



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminar / Ringvorlesung

Arno Davids

Ad-hoc Sensornetzwerk zur Gebäudeüberwachung
und Navigationsunterstützung

Inhaltsverzeichnis

| | |
|------------------------------------------|----|
| 1 Einleitung..... | 3 |
| 1.1 Das Szenario..... | 3 |
| 1.2 Motivation..... | 4 |
| 2 Grundlagen..... | 5 |
| 2.1 Sensornetz..... | 5 |
| 2.2 TelosB-Mote als Sensorplattform..... | 6 |
| 3 Projekt..... | 6 |
| 4 Master-Thesis..... | 8 |
| 4.1 Entwurf..... | 8 |
| 4.2 Entwicklungsziele..... | 10 |
| 4.3 Systemarchitektur..... | 10 |
| 4.4 Realisierung..... | 11 |
| 4.5 Risiken..... | 12 |
| 5 Abbildungsverzeichnis..... | 13 |
| 6 Literaturverzeichnis..... | 14 |

1 Einleitung

In dieser Ausarbeitung sollen meine Ideen und Ansätze für die Erstellung der Masterarbeit präsentiert und erläutert werden. Die Grundlage bilden die bisherigen Arbeiten und Berichte des letzten Semesters in Anwendungen 1, sowie die in diesem Semester erzielten Erkenntnisse aus Anwendungen 2 und dem Projekt.

1.1 Das Szenario

Die Motivation für diese Arbeit soll anhand eines Szenarios, das allerdings starken Bezug zur Realität besitzt, definiert werden. In dem Szenario wird von einem Disaster auf einer großen und komplexen Anlage wie beispielsweise auf einem Flughafen (z.B. dem Frankfurter Flughafen) oder einer großen chemischen Fabrikationsanlage ausgegangen. Es soll hierbei angenommen, dass es zu einem oder mehreren Bränden kommt, durch die auch Gebäude auf Gelände betroffen sind. Innerhalb dieses Szenarios, ist die Brandbekämpfung weitaus schwieriger zu organisieren und durchzuführen, wie z.B. bei einem „alltäglichen“ Einsatz im Rahmen eines Verkehrsunfalls im offenen Gelände.

Disaster in großen Gebäudekomplexen sind für Feuerwehrleute besonders gefährlich, da innerhalb eines solchen Gebäudes noch zusätzliche Gefahren und Probleme auftreten können, die bei einem Einsatz im Freien nicht so sehr zum Tragen kommen. Da es sich in dem angenommenen Szenario um Einrichtungen handelt, die in der Regel über eine Werksfeuerwehr verfügen, soll dieses als gegeben voraus-

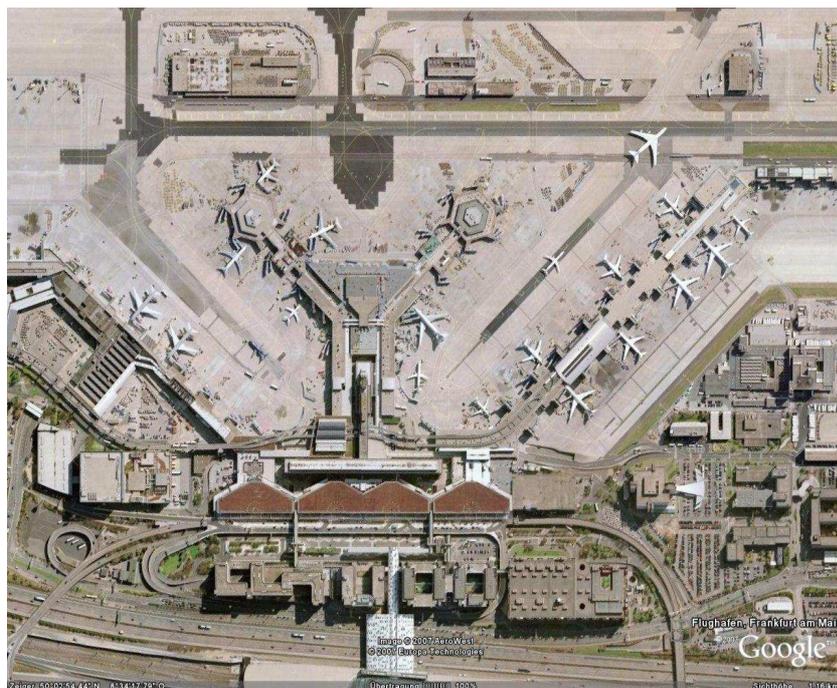


Abbildung 1: Frankfurter Flughafen [Google Earth]

gesetzt werden. Dies ist auch insofern wichtig, da Werksfeuerwehren über westlich mehr Geld verfügen und auch technisch besser ausgestattet sind, so dass hier das Interesse an evtl. aufwendigen technischen Lösungen größer ist und ihr Einsatz auch in Zusammenhang mit den besonderen Gefahren und dem hohem wirtschaftlichen Schaden, der durch ein Unglück auf einem für dieses Szenario zu Grunde gelegten Einrichtungen entstehen würde, besonders sinnvoll wäre.

1.2 Motivation

Innerhalb des definierten Szenarios soll es Ziel dieses Projekts sein, die Feuerwehrkräfte bei ihrer gefährlichen und schwierigen Arbeit zu unterstützen. So soll eines der Hauptziele sein, den Feuerwehrkräfte vor Ort, aber auch insbesondere den Einsatzleitern in der Leitstelle, zusätzliche Informationen und Daten zur Verfügung zu stellen, so dass sich die Brandbekämpfung effektiver planen lässt und Risiken und Gefahren früher erkannt werden können. Es existieren zwar meist Gebäudepläne, es gibt aber kaum aktuelle Daten aus einem durch ein Desaster betroffenen Gebäude. So sind oft keine Informationen über die tatsächliche Ausbreitung eines Feuers bekannt, sei es bezogen auf die betroffenen Räume als genauere Eingrenzungen, die z.B. innerhalb einer großen Empfangshalle nötig sind. Auch die genaueren Temperaturwerte innerhalb eines Gebäudes wären interessant, um Aussagen über den Verlauf und die Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Feuers bzw. über gefährdete Bereiche treffen zu können. Bei Bränden in chemischen Produktionsanlagen ist es von besonderer Bedeutung, genaue Daten über die chemische Zusammensetzung eines Produktionsstoffes und den Lagerort zu kennen, da dies für die Art der Brandbekämpfung entscheidend ist. Diese Beispiele zeigen, dass es notwendig ist, so viele Informationen wie möglich über den Einsatzort zu erfassen, um die Brandbekämpfung zu verbessern und die Risiken für die Rettungskräfte zu minimieren.

Ein weiteres Problem für die Rettungskräfte sind enge und verwinkelte oder auch unübersichtliche Bereiche innerhalb von Gebäuden. Dadurch wird ihnen zum einen die Arbeit erschwert, viel gefährlicher ist es zum anderen allerdings, dass die Feuerwehrleute sich dadurch leicht verirren können und die Orientierung verlieren. Damit ist es für sie dann sehr schwer wieder einen Weg aus dem Gebäude heraus zu finden. Insbesondere, da sie sich nur eine sehr begrenzte Zeit in dem Gebäude aufhalten dürfen, beispielsweise auf Grund der ihnen zur Verfügung stehenden Pressatemluft. Diese Gefahr kann durch die Sichtbehinderung, die durch Rauch entsteht, noch verstärkt werden.

Ein weiteres Ziel soll es sein, durch den Einsatz von technischen Hilfsmitteln die Risiken für die Brandbekämpfer vor Ort zu minimieren, ihre Arbeit zu erleichtern und ihnen die Möglichkeit zu geben, sich stärker auf die eigentliche Brandbekämpfung zu konzentrieren. Es muss allerdings sichergestellt sein, dass die in diesen Projekt entwickelten Hilfsmittel möglichst intuitiv zu bedienen sind und die Feuerwehrleute, so wenig wie möglich abgelenkt werden.

Zu den genannten und der Vielzahl von weiteren hier nicht genannten Gefahren, denen die Feuerwehrleute bei einem Einsatz ausgesetzt sind kommt hinzu, dass sie unter einem hohen Stressfaktor verbunden mit einer starken körperlichen Anstrengung, ausgelöst durch die anstrengende Arbeit mit schwerer Ausrüstung, stehen. Dies trifft auch für Werksfeuerwehrleute zu, obwohl sie in der Regel über mehr Training verfügen. Sie haben allerdings auch sehr selten reale Brände zu bekämpfen, so dass der Stress für die Feuerwehrkräfte in dieser Situation besonders hoch ist.

Ziel muss es also sein möglich früh so viele Informationen wie möglich zu erfassen und zur Verfügung zu stellen, so dass die Rettungskräfte sich auf ihre eigentliche Arbeit konzentrieren und besser geschützt werden können und die Brandbekämpfung effektiver und schneller geschehen kann. Die Datengewinnung kann durch die Brandbekämpfer vor Ort geschehen, beispielsweise indem Personen den Umfang des Brandes augenscheinlich erfassen. Viel präziser und ungefährlicher für die Retter ist es jedoch die Daten durch Sensoren zu erfassen, die die gewünschten Informationen sammeln und

diese an eine zentrale Leitstelle in sicherer Entfernung weiterleiten. Dort können sie dann ausgewertet werden und es kann entsprechend reagiert werden.

Meine Aufgabe in diesem Szenario ist es, die für die Brandbekämpfung wichtigen Daten innerhalb eines Gebäudes zu erfassen und den Einsatzleitern in der Leitstelle zur Verfügung zu stellen. Des Weiteren sollen die Feuerwehrleute bei ihrer Arbeit unterstützt und entlastet werden.

2 Grundlagen

Die Datenerfassung und Überwachung eines Gebäudes lässt sich am effektivsten durch Sensoren realisieren, die automatisch die geforderten Daten erfassen und diese am besten drahtlos an eine Datensinke senden. Die drahtlose Kommunikation hat den großen Vorteil, dass so die Sensoren auch noch nachträglich in bereits bestehende Gebäude installiert werden können, ohne aufwendig und teuer Kabel verlegen zu müssen.

2.1 Sensornetz

An den Betrieb eines Sensornetzes, in dem vorliegenden Szenario, sind einige grundlegende Anforderungen zu stellen. Die verschiedenen Sensoren, die für die Erfassung der genannten Daten nötig sind, müssen in einem gemeinsamen und dynamischen Sensornetz miteinander kommunizieren. Die wichtigsten Anforderungen lauten:

- Dynamisches drahtloses Ad-hoc Netzwerk
- Tolerant gegenüber Knotenausfall
- Große Knotenanzahl möglich
- Normalbetrieb: wenig Aktivität / lange Schlafphasen
- Im Brandfall: erhöhte Aktivität
- Knoten haben nur begrenzte Rechenleistung
- Knoten haben nur begrenzte Energiereserven

Die genannten Anforderungen sollen mit Hilfe eines drahtlosen Sensornetzes (Wireless Sensor Network) realisiert werden. Für den Aufbau eines solchen Netzwerks stehen verschiedene Plattformen und Systeme zur Verfügung, deren Vor- und Nachteile in dieser Arbeit nicht erörtert werden können. Hierzu sei auf die Ausarbeitung des Projekts verwiesen, in der die unterschiedlichen Plattformen vorgestellt werden.

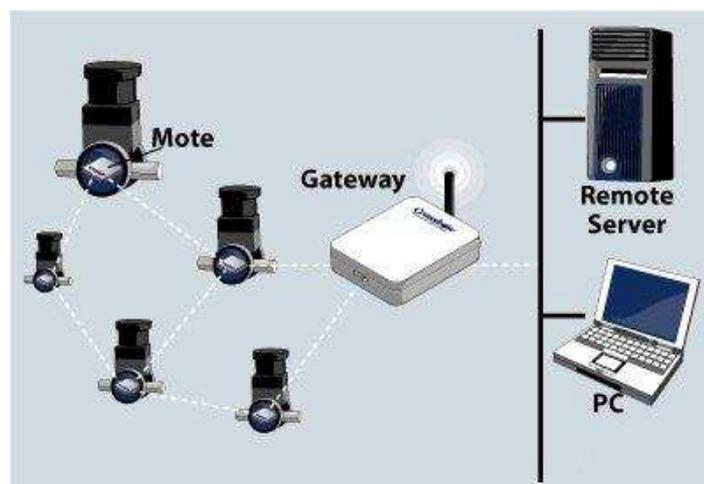


Abbildung 2: Möglicher Aufbau einer Sensornetzwerk-Architektur

2.2 TelosB-Mote als Sensorplattform

Für die Realisierung des Sensornetzwerkes habe ich Sensorknoten der Firma Crossbow¹ ausgewählt. Unter mehreren, von dieser Firma vertriebenen Sensorplattformen, habe ich mich für die TelosB-Mote (siehe Abbildung 3) entschieden. Bei den so genannten Motes handelt es sich um kleine Sensorknoten, die an der University of California in Berkeley² in Zusammenarbeit mit den Firmen Crossbow und Moteiv³ entwickelt wurden. Auf den TelosB-Mote sind ein Microcontroller, eine Funkübertragungseinheit, ein Flash-Speicher, in dem Daten z.B. für spätere Auswertungen abgelegt werden können, und ein Temperatur-, Feuchtigkeits- und Helligkeitssensor, als Hauptbestandteile enthalten (vgl. [Polastre-04b] und [Polastre-05]).



Abbildung 3: TelosB-Mote

Mit Hilfe dieser Sensorknoten kann ein drahtloses Sensornetzwerk aufgebaut werden. Die Sensoren können untereinander Daten austauschen und ihre Werte an eine Basisstation (Gateway) senden. Über die Basisstation kann dann die Übertragung und Verarbeitung der Daten an einem PC erfolgen (siehe Abbildung 2).

Die Sensorknoten werden mit Hilfe des ebenfalls an der UC Berkeley entwickelten Open-Source Betriebssystem für Motes – TinyOS – programmiert (vgl. [Hill-00] und [Gay-05]). TinyOS unterstützt dabei nicht nur alle Berkeley Motes, sondern viele weitere Sensorplattformen. TinyOS wurde speziell für Motes entwickelt und eines der Desingziele war es, möglichst wenig der begrenzten Ressourcen der Motes, sowohl in Bezug auf die Hardwareausstattung (Programmspeicher, Arbeitsspeicher, Prozessor, etc.) als auch auf den Energiebedarf, zu beanspruchen. TinyOS, das aus einzelnen Komponenten aufgebaut ist, die verschiedene Funktionen realisieren, ist, obwohl es sich so nennt, kein Betriebssystem im eigentlichen Sinn. Es findet eine enge Verzahnung von Anwendungen, die von Benutzer geschrieben werden, und den TinyOS-Komponenten statt. Dabei werden nur die Betriebssystem-Komponenten, die für die jeweilige Anwendung benötigt werden, gemeinsam kompiliert und auf die Motes übertragen. Die Anwendungen für die Motes werden in nesC, eine an C angelehnte Sprache, die speziell für Embedded-Systeme entwickelt wurde, programmiert [Gay-03]. Auf weitere Details, des Aufbaus von TinyOS, soll hier jedoch nicht eingegangen werden. Dafür sei wiederum auf die Projekt-Ausarbeitung verwiesen.

3 Projekt

In diesem Abschnitt möchte ich kurz schildern, was ich mir im Projekt vorgenommen und dort realisiert habe, da die Masterarbeit auf dem Projekt aufbauen soll. Ziel war es,

1 Crossbow Technology Inc. - <http://www.xbow.com/>

2 University of California at Berkeley - <http://www.berkeley.edu/>

3 Moteiv Corporation - <http://www.moteiv.com/>

ein stationäres Ad-hoc Sensornetzes in einem Gebäude aufzubauen, um die Rettungskräfte im Gebäude besser zu schützen und dem Leitstand möglichst viele Informationen zur Verfügung zu stellen. Das Sensornetz sollte dazu genutzt werden drahtlos Temperaturwerte in dem Gebäude zu erfassen. Mit Hilfe der Daten sollte ein Brand erkannt und an die Leitstelle gemeldet werden. Des weiteren sollen die Werte im Leitstand mit ihrem Standort angezeigt und dort visualisiert werden, um dort eine bessere Übersicht über das Geschehen in dem Gebäude zu bekommen.

Für die Realisierung standen insgesamt fünf TelosB-Motes zur Verfügung. Davon wurde eine als Empfänger und damit als Schnittstelle zum PC genutzt und die restlichen vier konnten als Messstationen genutzt werden. Zu Beginn stand die Inbetriebnahme der Sensorhardware. Es musste eine Anwendung in TinyOS zur Kommunikation der Motes untereinander und zur Nutzung des Temperatursensors der Motes entwickelt werden. Für die Schnittstelle zum PC konnte eine bereits vorhandenes Anwendung genutzt werden, die wiederum eine Java Schnittstelle bietet, um die reinen Byte-Werte der Motes-Nachrichten zu interpretieren und zu nutzen.

Damit bot sich die Nutzung von Java für die Entwicklung einer Anwendung zur Auswertung und Verarbeitung der Sensordaten an (in Abbildung 4 ist einen Teil der Applikation zu sehen). Die Kommunikation zum Leitstand, der von Andreas Piening bearbeitet wurde, wurde mittels Web-Services realisierte. Des weiteren wurde noch ein Location-Server von mir entwickelt, über den die Abfrage und Zuordnung der Knotenposition der Sensorknoten innerhalb den einzelnen Räumen des Gebäudes möglich ist.

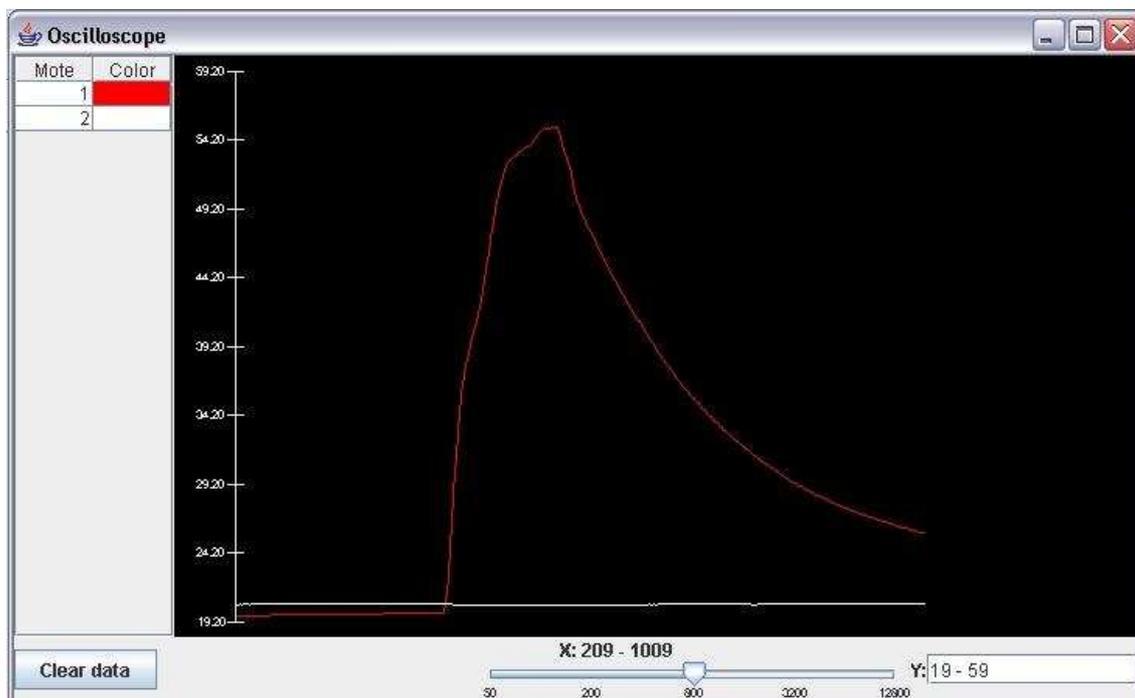


Abbildung 4: Visualisierung der Sensorwerte zweier Motes

4 Master-Thesis

4.1 Entwurf

Die Masterarbeit soll auf den bestehenden Arbeiten aus dem Projekt aufbauen und diese erweitern. So soll das Konzept um die folgenden Metaphern/Ideen ergänzt werden, die dann in Folgenden noch genauer erläutert werden sollen:

- Die Feuerwehrleute werden Teil des Sensornetzes
- Feuerwehrleute können zusätzliche Sensoren „ausstreuen“
- Sensorknoten können weitere Sensoren „ausstreuen“

Durch den ersten Punkt wird die Idee verfolgt, dass die bisherige Überwachung und Datenerfassung innerhalb eines Gebäudes auch auf die sich im Gebäude im Einsatz befindenden Feuerwehrkräfte ausgedehnt wird. Jeder Feuerwehrmann soll Teil des Sensornetzes werden, solange er sich innerhalb des mit festen Sensoren ausgestatteten Gebäudes befindet. Dadurch werden viele Vorteile erzielt, die sowohl der Leitstelle, als auch den Feuerwehrkräfte zu gute kommen.

Es kann mit Hilfe der fest im Gebäude installiert Sensoren, dessen Position wie bereits geschildert, bekannt ist, eine relative Position zu den festen Sensoren im Umkreis bestimmt werden. Somit kann in der Leitstelle die Position der Feuerwehrkräfte innerhalb des Gebäudes dargestellt werden. Der Leitstand erhält einen besseren Überblick über die Zahl und den genauen Ort der eingesetzten Feuerwehrmänner und kann so gegebenenfalls weitere Rettungskräfte an einen besonders gefährdeten Ort entsenden oder zusätzlichen Einsatzwagen anfordern, falls eine Überlastung der bisher eingesetzten Kräfte erkennbar wird, ohne auf eine Anforderung der lokalen Leiter vor Ort zu warten. Außerdem erhöht eine visuelle Darstellung die Übersicht und kann Systeme ersetzen in denen diese Übersicht bisher manuell durch die Einsatzleitung erstellt wird.

Dadurch, dass sich am Feuerwehrmann ein Sensorknoten befindet, kann er auch mit unterschiedlichen Sensoren, die z.B. seine Vitaldaten überwachen, ausgestattet werden. Damit kann in der Leitstelle erkannt werden, wenn sich der Feuerwehrmann in einem zu heißen Bereich aufhält. Weiterhin wäre es denkbar z.B. die noch vorhandene Pressatemluft an die Leitstelle zu übertragen. Wird im Leitstand eine Gefährdung erkannt, können die Rettungskräfte zurückgezogen oder ausgetauscht werden. Hierdurch ergibt sich somit wiederum ein besser Überblick über die tatsächliche Beanspruchung der Kräfte, darüber hinaus wird auch die Sicherheit der eingesetzten Feuerwehrleute erhöht.

Des weiteren kann das Sensornetz genutzt werden, um zusätzliche Daten wie beispielsweise Bilder über des Sensornetz zu übertragen. Dies wäre nicht nur in Richtung vom Feuerwehrmann zum Leitstand möglich, sondern auch in umgekehrter Richtung. So könnte sich am Helm des Feuerwehrmanns eine Kamera befinden, die in einem festen Intervall oder auch durch den Feuerwehrmann ausgelöst, Bilder macht, die an die Einsatzzentrale übertragen werden. Umkehrt könnten aber auch Bilder von der Leitstelle an einen Feuerwehrmann übermittelt werden, die auf einem Head-Mounted-Display dargestellt, dem Feuerwehrmann zeigen, welches Ventil er schließen muss.

Der zweite Ansatz, das Ausbringen von zusätzlichen Sensorknoten durch Feuerwehrleute, dient in erster Linie dazu, die Sicherheit der Rettungskräfte im Gebäude zu erhöhen. Es werden, beispielsweise durch einen kleinen Behälter auf dem Rücken der Feuerwehrmänner, in automatisch regelmäßigen Abständen Sensorknoten ausgelegt, so dass eine Sensorkette vom Eingang des Gebäudes bis zur aktuellen Position des Feuerwehrmannes entsteht.

Die Feuerwehrkräfte im Gebäude werden dadurch besser in das Sensornetz eingebunden, da durch die ausgelegte Sensorkette mehr Verbindungsmöglichkeiten zum bestehenden Sensornetz aus den stationären Knoten bestehen. Durch die höhere Knotendichte kann auch der Ausfall von stationären Knoten besser kompensiert werden. Außerdem können die ausgelegten Sensorknoten mit weiteren Sensoren ausgestattet werden, um so ein besseres Monitoring der Umgebung des Feuerwehrmannes durchführen zu können.

Eine weitere wesentliche Anwendungsmöglichkeit der ausgelegten Sensorkette ist es, dass diese genutzt werden kann, um einen Rückweg aus dem Gebäude zu bestimmen. Besonders Feuerwehrleuten, die sich im Gebäude verirrt haben, kann anhand der umgekehrten Reihenfolge seiner ausgelegten Sensoren eine Fluchtmöglichkeit aus dem Gebäude gegeben werden. Es soll somit über die Sensorknoten eine Route ermittelt und darüber navigiert werden. Diese Route kann dem Feuerwehrmann z.B. durch Richtungspfeile auf einem Head-Mounted-Display angezeigt werden. Alternativ wäre es aber auch möglich, sie ihm über sein Sprechfunkgerät akustisch mitzuteilen. Die Sensorkette kann somit als Ergänzung bzw. als Ersatz für die bisher bei der Feuerwehr genutzte Lifeline dienen. Die bisherige Lifeline besteht aus einem Drahtseil, das der Feuerwehrmann beim betreten des Gebäudes hinter sich herzieht und damit bei der Rückkehr seine Hinweg wieder zurückverfolgen kann. Diese Lifeline hat aber den Nachteil, dass beim Rückzug Pfeiler auf dem selben Weg wieder umrundet werden müssen. Außerdem kann ein Teil des Weges eingestürzt sein und die Lifeline damit nutzlos werden. Dieses Problem würde zwar auch bei der gerade beschriebenen Sensorkette teilweise auftreten, jedoch könnte der Feuerwehrmann sich selbstständig eine alternative Route um das Hindernis herum suchen und dann wieder der alten Route folgen, die ihm angezeigt wird.

Eine weitere Möglichkeit wäre es, auch die Sensorketten, die von anderen Feuerwehrleuten ausgelegt wurden, mit in die Routenbestimmung einzubeziehen. Dadurch könnte, wenn die Route eines Feuerwehrmannes blockiert ist, eine neue Route über die Sensorknoten anderer Feuerwehrmänner bestimmt werden. Dies wäre dann möglich, wenn zwei Routen sehr nahe beieinander liegen oder sich kreuzen würden.

Der dritte Punkt, die Ausbringung von Sensorknoten durch bereits vorhandene Knoten, verfolgt die Idee, dass ein bestimmtes Gebiet dadurch noch genauer überwacht werden kann. Durch einzelne zentrale Sensorknoten könnten im Brandfall Sensoren ausgestreut werden. Dies hat den Vorteil, dass besonders wichtige Bereiche, in denen beispielsweise Explosivstoffe lagern, noch präziser überwacht werden können. Außerdem hätte man durch dieses Vorgehen die Möglichkeit, ein Gebäude nur mit wenigen zentralen Sensorknoten auszustatten und damit nur eine geringe Sensordichte vorzuhalten, da bei einem Brand durch diese Sensorknoten weitere Sensoren ausgestreut werden können, um das betroffene Gebiet dann besser überwachen zu können.

4.2 Entwicklungsziele

Für die Realisierung, der im vorherigen Abschnitt genannten Punkte, sollen einige Entwicklungsziele definiert werden. So sollen die Arbeiten aus dem Projekt erweitert werden, um die Entwurfsideen umzusetzen.

Zum Beginn soll das bisherige System, bestehend aus den stationären Sensorknoten ergänzt werden um mobile Sensoren, die sich innerhalb der fest installierten Knoten mit bekannter Position, bewegen. Diese sollen sich nahtlos in das bestehende System integrieren. Als nächstes kann die Ermittlung der Position der mobilen Sensorknoten im Raum erfolgen. Auf die Möglichkeiten, die zur Ortsbestimmung genutzt werden können, soll im nächsten Abschnitt genauer eingegangen werden.

Im nächsten Schritt kann mit der Navigation innerhalb des Sensornetzes begonnen werden. Zunächst soll wie bereits geschildert, eine Route, in umgekehrter Reihenfolge über die von einem Feuerwehrmann ausgelegten Sensorknoten, bestimmt werden. Hierzu wird die Position der Sensorknoten im Raum benötigt. In diesem Schritt kann nun auch überlegt werden, welches der maximale Abstand der Sensorknoten der Kette untereinander sein soll, so das noch gute Ergebnisse bei der Routenbestimmung erzielt werden. In Folgenden sollen dann auch die Routen anderer Feuerwehrkräfte bei der Berechnung mit einbezogen werden. Weiterhin muss die Übermittlung und Anzeige der Route beim Feuerwehrmann erfolgen. Diese kann beispielsweise über einen Richtungspfeil dargestellt auf einem Head-Mounted-Display erfolgen. Es sind aber auch andere Signalisierungsformen denkbar, wie z.B. die Nutzung eines „Active Belt“. Dabei handelt es sich um einen Gürtel, der die Richtung, in die der Träger sich bewegen soll, mit Hilfe mehrerer Vibrationspunkte anzeigt [Tsukada-04].

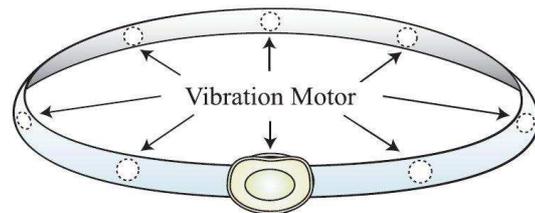


Abbildung 5: Active Belt [Tsukada-04]

Als weiteres Entwicklungsziel ist eine Simulation und Visualisierung des Sensornetzes in einer 3D-Umgebung denkbar. Hierfür wäre eine Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT in Sankt Augustin denkbar, da dort im Rahmen des wearIT@work-Projekts an einer ähnlichen Aufgabenstellung gearbeitet wird.

4.3 Systemarchitektur

Für die Realisierung meiner Masterarbeit soll hier ein erster grober Entwurf einer Systemarchitektur präsentiert werden. Da ich am Beginn der Arbeit stehe, können noch Entwicklungsziele hinzukommen bzw. wegfallen.

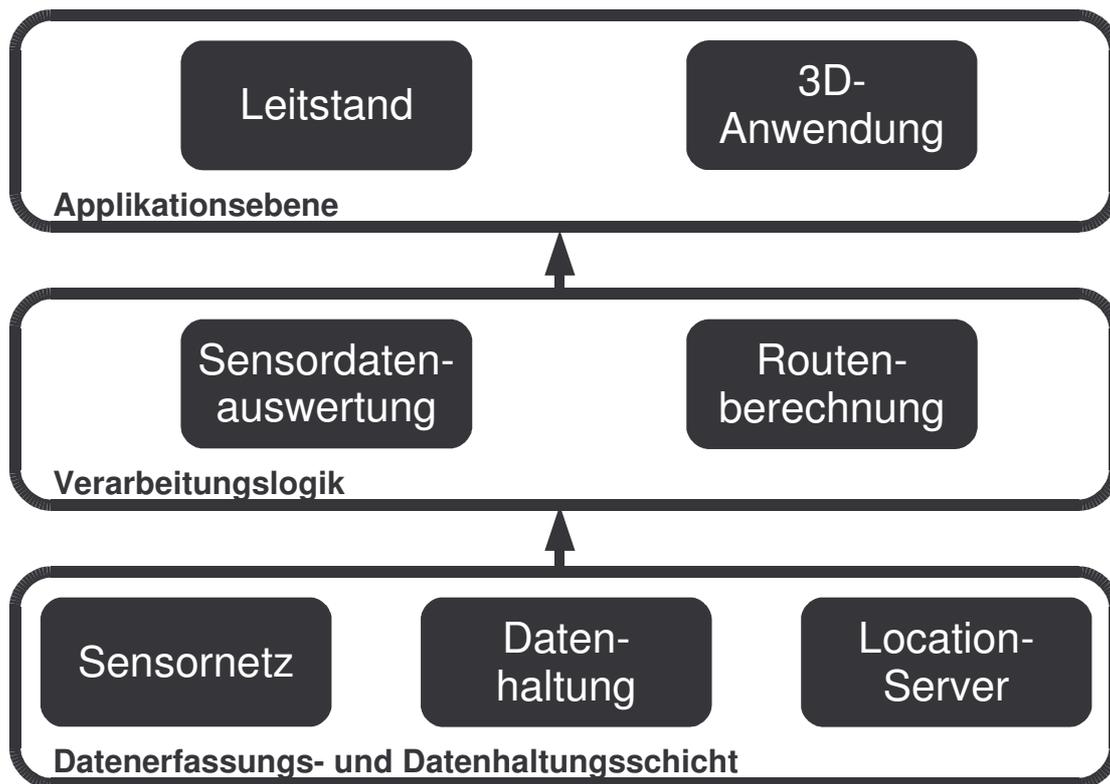


Abbildung 6: Architekturentwurf

4.4 Realisierung

Für die Realisierung der genannten Entwicklungsziele ist der wichtigste Punkt die Positionsbestimmung der Sensorknoten im Raum. Eine genaue Ortsbestimmung ist nötig, um die Position der mobilen Sensorknoten z.B. an einem Feuerwehrmann im Leitstand anzeigen zu können, aber noch viel wichtiger, um Routen zur Navigation innerhalb eines Gebäudes berechnen zu können. Weil es sich jedoch um Sensoren handelt, die sich in einem Gebäude befinden, kann die Ortsbestimmung nicht über GPS erfolgen, sondern es müssen andere Verfahren genutzt werden.

Da es wie bereits erwähnt, stationäre Sensoren gibt, deren Position bekannt ist und mobile Sensoren, von denen die Position bestimmt werden soll, bietet es sich an, die Position der mobilen Sensorknoten, mit Hilfe der stationären Knoten zu bestimmen. Weiterhin muss die Entfernung der Knoten untereinander bekannt sein, um die Position berechnen zu können. Für die Abstandsbestimmung kann die Empfangsstärke empfangener Nachrichten zwischen den Knoten genutzt werden.

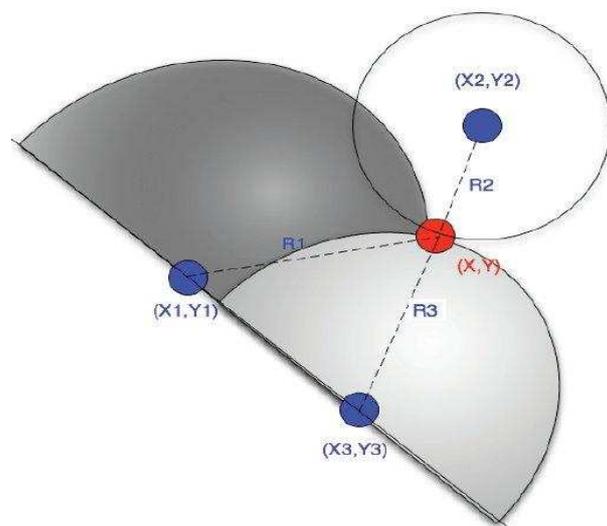


Abbildung 7: Triangulation [Mock-05]

Die Genauigkeit der Positionsberechnung hängt natürlich von der Anzahl der festen Knoten in der Nachbarschaft eines mobilen Knoten ab, wobei Nachbarschaft bedeutet, dass eine Kommunikation zwischen den Sensorknoten möglich ist. So kann die Position, bei nur einem festen Knoten in der Nachbarschaft, nur als ein beliebiger Punkt auf einer Kreisbahn um den stationären Knoten, in Abhängigkeit von der Empfangsstärke, angegeben werden. Bei mindestens drei Knoten mit bekanntem Ort kann die Position eines mobilen Knoten eindeutig berechnet werden. Dieses als Triangulation bezeichnete Verfahren ist in Abbildung 7 dargestellt. In der Praxis bleibt hierbei allerdings abzuwarten, wie genau von der ermittelten Empfangsstärke auf die Entfernung zwischen zwei Knoten geschlossen werden kann und damit wie exakt die berechnete Position ist.

Im Rahmen der Realisierung soll auch an den tatsächlichen Einsatz in einem Gebäude gedacht werden. Um die Sensoren in einem Gebäude einzusetzen, müssten diese mit einem Schutzgehäuse versehen, dort angebracht werden. Hierfür würde es sich anbieten, die Sensorknoten in handelsübliche Rauchmelder zu integrieren. Es könnte dann die in einem Gebäude vorhandenen Rauchmelder durch die Rauchmelder/ Sensorknoten-Kombinationen ersetzt und damit die vorhandenen Plätze genutzt werden. Damit wäre sichergestellt, dass das Gebäude mit einem dichten Netz an Sensorknoten ausgestattet ist.

4.5 Risiken

Bei der Realisierung der Masterarbeit, wie sie hier vorgestellt wurde, bestehen auch einige Risiken. So ist eines der größten Risiken, die sich zum jetzigen Zeitpunkt abschätzen lassen, die Positionsbestimmung der mobilen Sensorknoten. Da ein Großteil der vorgestellten Ideen hierauf beruht, ist es sehr wichtig, dass die Positionsberechnung zuverlässig und genau ist. Bei ungenauer Ortsbestimmung kann beispielsweise, die Routenberechnung zur Navigation nur schwer gelingen. Es ist somit sehr wichtig hier gute Ergebnisse zu erzielen. Allerdings ist auch zu berücksichtigen, dass es z.B. auf einem Flughafen oft große Hallen gibt und damit evtl. auch eine nicht so exakte Position ausreichend ist.

Ein weiteres im Vorfeld bestehendes Problem war es, wie gut und zuverlässig die Hardware, also die Sensorknoten, funktionieren. Hier hat sich jedoch im Projekt gezeigt, dass in diesem Bereich keine größeren Probleme zu erwarten sind.

Ein Risiko könnte auch die Darstellung und Simulation des Sensornetzes mit Hilfe der 3D-Umgebung sein. Da mir auf diesem Gebiet die Erfahrungen fehlen, ist es sehr schwer abzuschätzen wie groß der Aufwand und Zeitbedarf hierfür ist.

Ein weiteres Risiko besteht in der Größe und Anzahl von Gebäuden, wie sie beispielsweise auf dem Frankfurter Flughafen vorhanden sind. So gibt es dort ca. 70.000 Rauchmelder. Würden alle diese Rauchmelder durch Sensorknoten ersetzen, ist die Skalierbarkeit ein Problem, das es zu beachten gilt. Es ist zu berücksichtigen, dass alle Komponenten mit dieser Anzahl umgehen können.

5 Abbildungsverzeichnis

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Frankfurter Flughafen..... | 3 |
| Abbildung 2: Möglicher Aufbau einer Sensornetzwerk-Architektur..... | 5 |
| Abbildung 3: TelosB-Mote..... | 6 |
| Abbildung 4: Visualisierung der Sensorwerte zweier Motes..... | 7 |
| Abbildung 5: Active Belt [Tsukada-04]..... | 10 |
| Abbildung 6: Architekturentwurf..... | 11 |
| Abbildung 7: Triangulation [Mock-05]..... | 11 |

6 Literaturverzeichnis

- [Fischer-05] Fischer, C.: **Entwicklung von ZigBee-Modulen für spontane Funknetzwerke**; Bachelorarbeit an der HAW Hamburg; 2005
- [Gay-03] Gay, D.; Levis, P.; von Behren, R.; Welsh, M.; Brewer, E.; Culler, D.: **The nesC Language: A Holistic Approach to Networked Embedded Systems**; Proceedings of the ACM SIGPLAN 2003 conference on Programming language design and implementation; San Diego, CA, USA; ACM Press; 2003
- [Gay-05] Gay, D.; Levis, P.; Culler, D.: **Software Design Patterns for TinyOS**; Proceedings of the 2005 ACM SIGPLAN/SIGBED conference on Languages, compilers, and tools for embedded systems; Chicago, Illinois, USA; 2005
- [Hill-00] Hill, J.; Szewczyk, R.; Woo, A.; Hollar, S.; Culler, D.; Pister, K.: **System architecture directions for networked sensors**; ACM SIGOPS Operating Systems Review; ACM Press; 2000
- [Jakubowsky-05] Jakubowsky, F.: **MOTEs – Evaluation und exemplarische Anwendung einer neuen Technologie**; Diplomarbeit an der HAW Hamburg; 2005
- [Jones-05] Jones, W.; Holmberg, D.; Davis, W.; Evans, D.; Bushby, S.; Reed, K.: **Workshop to Define Information Needed by Emergency Responders during Building Emergencies**; National Institute of Standards and Technology; 2005
<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire05/PDF/f05017.pdf> (Zugriff: 14.02.2007)
- [Karl-05] H. Karl, A. Willig: **Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks**, John Wiley & Sons; 2005
- [Mock-05] Mock, M.: **Vorlesung „Drahtlose Sensornetzwerke“**; Universität Bonn, Institut für Informatik III; WS 05/06
<http://www.ais.fraunhofer.de/~mock/Sensornetzwerke/> (Zugriff: 14.02.2007)
- [Polastre-04a] Polastre, J.; Hill, J.; Culler, D.: **Versatile low power media access for wireless sensor networks**; Proceedings of the 2nd international conference on Embedded networked sensor systems; Baltimore, MD, USA; ACM Press; 2004

- [Polastre-04b] Polastre, J.; Szewczyk, R.; Sharp, C.; Culler, D.: **The Mote Revolution: Low Power Wireless Sensor Network Devices**; Proceedings of Hot Chips 16: A Symposium on High Performance Chips; 2004
<http://webs.cs.berkeley.edu/papers/hotchips-2004-motes.ppt>
(Zugriff: 14.02.2007)
- [Polastre-05] Polastre, J.; Szewczyk, R.; Culler, D.: **Telos: Enabling Ultra-Low Power Wireless Research**; Proceedings of the 4th international symposium on Information processing in sensor networks; Los Angeles, CA, USA; 2005
- [Tsukada-04] Tsukada, K.; Yasumura, M.: **ActiveBelt: Belt-type Wearable Tactile Display for Directional Navigation**; Proceedings of UbiComp2004, Springer LNCS3205, pp.384-399; 2004
- [van Dam-03] van Dam, T.; Langendoen, K.: **An Adaptive Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks**; Proceedings of the 1st international conference on Embedded networked sensor systems; Los Angeles, CA, USA; ACM Press; 2003
- [Wermke-05] Wermke, M.: **Entwicklung eines kostengünstigen Sensornetzwerkes für Monitoring Aufgaben**; Diplomarbeit an der HAW Hamburg; 2005
- [Woo-01] Woo, A.; Culler, D.: **A transmission control scheme for media access in sensor networks**; Proceedings of the 7th annual international conference on Mobile computing and networking, Rome, Italy; ACM Press; 2001
- [Ye-02] Ye, W.; Heidemann, J.; Estrin, D.: **An Energy-Efficient MAC protocol for Wireless Sensor Networks**; INFOCOM 2002. Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE; 2002
- [Zhao-04] Zhao, F.; Guibas, L.: **Wireless Sensor Networks**; Elsevier; 2004