäuse dem IP67-Standard genügen.

Mögliche Optimierungsoptionen

Unter der Einhaltung der aufgezählten Mindestanforderungen, sollte vor allem der Stromverbrauch und die Kosten der Geräte optimiert werden.

Diese Anforderungen wurden zusammen mit den Anforderungen des GFZ von DRResearch in gemeinsamer Abstimmung zusammengefasst und daraus das Hardware-Konzept der SOSEWIN-3 Knoten erstellt (siehe Abbildung 1 und Abschlussbericht DRResearch).

HW-Konzept SOSEWIN 3 Knoten

Stand vom 30.11.2010
M.Roth, DRResearch

Allgemeine Vorgaben

- Metall-Gehäuse mit Schutzgrad IP67, I/Oe panelmounted mit wire-to-board
- geringer Stromverbrauch
- Akkubetrieb mit Totschalterschalt
- günstig produzierbar, alles auf ein Board
- Systemsoftware komplett remote updatefähig (auch Microcontroller)
- vibrationsstärker (aber Bahn-Norm-Tauglichkeit nicht unbedingt nötig)

Systemkonzept

Zur Überwachung der Stromversorgung und Betriebstemperatur wird ein separater Boardcontroller eingesetzt. Der Boardcontroller ist äußerst stromsparend (kann jahrelange Laufzeit mit interner Batterie laufen) und steuert die Stromversorgung aller anderen Komponenten. Er verfügt über einen separaten Flash-Speicher u.a. für Log-Daten, Firmware-Update-Files u.a. und ist für die Ansteuerung des RTC-Chips, der System-Status-LEDs, des Ein/Ausschalters, diverser GPIOs etc. zuständig. Die Kommunikation mit dem Linux-Host erfolgt über ein transportgesichertes serielles Protokoll, übernommen aus dem DRResearch HybridIP Projekt. Es wird eine Watchdog-Funktion für den Linux-Host bereitgestellt (Reset bei Ausfall der Kommunikation). Außerdem ist eine Programmier-Funktion für den Digitizer-Controller möglich (Firmware-Update).

Der Linux-Host basiert auf einem Marvell ARMADA300 bzw. Kirkwood 2SoC (88F6282) mit einer ARM9-kompletten CPU mit 1.2GHz (max. 2032). Als Boot-Loader kommt uboot, als Betriebssystem eine geeignete Linux-Distribution (z.B. open-WRT) zum Einsatz. Das System 'aufwerk' ist ein fest installierter SLC-NAND-Flash mit 51MByte. Zusätzlich stehen ein SD-Card-Slot, USB sowie Mini-PCI-Express zum Anschluss weiterer (ggf. wechselbarer) Speichermedien zur Verfügung. Die WLAN-Module werden als separat abschaltbare USB-Module ausgeführt. Zusätzlich werden zwei Mini-PCI-Express Slots vorgesehen, die sich ebenfalls für den Einsatz von WLAN-, SSD- und 3G-Modulen (1 Slot mit SIM-Interface für 3G) eignen. Weitere Features umfassen ein WiFi-FastEthernet Interface und mehrere USB2.0 Anschlüsse.

Der Digitizer wird wie bisher per USB-seriell-Wandler angeschlossen. Zusätzlich wird ein digitaler serieller Bus (RS485) für externe Sensoren bereitgestellt.

Änderungen an der Architektur des Digitizers sind noch zu klären:

- Verwendung eines 8 Kanal-Wandlers, 3 Kanäle für Accel, 4 Kanäle mit Vorverstärker, davon
- 1 Kanal mit galvanischer Trennung (analog)
- zweier Accel-Sensoren? (vorzugsweise 1-2 x LIS344LH)

Für die IP67 Anschlüsse (außer Antennen, USB und LAN) werden statt der großen Hirschmann Netzspannungs-Steckverbinder eine Platzsparende Binder Typ 720 Steckverbinder (12mm Durchmesser) mit Susp-In-Rastung (zur besseren Unterscheidung in verschiedenen Farben) verwendet.

Boardcontroller

- Überwachung der Betriebsspannung(en) und Gerätetemperatur
- kann Stromversorgung für diverse Systemkomponenten schalten (Linux-Host, USB-WLAN, Digitizer, Versorgung für Sensoren und GPIO)
- Kommunikation mit Linux-Host via UART (@921600), transportgesichertes HybridIP-Protokoll
- Watchdog-Funktion für Linux-Host (Reset bei Ausfall der Kommunikation)
- DS3231 RTC (+1minJahr), On/Off per Kommando vom Linux-Host
- eigener 4MByte SPI Flash für BCTRL-Log und Firmwareupdate-Daten etc.
- 3 rot/grün Status-LEDs (für BCTRL und Linux-Host)
- GenI-An/Aus-Taster (per Software deaktivierbar)
- GPIO: 2 x Optokoppler Input, 2 x Relay Output (SPDT)
- optional Akkustromsammel-Interface (1Wire, ein extra-Pin an der Stromversorgungsbuchse)
- große Li-Batterie (z.B. CR2477) für RTC + BCTRL wenn keine ext. Spannung vorhanden
- Linux-Host wake-up Möglichkeit vom Digitizer (Signal vom Digitizer an BCTRL)
- Debug-UART Port auf Debug-Connector (2 pins + GND)
- I2C Interfaces auf Debug-Connector (4 pins)
- ISP Programmierinterface für Digitizer-Controller für Firmware-Update

Stromversorgung

- Stromversorgung wie HybridIP, d.h. 9-23V, KFZ-Netz tauglich,
- mit Totschalteschalt für 12V Bleibakku (Unterspannungsschaltung durch Boardcontroller)
- schaltbare Versorgung für externe Sensoren (Durchschaltung der Rollespannung)

Digitizer

- der Digitizer-Controller ist separat, kann vom Linux-Host (evtl. via BCTRL) upgedatet werden
- aus Platzgründen evtl. im QFN64-package
- 8 Kanal ADC: 3 für Accel, 4 für Geophon (davon 1 x mit Trennverstärker)
- 3-axis-accel Sensor (evtl. 2 parallel) on board (dann nahe Befestigungspunkt)
- GPS-Modul liefert hochgenauen Sekundentakt an Digitizer
- GPS-Modul ist per USB-seriell-IF an Linux-Host angeschlossen (RX/TX), parallel GPS-Output an Digitizer

Linux Host

- Marvell Armada 300 (88F6282, "Kirkwood 2") ARM@1.2GHz (max. 1.8GHz verfügbar)
- 256MB DDR2 SDRAM (2 x 1GBit 16bit)
- 512MB (4096) NAND-Flash für uboot + Systemsoftware
- Ethernet-PHY + Magnetics für Fast Ethernet (M12)
- USB-SDHC-HUB-Combo (SMSC USB2641)
- 7-Port USB-Hub (z.B. SMSC USB2317)
 - o 1 x Multi-USB-Serial-Wandler (z.B. FT232RL) für Digitizer und ext. Sensor-Bus (RS485)
 - o 2 x USB-WLAN (5V für VBus einzeln schaltbar)
 - o 2 x ext. USB (2x5pin header, für 2 x panelmount USB-A Buchse IP67)
 - o 2 x miniPCIe Slot
- USB-(micro)SDHC-Card-Slot (intern) für Daten; SDHC geht bis 32GB
- 2 x miniPCIe Slot (mit USB, 1 x mit SIM-Halter) für WLAN/GPS/SSD
- Kernel-Console serial port 3.3V auf internem Debug-Connector (2 pins), über Kabel an Binder IP67
- BCTRL serial port
- JTAG auf internem Debug-Connector (?? pins)

Abbildung 1: Auszüge aus dem Hardware-Konzept für die neue Knoten-Generation

ad b) Sabotagerkennung und -warnung an den Sensoren und am Funkmodul

Arbeiten zur Sabotageerkennung und -warnung konnten aufgrund der kurzen Projektdauer und der noch nicht vorhandenen SOSEWIN-3-Hardware leider nicht durchgeführt werden. DRResearch besitzt aber aus seinen Systemen zur Videoüberwachung im öffentlichen Nachverkehr das Know-How für manipulationssichere Gehäuse, auf die diesbezüglich zurückgegriffen werden könnte. Besonders erwähnenswert diesbezüglich ist der von DRResearch im Hardware-Konzept vorgeschlagene *Board-Controller*: Ein autarker *Micro-Controller*, der nicht nur einen externen *Watchdog* und feingranulare Stromsparoptionen umsetzen kann, sondern auch für solche Sicherheitsfeatures geeignet ist.

Die von DRResearch vorgeschlagene Hardware-Plattform wurde anhand von bereitgestellten Developer-Boards (Marvell Kirkwood 2) erfolgreich evaluiert. Zum einen wurde die Verträglichkeit des Betriebssystems und der weiteren benötigten Software getestet, und zum anderen die Funktionsfähigkeit der 802.11n USB-WLAN-Sticks überprüft. Die benötigte existierende Software lässt sich problemlos übertragen und weiter nutzen. Auch wenn die WLAN-Sticks der Firma Ralink leider noch nicht vom offiziellen Kernel fehlerfrei unterstützt

werden, ließen sich mit den proprietären Treibern des Herstellers Datenraten von bis zu 140 Mbit/s erreichen. Dies entspricht den erwarteten Höchstwerten an Durchsatz für diese 802.11n Geräte und ist gegenüber den SOSEWIN-2-Knoten eine fast dreifache Steigerung.

ad c) Software für Administration des Netzwerkes und Visualisierung des Status

uDigEE ist eine im Rahmen der Projekte SAFER und EDIM entstandene Erweiterung für die Eclipse basierte GIS-Anwendung uDig. uDigEE ist zentrales Element der Entwicklungsplattform für das selbstorganisierende, drahtlos vermaschte Sensornetzwerk SOSEWIN (siehe Abbildung 2).

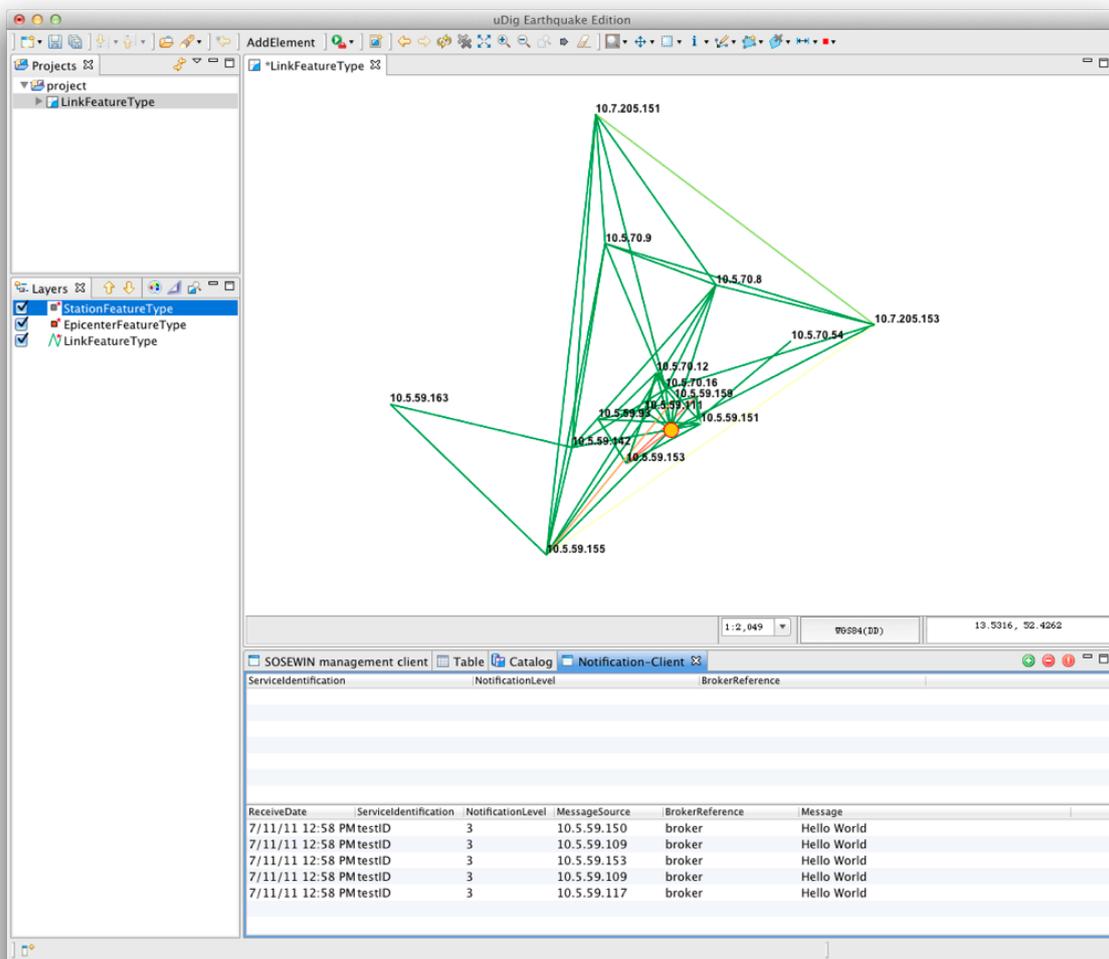


Abbildung 2: Screenshot der Management-Software uDigEE

Unter anderem ermöglicht es die Planung und Durchführung von Simulationsexperimenten und die Administration der Sensorknoten. Auch wenn der Großteil der gewünschten Funktionalität schon vorhanden ist, musste immer noch sehr viel händisch und mit

Expertenwissen geschehen. In SOSEWIN-extended wurde die Erweiterung der Funktionalität von uDigEE mit den Schwerpunkt auf die Administrations- und *Monitoring*-Funktionen vorgenommen. Die Erweiterungen umfassten folgende Punkte:

1) Austausch der Funktion "Shell-Befehl ausführen" mit eine erweiterten Dialog der das Speichern und Auswählen von Befehlen erlaubt. Diese gespeicherten Befehle sind kommentierbar und mit Variablen (z.B. Koordinate und IP-Adresse) parametrisierbar (siehe Abbildung 3).

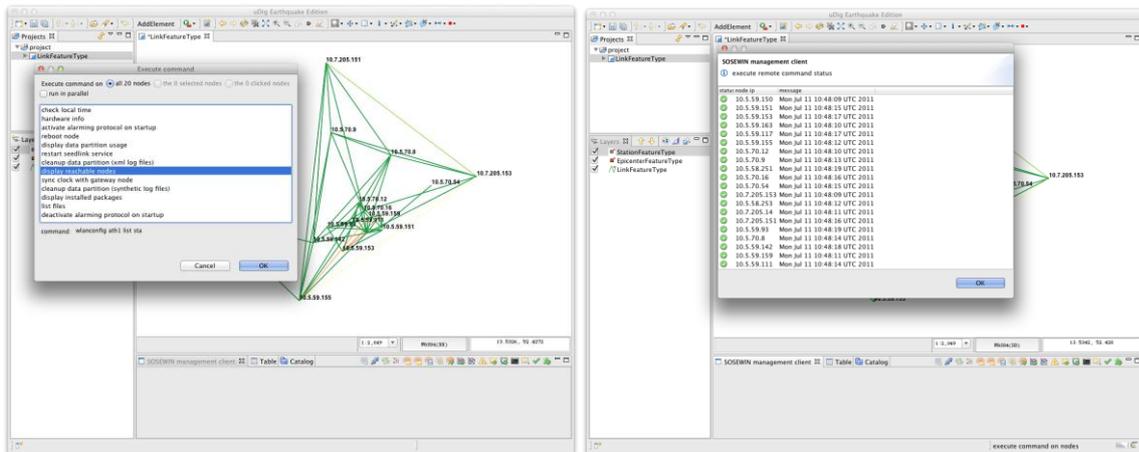


Abbildung 3: uDigEE bei der Ausführung eines Kommandos im gesamten Netzwerk (links) und der daraus resultierende Statusbericht (rechts)

2) Es wurde ein Kontextmenü für die Sensorknotenrepräsentation auf der Karte erstellt. Über dieses Kontextmenü ist es möglich "Shell-Befehle" auszuführen und Zustandsinformationen abzurufen.

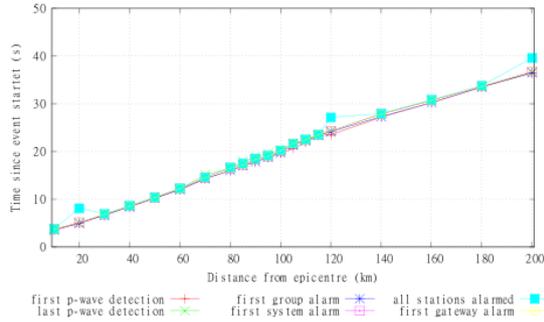
3) Der integrierte Notification-Client zeigt empfangene Benachrichtigungen in einer Tabelle an und wurde um eine Verknüpfung zwischen der Karte und den Benachrichtigungen erweitert, so dass jede Nachricht mit einem Sensorknoten auf der Karte verknüpft ist. Außerdem soll der entsprechende Knoten bei Eintreffen einer Nachricht hervorgehoben werden.

uDigEE ist damit eine zentrale Softwarekomponente bei der Planung, der Installation und der Wartung eines SOSEWIN-Netzwerkes. Des Weiteren können Alarm- und Statusmeldungen zentral gesammelt werden. Die erweiterbare Eclipse-Plattform erlaubt eine Anpassung der Software zur Verarbeitung von Alarmmeldungen inkl. entsprechender automatisierter Reaktionen. Diese Funktionalitäten muss jedoch individuell angepasst werden, was aber durch die Verfügbarkeit der Softwarequellen problemlos möglich ist.

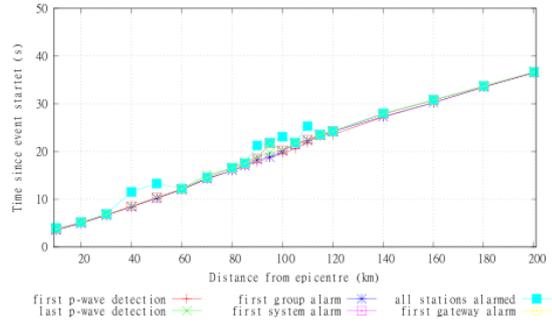
ad d) Softwareseitige Umsetzung des SOSEWIN-Konzeptes nach industriellem Standard

Die Umsetzung des Alarmierungsprotokolls (das für die benötigte Detektion und kooperative Entscheidung über ein Erdbebenereignis sowie der Weiterleitung und Visualisierung eines Alarms verantwortlich ist) nach industriellem Standard konnte aufgrund der knappen Projektlaufzeit von DRResearch nicht durchgeführt werden. Die Humboldt-Universität hat sich aber bemüht einen Wissenstransfer vorzubereiten und ihrerseits das bis jetzt existierende Alarmierungsprotokoll weiter zu entwickeln, zu evaluieren und auch zu visualisieren (siehe ad c).

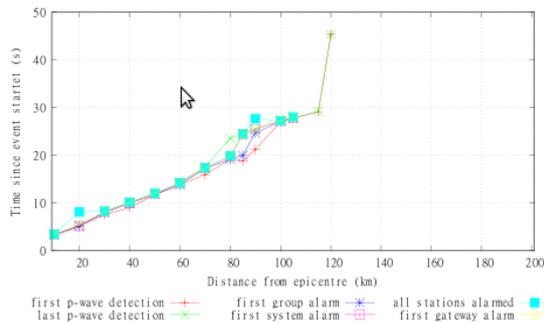
Hierfür wurden verschiedene Experimente in dem aufgebauten Testsystem (siehe ad e) mit simulierten Erdbeben (aber auf echter Hardware) durchgeführt und mit Ergebnissen aus den reinen Simulationen verglichen. Die Simulationen erfolgten mit dem Netzwerksimulator ns-3 und dem am Lehrstuhl für Systemanalyse entstandenen Experiment Management System. Bei den Experimentreihen wurde die Entfernung und Stärke des Erdbebens variiert und die erfolgreich Detektion sowie Alarmierung evaluiert. Konkret ausgewertet wurden verschiedene Zeiten zwischen Erdbeben und den verschiedenen Zuständen im Alarmierungsprotokoll auf den verteilten Knoten des Netzwerks, z.B. wann zuerst von einem Knoten die P-Welle erkannt wird (first p-wave detection) oder wann in einer Gruppe von Knoten der erste Alarm ausgelöst wird (first group alarm; die Knoten finden sich durch das Alarmierungsprotokoll zu Gruppen zusammen um kooperativ über ein mögliches Erdbebenereignis zusammen zu entscheiden). Letzendlich ist für eine Alarmierung außerhalb des Netzwerkes nur interessant, wann gegenüber dem Eintreffen der ersten P-Wellen ein Alarm zum Gateway gemeldet wird (alarm at gateway). Abbildung 4 zeigt die Auswertung einer Menge von Experimenten, wo diese unterschiedlichen Zeitpunkte über ein variierten Entfernung des Netzwerks zum Erdbeben aufgetragen wurden, Abbildung 5 vergleicht echte Experimente im Testsystem mit ns-3-Simulation.



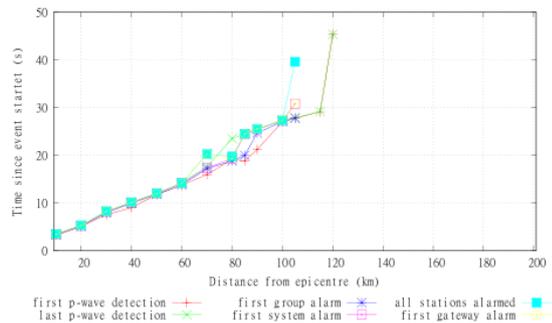
(a) Set 74



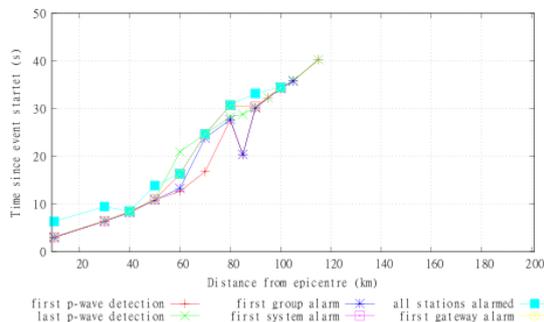
(b) Set 75



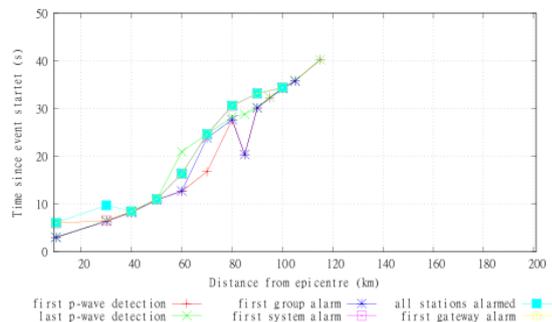
(c) Set 78



(d) Set 79



(e) Set 80



(f) Set 81

Abbildung 4: Distanz-Reaktions-Diagramme mehrerer Experimentreihen im Adlershofer Testsystem

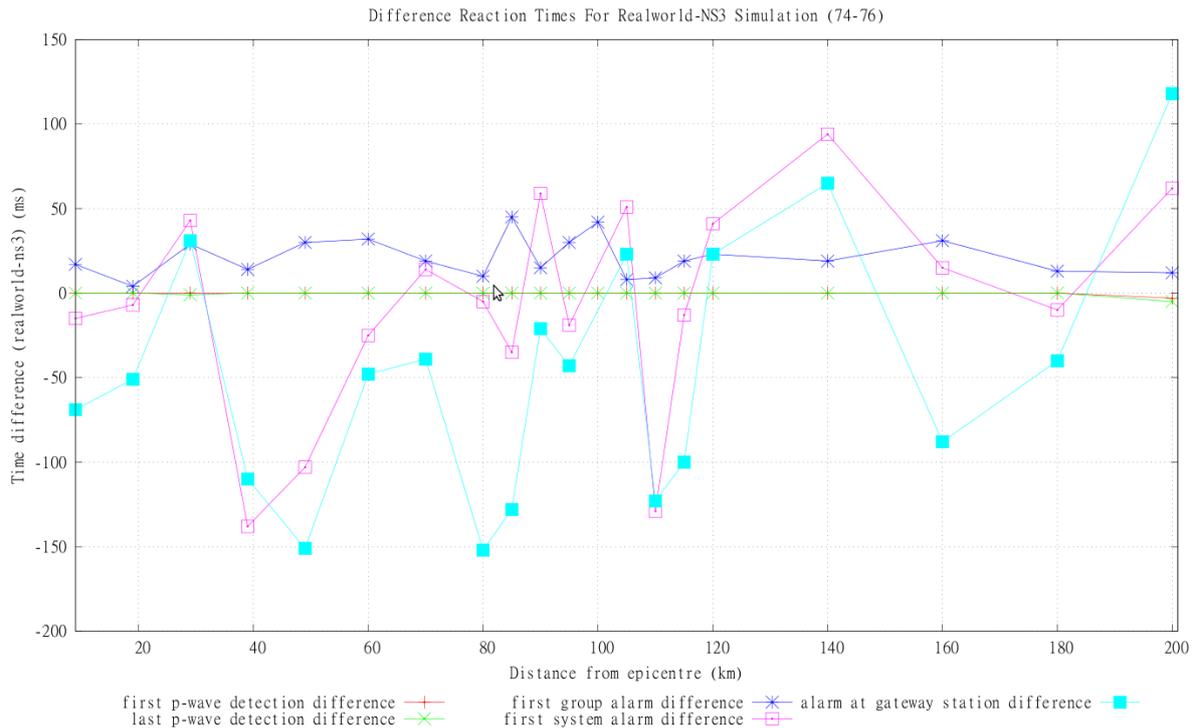


Abbildung 5: Vergleich von simulierten Experimenten in ns3 und echten Experimenten im Testsystem als Differenzendiagramm

Insgesamt ist erkennbar dass die Zeiten im Mittel zugunsten der ns3-Simulationen ausgefallen sind. Auch wenn dies auf Grund der geringen Stichprobenmenge nur unter Vorbehalt geschieht, lässt sich dennoch sagen, dass die ns3-Experimente im Durchschnitt kürzere Reaktionszeiten liefern. Dies ist auch zu erwarten, da die Simulation viele störende Effekte wie externe Einflüsse der Umgebung vom Wetter bis zur Mikromobilität von Objekten und daraus resultierende Störungen des Funkkanals nicht ausreichend modelliert. Auch herrschte zwischen den Experimenten eine hohe Varianz. Letztendlich aber können benötigte Vorwarnzeiten erreicht werden und die Differenz zwischen Simulation und realem Testsystem sind gegenüber der maximal möglichen Vorwarnzeit klein (im Istanbul Fall beträgt diese ca. 5-10 Sekunden). Eine Verbesserung der Modelle in der Simulation wird hierbei erst durch den ständigen Vergleich mit dem permanenten Testsystem ermöglicht, was dann wiederum Simulationen für viel größere Netzwerke erlaubt, die momentan noch nicht in der echten Welt realisiert werden können.

ad e) Entwicklung eines Demonstrationssystems inkl. Frühwarnsignal

Schon während des EDIM-Projektes zeigt sich, dass ein entferntes Testsystem, wie es derzeit in Istanbul im Rahmen des EDIM-Projekts installiert wurde, für die ständige Weiterentwicklung eher hinderlich ist. Auch wenn es von Anfang an händisch möglich war

(und später komfortabler mit Hilfe des in C beschriebenen Werkzeugs) Software-Updates zu installieren musste zwischen kritischen und nicht-kritischen Updates unterschieden werden. Nicht-kritische Updates, wie z.B. das Alarmierungsprotokoll betreffend, das aus Sicht des Betriebssystems eine einfache Anwendung ist (siehe Abschnitt D) können ohne Bedenken durchgeführt werden. Kritische Updates, die z.B. Teile des Betriebssystems oder die WLAN-Treiber betreffend können allerdings selbst mit vorangegangenen ausgiebigen Test aufgrund unvorhergesehener Umstände im schlimmsten Fall zu einem unerreichbaren Knoten führen. Da das in Istanbul installierte Testsystem des EDIM-Projekts gleichzeitig Daten für den Projektpartner vom GFZ lieferte und eine manuelle Wartung vor Ort nur sehr schwierig möglich waren, entstand früh der Wunsch, ein permanentes Testsystem in Adlershof für die Forschung und Entwicklung aufzubauen. Dies wurde durch die Serienproduktion der SOSEWIN-2-Knoten durch DResearch ermöglicht und im Rahmen des Projekts vorangetrieben. Abbildung 6 zeigt eine Karte vom Adlershofer Campus und dem aufgebauten Testsystem, dass durch die Kombination mit dem bereits existierenden Indoor-Testbeds jetzt schon auf über 100 Knoten kommt und damit eines der größten Testbeds weltweit ist.

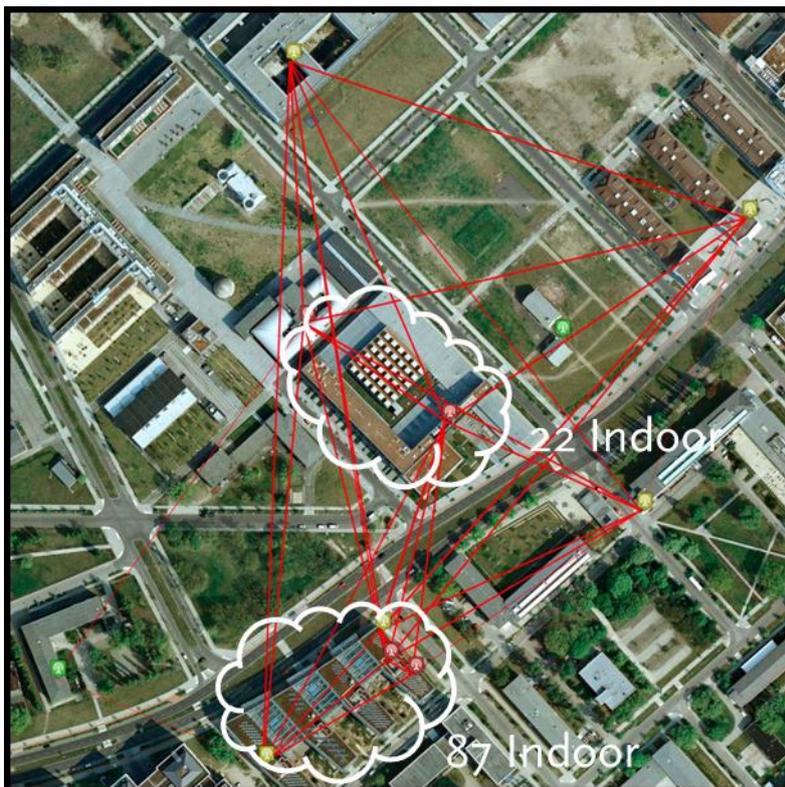


Abbildung 6: Übersicht des Testsystems auf dem Adlershofer Campus. Eingezeichnet sind nur die SOSEWIN-2-Outdoor-Knoten, Indoor-Knoten wurden nur in Zahlen in den Wolken angegeben.



Abbildung 7: Aufbau eines SOSEWIN-2 Knotens auf dem Dach der Geographie der Humboldt-Universität zu Berlin an einem existierenden Mast für Wettermessungen.

Abbildung 8 visualisiert die Abdeckung des Testsystems in Adlershof an verschiedenen Orten. Abbildung 9 zeigt die unterschiedlichen Paketübertragungserfolgsraten zwischen den installierten Knoten. Zu erkennen sind Link-Asymmetrien, die im Vergleich zum reinen Indoor-Testbed wie erwartet geringer ausfallen da mehr direkte Sichtverbindungen bestehen. Weiterhin gibt es viele Links die nur mittelmäßige Raten erlauben. Dies wäre in einem echten Produktivsystem wenig wünschenswert, ist aber der Normalfall in städtischen Umgebungen mit vielen anderen WLAN-Nutzern, und gerade für die Forschung eine wichtige Herausforderung mit der umgegangen werden muss.

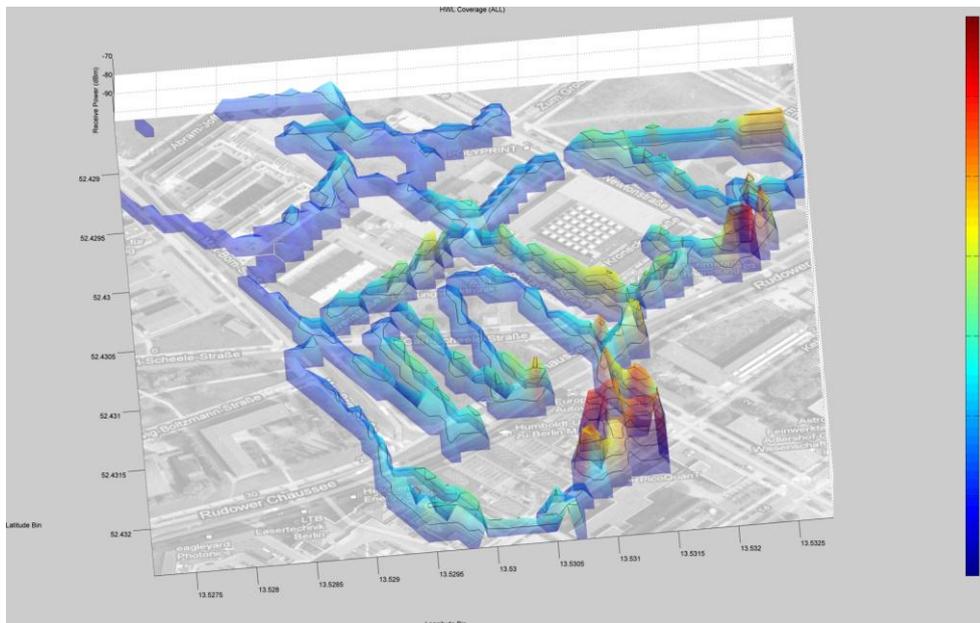


Abbildung 8: Signalstärke des jeweils am stärksten empfangbaren Knotens an verschiedenen Orten des Adlershofer Campus.

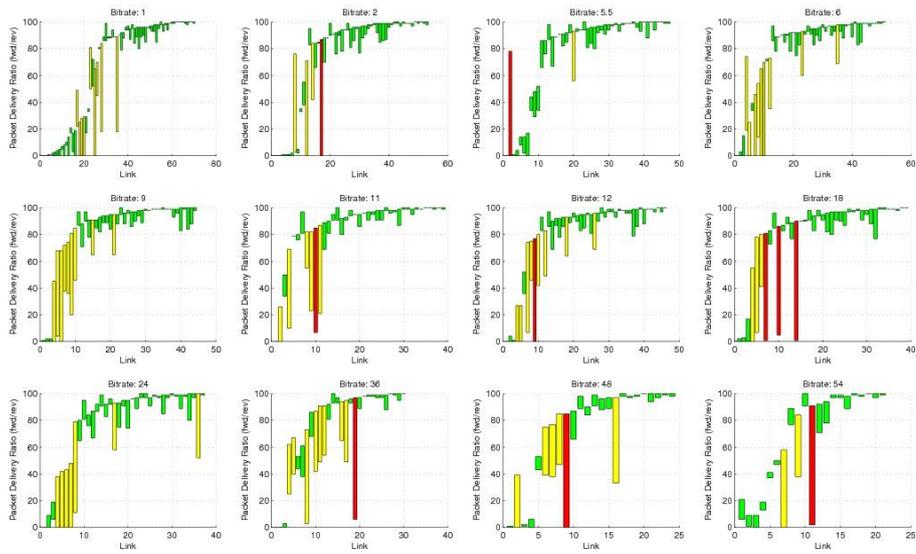


Abbildung 9: Paketerfolgsraten zwischen den auf den Dächern da Humboldt-Universität installierten SOSEWIN-2 Netzwerkknoten (gemessen bei einer Senderate von 1 Hz über 200 Sekunden mit jeder möglichen Rate auf Kanal 13).

Weitere Messergebnisse sowie der Fortschritt vom Aufbau des Testbeds können unter <http://hwil.hu-berlin.de/> abgerufen werden.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Mittel wurden ausschließlich für Personal ausgegeben, es wurde eine Vollzeitstelle für vier Monate und zwei studentische Hilfskräfte für je drei Monate finanziert, was auch im zahlenmäßigen Nachweis dokumentiert ist.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Strukturierung der Arbeiten war mit den Projektpartnern abgesprochen und wohl überlegt; die Arbeitsschritte erwiesen sich als notwendig, der zeitliche Rahmen war allerdings hierfür zu knapp angesetzt, angesetzte Modifikationen des Programms erwiesen sich als konstruktiv im Sinne des ursprünglichen Vorhabens.

Dies stellte insbesondere sicher, dass die Humboldt-Universität rechtzeitig mit einer größeren Anzahl von SOSEWIN-2-Knoten versorgt werden konnten, was den Aufbau des permanenten Testsystems in Adlershof ermöglichte.

4. Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

SOSEWIN-2 bzw. SOSEWIN2a wird schon jetzt von diversen Forschungseinrichtungen, unter anderem natürlich der Humboldt-Universität und dem GFZ Potsdam selbst, zu unterschiedlichen Forschungszwecken eingesetzt.

Die Entwicklung von SOSEWIN im EDIM-Projekt profitierte dabei von der Entwicklung von Basistechnologien im interdisziplinären DFG-Graduiertenkollegs METRIK, das im Oktober 2010 in seine zweite Förderperiode startete. Umgekehrt starten gerade neue Forschungsarbeiten, die auf der Technologie von SOSEWIN basieren und das nun installierte Testsystem in Adlershof als reale Testumgebung zur Evaluation nutzen werden.

Wir gehen davon aus, dass auch die zukünftige Lösung bzw. Komponenten der Lösung, die über den Projektzeitraum hinaus in Zusammenarbeit mit DResearch hergestellt werden zunächst vorrangig im Rahmen von Forschungsprojekten durch Forschungseinrichtungen eingesetzt werden. Es signalisierten bereits mehrere forschungsnahe Einrichtungen ihr Interesse an den überarbeiteten SOSEWIN-2-Knoten bzw. an Knoten der neuen Generation, so Einrichtungen aus der Türkei (Istanbul), aus Spanien und Kyrgyzstan (Bishkek) und weitere ausländischer Partner aus dem Wissenschaftsbereich, bei denen kurzfristig Bedarf an Sensor-Knoten entstehen wird. DResearch hat damit begonnen, für die Vermarktung der im Forschungsbereich Informations- und Dokumentationsmaterial zu erstellen. Es gibt auch erste Interessenbekundungen an der Lösung gegenüber dem GFZ aus der Wirtschaft.

Weitere Bemühungen zur wirtschaftlichen Verwertung werden von DResearch selbstständig durchgeführt.

5. Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während der sehr kurzen Projektlaufzeit von 4 Monaten sind keine signifikanten Fortschritte auf dem Arbeitsgebiet an anderen Stellen bekannt geworden.

6. Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr.11.

J. Fischer, J.-P. Redlich, J. Zschau, C. Milkereit, M. Picozzi, K. Fleming, B. Lichtblau, F. Kühnlenz, M. Brumbulli, I. Eveslage: Ein Erdbebenfrühwarnsystem für Istanbul, Konferenzband, VDE Kongress 2010, Leipzig, P. 382ff

J. Fischer, J.-P. Redlich, J. Zschau, C. Milkereit, M. Picozzi, B. Lichtblau, I. Eveslage: Erdbebenfrühwarnsystem für Istanbul, electrosuisse Bulletin, 04/2011, P. 35ff

A. Blunk, M. Brumbulli, I. Eveslage, J. Fischer: Modeling Real-Time Applications for Wireless Sensor Networks Using Standardized Techniques, Konferenzband, SIMULTECH 2011 - International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications, akzeptiert, noch nicht veröffentlicht

J. Fischer, J.-P. Redlich, J. Zschau, C. Milkereit, M. Picozzi, K. Fleming, B. Lichtblau, M. Brumbulli, I. Eveslage: A Wireless Mesh Sensing Network for Early Warning, Journal of Network and Computer Applications, akzeptiert, noch nicht veröffentlicht

J. Fischer: Selbstorganisierende Netzwerke fürs Katastrophenmanagement, HU Wissen, Mai 2011