

Ausarbeitung zur Veranstaltung
„Anwendungen 2“ - SoSe 2011
Johannes Meyer

„Navigational Lighting“
Lichtunterstütztes Leitsystem auf Basis von
selbstverortenden Funknetzen: Related Work

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	3
1.1 Gliederung der Ausarbeitung	3
2 Fokus	4
3 Verwandte Arbeiten	4
3.1 Konferenzen	4
3.2 Camera and Laser Indoor Positioning System (CLIPS)	5
3.3 Computer Aided Disaster Management System (CADMS)	6
3.4 Open Wireless Positioning System (OWLPS)	8
3.5 A Modular and Mobile System for Indoor Localization	8
3.6 MagicMap	9
3.7 Self-Contained Indoor Positioning on off-the-shelf mobile Devices	10
4 Einordnung und Abgrenzung	11
5 Ausblick	12
Literatur	13

Kurzzusammenfassung

Die folgende Ausarbeitung wird sich mit dem Thema der licht-gestützten Navigation beschäftigen. Hierfür werden verwandte Arbeiten auf den betreffenden Gebieten vorgestellt. Da sich der Schwerpunkt der Arbeit hin zur Lokalisierung verschoben hat, wird sich die Ausarbeitung auf dieses Themengebiet fokussieren.

1 Einführung**1.1 Gliederung der Ausarbeitung**

Die Ausarbeitung lässt sich in folgende Abschnitte aufteilen: Zunächst wird im Punkt „Fokus“ erläutert, in welcher Weise sich der Schwerpunkt dieses Projektes verschoben hat, und welche Auswirkungen dies hat. Anschließend wird mit den „Verwandten Arbeiten“ der aktuelle Forschungsstand auf dem Gebiet dargestellt. Es folgt die Einordnung und Abgrenzung zu diesen Arbeiten. Abschließend wird im „Ausblick“ die weitere Vorgehensweise für die kommenden Semester skizziert.

2 Fokus

Der Schwerpunkt der Arbeit hat sich aufgrund von Versuchen und ersten Erfahrungen aus Projekt 1 verlagert. Eine Lokalisierung mit akzeptabler Präzision war mit dem zur Verfügung stehenden System nicht zu realisieren. Es besteht daher das Interesse, eine Indoor-Lokalisierung zu entwickeln, welche eine zufriedenstellende Ortungsgenauigkeit aufweist. Dies ist einerseits möglich, indem man hochspezialisierte und kostenintensive Hardware installiert, oder andererseits, indem man versucht verschiedene Lokalisierungstechniken zu kombinieren und mit Hilfe von Pfadanalysen und Aufenthaltswahrscheinlichkeiten die Ortungsgenauigkeit zu verbessern. Da das Hauptaugenmerk dieser Arbeit auf der Alltagstauglichkeit und somit der Kostenfaktor eine Rolle spielt, soll weiterhin die bestehende Infrastruktur (WLAN-Accesspoints) genutzt werden und gegebenenfalls durch Systeme und Algorithmen erweitert werden. Die anderen Teilaspekte der Indoor-Navigation, wie z.B. die Ansteuerung der Lichtleisten über ein drahtloses Mesh-Netzwerk bzw. Routenberechnung im Gebäude werden zurückgestellt und auf bestehende Realisierungen zurückgegriffen, sofern dies möglich ist.

3 Verwandte Arbeiten

In folgendem Kapitel werden die verwandten Arbeiten aus dem Bereich der Indoor-Lokalisierung vorgestellt. Für diesen Bereich gibt es verschiedene Lösungsansätze und Forschungsrichtungen. Generell lässt sich dies durch die genutzten Technologien - wie in Abbildung 1 dargestellt - kategorisieren. Auf dieses Bild wird im späteren Verlauf jeweils verwiesen um die einzelnen Projekte den verwendeten Technologien entsprechend einzuordnen.

3.1 Konferenzen

Das Thema der Indoor-Lokalisierung sowie -Navigation findet unter anderem Anwendung im Rettungswesen und Katastrophenmanagement, sowie im Bauwesen. Dementsprechend werden aktuelle Forschungsergebnisse und Projekte auf Konferenzen in diesem Bereich vorgestellt. Das Forum Bauinformatik (18) bietet mit seinen jährlichen Konferenzen einen Überblick auf den Stand der Forschung bezüglich der Anwendungen der Informatik im Engineering. Ein Teilbereich davon beinhaltet auch die Indoor-Lokalisierung und entsprechende Anwendungen. Die IPIN¹ Konferenz ist gänzlich auf das Themengebiet spezialisiert, welches in diesem Projekt Anwendung findet. Interessante Schwerpunkte sind die hybriden Lokalisierungssysteme

¹Indoor Positioning & Indoor Navigation (14)

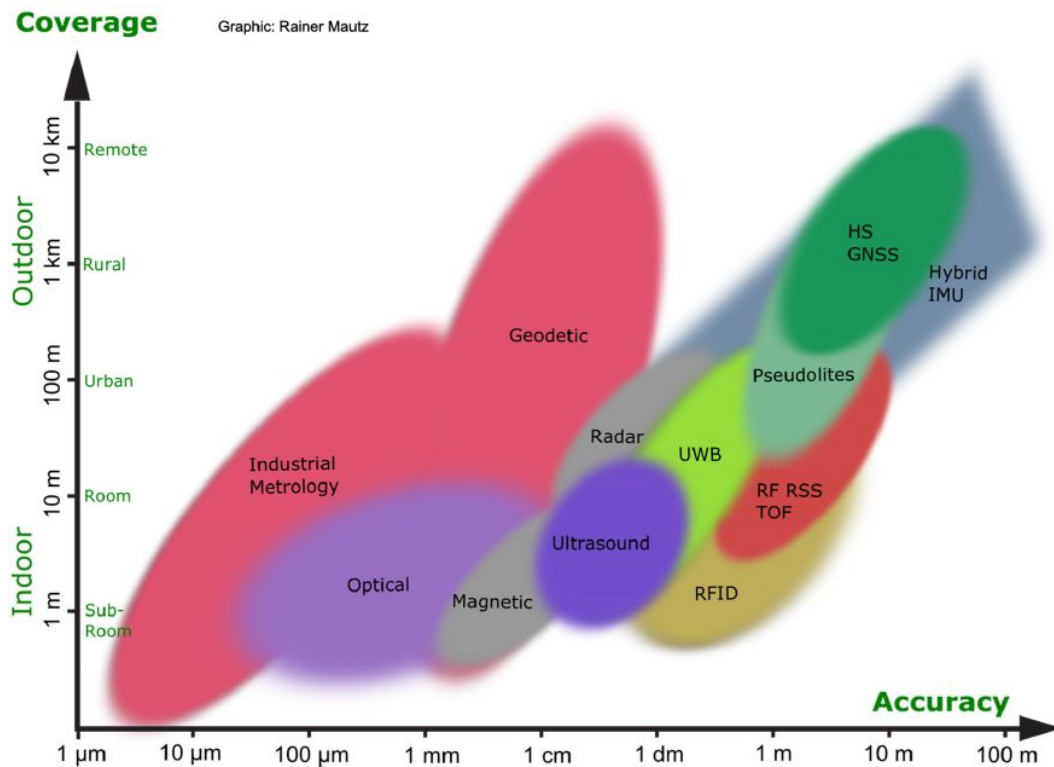


Abbildung 1: Lokalisierungstechniken (15)

und das MapMatching. Weitere Quellen zu diesem Thema bieten die TERENA²-, ISCRAM³- und die ICCCB⁴-Konferenzen.

3.2 Camera and Laser Indoor Positioning System (CLIPS)

Das „Camera and Laser Indoor Positioning System“ (kurz CLIPS) (3) wird unter der Aufsicht von Dr. Rainer Mautz an der ETH Zürich entwickelt. Die Gruppe geomETH hat sich auf die optische Positionsbestimmung (siehe Abb.1) spezialisiert und hochpräzise Hardware entwickelt. Eine sogenannter Laser-Hedgehog dient als Basisstation und strahlt unter bestimmten Winkeln Laserlicht ab. Ein mobiles Endgerät mit einer Kamera erfasst die projizierten Laserpunkte auf der Wand und kann über die relativen Entfernungen auf die Distanz und den Winkel zur Basisstation zurückrechnen (17). Das System ist vergleichsweise günstig in der Anschaffung

²Trans-European Research and Education Networking Association (19)

³Information Systems for Crisis Response and Management (11)

⁴International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (9)

und bietet dennoch eine hohe Präzision im Sub-Millimeter-Bereich, sowie eine Echtzeitlokalisierung. Ein genereller Nachteil der optischen Lokalisierung betrifft die Abdeckungsfähigkeit. Bei diesen Systemen muss eine direkte Sichtlinie bestehen. Für Vermessungen in Tunneln oder auf Baustellen stellt dies kein Problem dar. Die Lokalisierung wird jedoch innerhalb eines Gebäudes durch Wänden und sonstigen Hindernissen deutlich erschwert.

3.3 Computer Aided Disaster Management System (CADMS)

Bei dem CADMS (20) der TU Graz handelt es sich um eine Kombination aus Beschleunigungssensoren (IMU⁵) und dem Abgleich mit Kartendaten (MapMatching) wie in Abb. 2 zu sehen. Ausgehend von einer bekannten Position, werden mit Hilfe der Sensormessdaten der

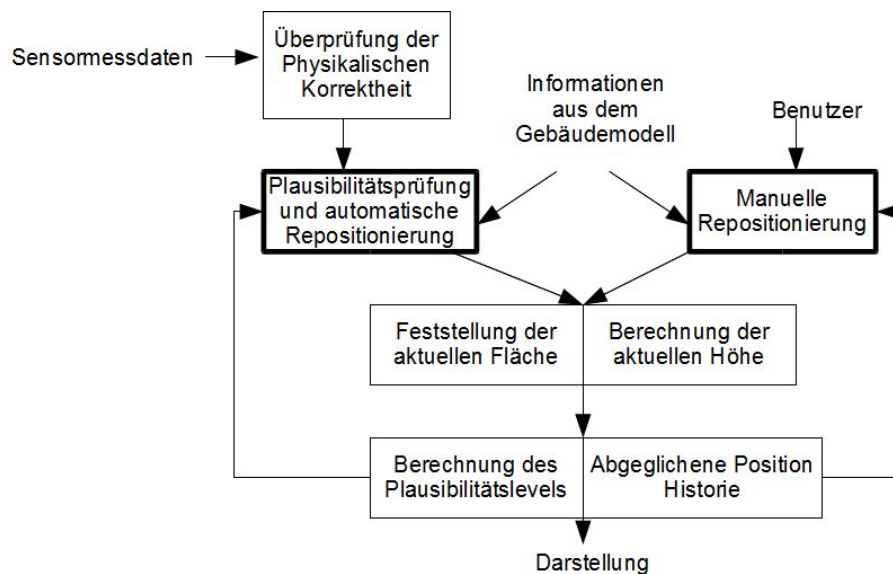


Abbildung 2: CADMS Funktionsweise

IMU die Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit berechnet. Dies geschieht durch doppelte numerische Integration der Beschleunigungswerte um Entfernungswerte zu erhalten. Da die Sensoren lediglich eine endliche Genauigkeit haben und das doppelte Integrieren den Fehler aufsummiert, kommt es mit der Zeit zu erheblichen Abweichungen. Um dem entgegen zu wirken, werden hierfür Informationen aus dem Gebäudemodell zur Hilfe genommen. Der von der IMU gelieferte Pfad wird in die entsprechende Karte eingepasst. Entsprechende Plausibilitätsüberprüfungen helfen hierbei, den Drift (entstanden durch den Messfehler) auszugleichen. So kann z.B. eine Person einen Raum nur durch eine Tür betreten (vgl. Abb. 3). Andererseits wird

⁵Inertial Measurement Unit

der Pfad entsprechend angepasst, sodass dieser den Gang entlang führt, anstatt quer durch die Räume und Wände zu verlaufen (vgl. Abb. 4+5).

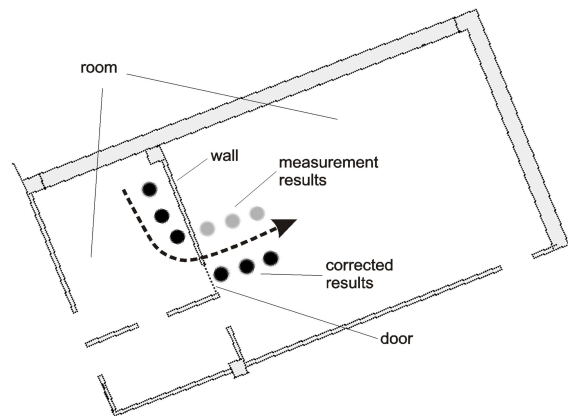


Abbildung 3: CADMS Tür Korrektur (20)



Abbildung 4: IMU Pfad ohne MapMatching (20)



Abbildung 5: IMU Pfad mit MapMatching (20)

Der verwendete Algorithmus verwendet den Grundriss des Gebäudes. Einzelne Räume werden als 2D-Polygone betrachtet, der Pfad wird in diese eingepasst. Räume können nur über speziell markierte Übergangsbereiche betreten und verlassen werden. Jeder neue Positionspunkt wird auf Plausibilität hin überprüft und ggf. korrigiert. Die Korrekturen erfolgen an Wänden und Außenwänden, sowie Türen und Treppen. Dem Plausibilitätsfaktor entsprechend wird dem Positionspunkt nun eine logische Fläche zugewiesen um später einen logischen Bezug zur aktuellen Position im Gebäude zu erhalten (2).

3.4 Open Wireless Positioning System (OWLPS)

Das Open Wireless Positioning System (OWLPS (13)) der Universität of Franche-Comté verwendet einen sogenannten hybriden Algorithmus. Hierbei werden lediglich WLAN-Signale verwendet, diese jedoch auf zwei unterschiedliche Weisen ausgewertet. Einerseits wird die Position mittels der Multilateration berechnet, wobei die Signale noch zusätzlich bezüglich ihrer unterschiedlichen Ausbreitungscharakteristika in den Medien (Luft, Wände, usw.) betrachtet werden. Andererseits wird das System durch das sogenannte Fingerprinting (Signalstärkenkarte) unterstützt. Hierbei werden in der Setup-Phase in bestimmten Abständen Signalstärkemessungen zu den Accesspoints vorgenommen und diese mit der Karte verortet. Für eine Positionsbestimmung in der Deployment-Phase wird wiederum die Signalstärke gemessen und mit den gespeicherten Stützstellen verglichen. Die größte Übereinstimmung bietet mit hoher Wahrscheinlichkeit der am nächsten gelegene Messpunkt. Um die Position präziser zu bestimmen wird nun das oben bereits erwähnte Ausbreitungsverhalten von elektromagnetischen Wellen in unterschiedlichen Materialien zu Hilfe genommen. In der zugrunde liegenden Karte sind die verschiedenen Baustoffe und deren Dämpfungswerte eingetragen. Mit Hilfe der Signalstärke, dem durchschnittlichen Dämpfungswert und der Friis-Formel kann auf die Entfernung zum Accesspoint geschlossen werden. Mittels dieser Kombination von Algorithmen kann die Ortungsgenauigkeit deutlich gesteigert werden (16).

3.5 A Modular and Mobile System for Indoor Localization

Das von der HSG-IMIT (10) und der IMTEK (21) entwickelte System, basiert auf modularen Sensoreinheiten, welche je nach Einsatzbereich konfiguriert werden können. Die möglichen Komponenten beinhalten einen Hörsensor, Ultraschall, GPS, IMU und Entfernungsmesser (16). Eine zentrale Auswerte-Einheit analysiert und kombiniert die Messdaten mittels eines Partikelfilters, und passt diese in ein Karten- und Bewegungsmodell ein. Um eine optimale Schritterkennung zu gewährleisten ist es nötig, die Messdaten von sogenanntem „Rauschen“ zu befreien. Hierfür werden die Daten gefiltert um anschließend mit einem Algorithmus die Maxima zu extrahieren (vgl. Abb 6). Zur Anwendung kommt ebenfalls eine Bayesian-Näherung,

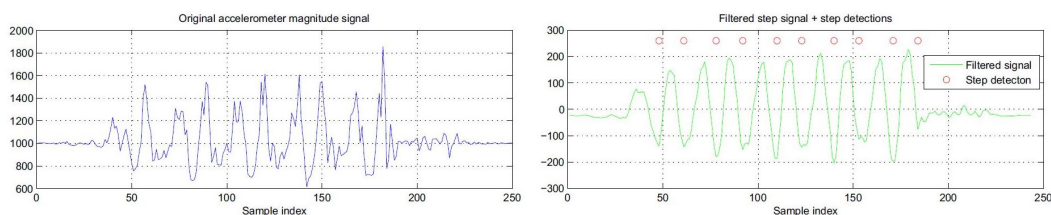


Abbildung 6: Messdatenfilterung für Schritterkennung

welche den wahrscheinlichsten Aufenthaltsort berechnet. Auch hier wird wieder (ähnlich wie bei CADMS3.3) von einer bekannten Position ausgehend interpoliert, bzw. durch Stützstellen korrigiert (12).

3.6 MagicMap

Das MagicMap (4) Projekt der Humboldt-Universität zu Berlin, unter der Leitung von Peter Ibach beschäftigt sich ebenfalls mit der Positionsbestimmung. Zusätzlich zur Ortung per WLAN können andere Funkquellen integriert werden (ZigBee, Bluetooth, GPS, u.a. - siehe Abb. 7). Es existiert auch eine Schnittstelle um IMU-Daten auszuwerten (5). Das Verfahren ermöglicht

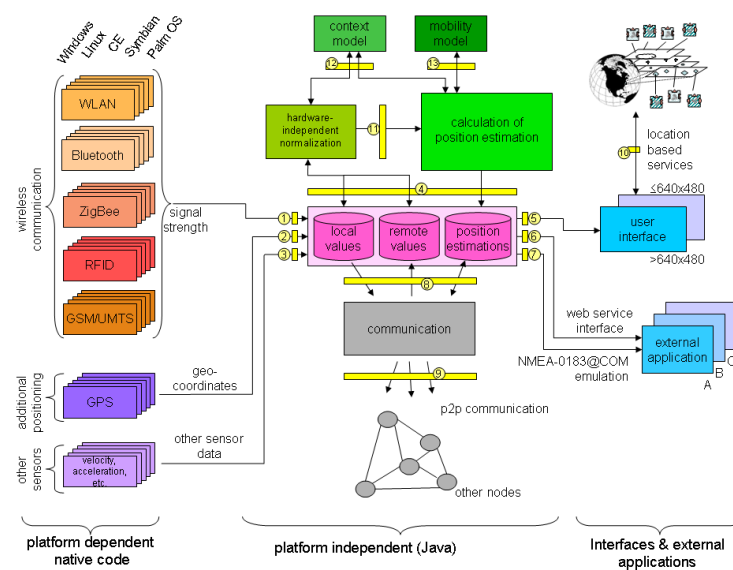


Abbildung 7: MagicMap Schnittstellen

ein hybrides Ortungskonzept. Es basiert auf der Distanzschätzung mittels Signalstärkeauswertung. Ein Herausstellungsmerkmal ist die neuartige Verarbeitung der einzelnen Messdaten der Sensoren. Hierbei wird nicht für jeden Sensor eine Objektkoordinate berechnet und anschließend gemittelt, sondern die Rohdaten direkt nach der Normalisierung(6) kombiniert (8). Zusätzliche Plugins erlauben weiterhin, die Ortungsgenauigkeit auf logischer Ebene zu verbessern, indem eine pfadbasierte Ortung den wahrscheinlichsten Weg berechnet (7). So lässt sich aus der Historie einer bestimmten Anzahl früherer Ortungen eine mögliche Bewegungsrichtung ableiten. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Person von einem Punkt ausgehend, weiter in dieselbe Richtung bewegt ist hoch und lässt sich mit einer birnenförmigen Aufenthaltswahrscheinlichkeit vorhersagen (vgl. Abb. 8).

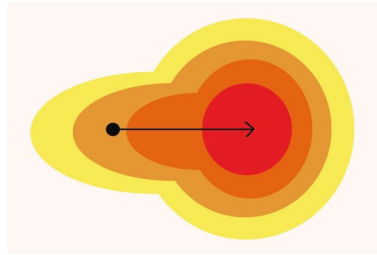


Abbildung 8: MagicMap Aufenthaltswahrscheinlichkeit (7)

3.7 Self-Contained Indoor Positioning on off-the-shelf mobile Devices

Die FH Oberösterreich hat im Kooperation mit der BMW-Group ein Dead Reckoning System entwickelt. Hierbei entfällt die Anschaffung und Installation teurer Hardware, da dieses gänzlich nur auf den Sensoren basiert, welche ein handelsübliches modernes Smartphone besitzt (WLAN, Beschleunigungssensoren, GPS, Kompass, usw. ??). In der Grafik 9 wird ersichtlich, wie die einzelnen Sensordaten zusammengefasst und mit den Kartendaten kombiniert werden um die Position zu bestimmen. Die IPU⁶ fasst die Rohdaten - unter anderem aus dem

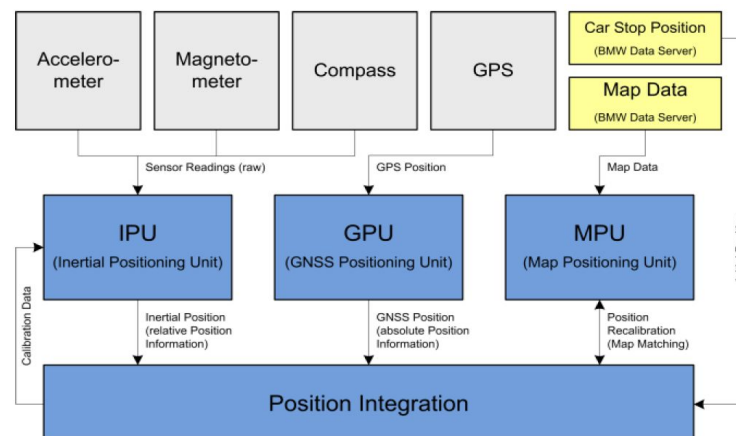


Abbildung 9: Self-Contained Indoor Positioning on off-the-shelf mobile Devices - Architektur (16)

Beschleunigungssensor und dem Kompass - zusammen und berechnet eine relative Position ausgehend von einem bekannten Ort. Durch eine Bandpassfilterung werden die hochfrequenten Störeinflüsse ausgeblendet. Aus diesen Messdaten kann nun eine Schritterkennung abgeleitet werden, indem der menschlichen Kinematik entsprechende Muster gesucht werden. Das

⁶Inertial Positioning Unit

System ist zusätzlich in der Lage, die Bewegung in acht verschiedene Kategorien einzuteilen. So wird z.B. bei einem durch die IPU erkannten Treppenaufstieg, die Position auf die nächste in der Karte (diese Information wird aus der MPU⁷ extrahiert) befindliche Treppe verschoben. Die IPU liefert relative Positionen, welche auf den absoluten Positionen der GPU⁸ aufbauen und anschließend durch die MPU in das Kartenmodell eingepasst und somit verfeinert werden. Mittels eines erweiterten Kalman Filters wird diese lockere Verbindung der einzelnen Module gewährleistet. Die Abschätzung der Schrittweite erfolgt durch eine vorherige automatische Kalibrierung über die GPU und MPU (1).

4 Einordnung und Abgrenzung

Die in 3 vorgestellten Arbeiten sind nur ein kleiner Ausschnitt aus dem Bereich der Lokalisierung. Ausschlaggebend für die Auswahl ist die mögliche Verwendbarkeit für mein Projekt, welches auf einer kostengünstigen und ausreichenden Präzision für die Indoor-Navigation bieten könnte, bzw. Ähnlichkeiten zur gewählten Umsetzung hat. Wie in Abb. 1 zu sehen, kommen nur solche Verfahren in Frage, welche im Sub-Meter-Bereich liegen. Genauigkeiten im Sub-Millimeter-Bereich oder darunter sind nicht nötig für eine Indoor-Navigation und vor allem unverhältnismäßig teuer. Die Ortung muss auch raumübergreifend möglich sein um z.B. ein Stockwerk eines Gebäudes komplett abzudecken. Daher scheiden Systeme aus die lediglich eine Abdeckung von wenigen Metern haben. Aufgrund des hohen Installationsaufwandes (um jeden Raum abzudecken) sind optische und akustische Systeme als grenzwertig anzusehen. Es kommen daher nur Technologien in Frage die folgende Bereiche abdecken: WLAN (TOF oder RSSI), UWB, RFID, IMU. Stand der aktuellen Forschung ist nicht mehr die Entwicklung von Lokalisierungssystem auf Basis der oben genannten Technologien, sondern deren Kombination bzw. Verbesserung durch entsprechende Algorithmen. Für mein Projekt ist die WLAN-Ortung als Haupttechnologie festgesetzt. Optische Systeme ähnlich dem von CLIPS 3.2 als unterstützendes System wären hier viel zu aufwändig. IMU-Systeme liefern lediglich relative Positionsangaben bezüglich eines bekannten Ausgangspunktes. Es ist daher notwendig, dass dieser Punkt so präzise wie möglich bestimmt wird. WLAN als alleinige Ortungsmethode ist dafür nicht geeignet, wie erste Experimente aus Projekt 1 gezeigt haben. Es ist daher nötig, dass die WLAN-Ortung durch eine Abbildung in ein Gebäudemodell abstrahiert wird und auf logische Korrektheit überprüft wird. Auf dieser Basis kann die Ortung verbessert werden und sich anhand der Pfadanalyse, dem MapMatching und der Korrektur an Raumübergängen rekalisieren.

⁷Map Positioning Unit

⁸GNSS Positioning Unit

5 Ausblick

Aufgrund der bisherigen Versuch aus Projekt 1 wurde ersichtlich, dass die alleinige Positionsbestimmung mittels WLAN zu große Ungenauigkeiten aufweist. Für den weiteren Verlauf des Projektes wird nun der Versuch unternommen, die WLAN-Ortung anhand logischer Auswertung zu verbessern. Dies umfasst den Bereich der Pfadanalyse in Kombination mit dem MapMatching, sowie der möglichen Unterstützung durch das Fingerprinting um verlässliche Stützstellen zu erhalten. Inwieweit sich MagicMap (4) für diese Anforderungen weiter nutzen lässt, gilt es nun zu klären und gegebenenfalls eigene Erweiterungen zu entwickeln.

Literatur

- [1] BMW GROUP RES. & TECHNOL., MUNICH, GERMANY: Self-contained indoor positioning on off-the-shelf mobile devices. In: *Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2010 International Conference on 1* (2010), S. 1 – 9. – URL http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=5646681
- [2] BOTH;VOLKER KOCH, Petra von ; (TH), Universität K. (Hrsg.): *Forum Bauinformatik 2009*. universitätsverlag karlsruhe, 2009. – ISBN: 978-3-86644-396-9
- [3] ETH ZÜRICH: *Camera and Laser Indoor Positioning System (CLIPS)*. Webseite. 2010. – URL <http://www.geometh.ethz.ch/research/wireless>. – Letzter Aufruf am 18. August 2011
- [4] HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN: *MagicMap*. Webseite. – URL <http://www.magicmap.de>. – Letzter Aufruf am 27. Februar 2011
- [5] HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN: *MagicMap Architektur*. Webseite. – URL http://wiki.informatik.hu-berlin.de/nomads/index.php/Bild:MagicMapArchitektur_Schnittstellen.png. – Letzter Aufruf am 19. August 2011
- [6] HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN: *MagicMap Normalisierung*. Webseite. – URL <http://wiki.informatik.hu-berlin.de/nomads/index.php/Normalisierung>. – Letzter Aufruf am 19. August 2011
- [7] HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN: *MagicMap Pfadbasierte Ortung*. Webseite. – URL http://wiki.informatik.hu-berlin.de/nomads/index.php/Pfadbasierte_Ortung. – Letzter Aufruf am 19. August 2011
- [8] HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN: *MagicMap Verfahren*. Webseite. – URL http://wiki.informatik.hu-berlin.de/nomads/index.php/MagicMap_Verfahren. – Letzter Aufruf am 19. August 2011
- [9] ICCCBE 2010: *International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. Webseite. 2011. – URL <http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccb/>. – Letzter Aufruf am 21. August 2011
- [10] INSTITUT FÜR MIKRO- UND INFORMATIONSTECHNIK DER HAHN-SCHICKARD-GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE FORSCHUNG E.V. : *Mikrosystemtechnik am HSG-IMIT*. Webseite. 2011. – URL <http://www.hsg-imit.de>. – Letzter Aufruf am 21. August 2011

- [11] ISCRAM COMMUNITY: *Information Systems for Crisis Response and Management*. Webseite. 2011. – URL <http://www.iscram.org/>. – Letzter Aufruf am 21. August 2011
- [12] KLINGBEIL, M.; Schneider P.; Traechtler M.; Manoli Y.: A modular and mobile system for indoor localization. In: *Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2010 International Conference on 1* (2010), S. 1 – 10
- [13] MATTEO CYPRIANI, Philippe Canalda François S.: *Wi-Fi-Based Indoor Positioning: Basic Techniques, Hybrid Algorithms and Open Software Platform*. Webseite. Januar 2001. – URL <http://lifc.univ-fcomte.fr/%7Epublis/papers/pub/2011/RR2011-06.pdf>. – Letzter Aufruf am 21. August 2011
- [14] MAUTZ, Rainer: *IPIN 2010*. Webseite. 2010. – URL <http://www.geometh.ethz.ch/ipin>. – Letzter Aufruf am 21. August 2011
- [15] MAUTZ, Rainer: *IPIN 2010 Opening Session*. Webseite. 2010. – URL http://www.geometh.ethz.ch/ipin/IPIN_Opening_Session.pdf. – Letzter Aufruf am 18. August 2011
- [16] RAINER MAUTZ, Hilmar I.: *IPIN 2010 Abstract Volume*. Webseite. 2010. – URL http://www.geometh.ethz.ch/ipin/IPIN2010_Abstract_Volume.pdf. – Letzter Aufruf am 21. August 2011
- [17] S. TILCH, R. M.: DEVELOPMENT OF A NEW LASER-BASED,OPTICAL INDOOR POSITIONING SYSTEM. In: *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVIII* (2010), S. 1–6. – URL http://www.geometh.ethz.ch/people/rmautz/tilch_ISPRS2010.pdf. – Letzter Aufruf am 21. August 2011. – ISSN 1741-1106
- [18] TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN: *Forum Bauinformatik*. Webseite. – URL <http://forum2010.bauinformatik.tu-berlin.de/static/>. – Letzter Aufruf am 21. August 2011
- [19] TERENA: *Trans-European Research and Education Networking Association*. Webseite. 2011. – URL <http://www.terena.org>. – Letzter Aufruf am 21. August 2011
- [20] TU GRAZ: *CADMS*. Webseite. – URL http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/TU_Graz/Einrichtungen/Institute/Homepages/i2330/CADMS. – Letzter Aufruf am 21.08.2011
- [21] UNI FREIBURG: *Das Institut für Mikrosystemtechnik*. Webseite. 2011. – URL <http://www.imtek.uni-freiburg.de/>. – Letzter Aufruf am 21. August 2011